

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO  
EM UMA IMPRESSORA DE UMA INDÚSTRIA DO SEGMENTO  
TÊXTIL DE EMBALAGENS DE RÁFIA COM A APLICAÇÃO DA  
SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

**Ângela de Britto Perez**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

**Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior**

**Orientador**

**VOLUME I**

**Araraquara, SP – Brasil**

**2012**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO  
EM UMA IMPRESSORA DE UMA INDÚSTRIA DO SEGMENTO  
TÊXTIL DE EMBALAGENS DE RÁFIA COM APLICAÇÃO DA  
SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

**Ângela de Britto Perez**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.  
*Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior.*

VOLUME I

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior

Orientador

Araraquara, SP – Brasil

2012

Perez, Ângela de Britto.

Sistema de Monitoramento do Processo de Fabricação em uma Impressora de uma Indústria do Segmento Têxtil de Embalagens de Ráfia com Aplicação da Simulação de Eventos Discretos / Ângela de Britto Perez – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara-UNIARA, 2012.

750fs (Volume I, II e III).

Dissertação: Mestrado em Engenharia de Produção; área de concentração: Gestão Estratégica e Operação da Produção.

Orientador: Walther Azzolini Junior, Dr.

1. *Productivity, Information Technology (IT).2. Production Planning and Control (PPC). 3. SMED Methodology, Setup. 4. Analysis of the Variability of the Times. 5. Pointing System.*

- I. Centro Universitário de Araraquara – UNIARA
- II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREZ, A.B. **Sistema de Monitoramento do Processo de Fabricação em uma Impressora de uma Indústria do Segmento Têxtil de Embalagens de Ráfia com Aplicação da Simulação de Eventos Discretos**. 2011. 700. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

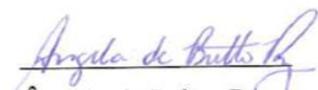
## ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

**NOME DO AUTOR:** Ângela de Britto Perez

**TÍTULO DO TRABALHO:** Sistema de Monitoramento do Processo de Fabricação em uma Impressora de uma Indústria do Segmento Têxtil de Embalagens de Ráfia com Aplicação da Simulação de Eventos Discretos

**TIPO DO TRABALHO/ANO:** Dissertação / 2012

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.

  
Ângela de Britto Perez

Rua Padre Duarte, 1295 – Centro.

14801-320 – Araraquara - SP

angelabrittoperez@gmail.com



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1306 - Centro - Araraquara - SP  
CEP 14901-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

[www.uniara.com.br](http://www.uniara.com.br)

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:

---

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior

Orientador - UNIARA

---

Prof. Dr. Volney Mattoz de Oliveira

FATEC - Tatuí

---

Prof. Dr. Jorge Alberto Achcar

UNIARA - Araraquara

Araraquara, 04 de outubro 2012

## **Dedicatória**

Aos meus pais, João Perez (in memoriam) e Nadir de Britto Perez, pelo exemplo de caráter, honestidade e dedicação incondicional à família. Ao meu namorado, Péricles Nunes, pelo apoio incondicional. A todos os meus familiares, meus vínculos eternos com o passado, presente e futuro.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre ter iluminado meu caminho para que eu pudesse concluir mais esta etapa na minha vida pessoal e profissional.

Ao professor e amigo Walther Azzolini Júnior, pela excelente orientação acadêmica, pelo exemplo de profissionalismo, caráter e alegria no trato com as pessoas.

À minha família por todo suporte, confiança depositada, amor e carinho demonstrados em todos os anos de minha vida.

Ao meu namorado e grande companheiro, Péricles Nunes, pelo apoio, carinho e compreensão.

À empresa objeto de estudo e seu dirigente Sr. Sérgio, por ter dado espaço para a realização deste trabalho, concomitantemente à atuação profissional na empresa.

Aos companheiros de disciplinas pela convivência e ambiente saudável proporcionado.

Aos professores Jorge e Volney pelas sugestões e considerações apresentadas no exame de qualificação.

Aos professores e funcionários do departamento de Engenharia de Produção e ao Centro Universitário UNIARA, pela infraestrutura disponibilizada e condições necessárias para a conclusão deste trabalho.

**Meu muito obrigado a todos!**

*"Obstáculo é aquilo que você enxerga, quando tira os olhos do seu objetivo."*

*Autor: Henry Ford*

## RESUMO

A globalização acirrou a competitividade entre as indústrias têxteis, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), que para sobreviverem neste mercado precisam diminuir sua margem de lucro e compensar com o aumento da produtividade.

Esta dissertação apresenta um estudo de natureza exploratória e explicativa, realizado por meio de um estudo de caso, com abordagem qualitativa e quantitativa de dados em uma indústria têxtil sediada na região de Araraquara, cidade de Ribeirão Bonito – SP.

Por se tratar de uma indústria de transformação, perdas efetivas são encontradas ao longo de todo o sistema produtivo.

O objetivo do estudo é analisar o fluxo de produção da empresa e diagnosticar as restrições de processo a fim de mantê-lo mais uniforme e balanceado.

No período de 2009 a 2011 foi realizado o mapeamento dos processos de fabricação da indústria porta a porta, das 16 famílias dos produtos fabricados pela empresa e com a abordagem de todos os seus processos de fabricação os quais de acordo com as suas particularidades apresentam, quando tratados de modo sistêmico, um elevado nível de complexidade.

Durante esse período, para analisar a relação de interdependência entre os processos produtivos, implantou-se na máquina impressora uma ferramenta de tecnologia de informação (TI) para coleta de informações referentes aos motivos de paradas da mesma, que foram analisadas durante seis meses através da emissão de relatórios mensais.

Ao longo desse período conclui-se que, no processo de impressão a sistematização de procedimentos e a padronização das atividades desenvolvidas fazem-se necessário a fim de avaliar a operação da máquina impressora e minimizar as perdas geradas, além de uma programação da produção mais efetiva e da mudança necessária do *layout* da fábrica a fim de aproximar os processos de extrusão, tecelagem e laminação.

Para isso foi proposto à implantação de um projeto piloto objetivando a troca rápida de ferramenta por meio da aplicação da metodologia *single minute Exchange die* (SMED) a fim de reduzir o tempo de preparação (*setup*) de uma máquina impressora e, assim, diminuir o tamanho dos lotes de produção minimizando tempos não produtivos do processo de impressão.

Na primeira etapa da proposta SMED, com o objetivo de estudar a variabilidade dos tempos que compõem as atividades de um processo de *setup* da impressora, objeto de estudo, cronometrou-se doze atividades que compõem o processo completo por quinze vezes para análise estatística utilizando o *software Minitab* e, por meio deste estudo da variabilidade dos tempos, dar início ao desenvolvimento das propostas de melhorias nas atividades críticas do processo, diminuindo o tempo de *setup*.

As propostas de adequação do *layout* e do tempo do *setup* foram avaliadas a partir do desenvolvimento e execução de um modelo de simulação computacional através do uso do *software ARENA 11.0 Professional*, o qual foi desenvolvido entre abril de 2012 a outubro de 2012 com a simulação de 17 cenários diferentes, analisados no escopo do presente trabalho.

O resultado obtido a partir do modelo de simulação computacional foi o mapa do fluxo de valor futuro para cada uma das famílias dos produtos fabricados pelo sistema de produção estudado, além da validação das propostas a partir do controle e de medidas específicas do desempenho do sistema a partir dos indicadores:

- a) Produtividade – *Throughput* (TH);
- b) Tempo de ciclo – *Cycle time* (CT);
- c) Estoque em processo – *Work in process* (WIP);
- d) Tempo de permanência no sistema (*Lead Time*);
- e) Tempo de espera (*Wait time*).

Contudo, como resultado final do trabalho, é apresentada na presente dissertação a proposta de uma adequação do sistema de troca de clichês da máquina impressora, a mudança do *layout* da fábrica e a adequação do fluxo de produção com o uso de cartões *kanban* na área definida para o processo de impressão.

**Palavras-chave:** *Produtividade, Tecnologia de Informação (TI), Planejamento e Controle da produção (PCP), Metodologia SMED, Setup, Análise da Variabilidade dos Tempos, Sistema de Apontamento.*

## ABSTRACT

The Globalisation has intensified competition among textile industries, according to the Brazilian Association of Textile and Clothing (ABIT), that to survive in this market need to reduce their profit margin and compensate with increased productivity.

This dissertation presents a study of exploratory and explanatory accomplished through a case study approach with qualitative and quantitative data in a textile industry headquartered in the Araraquara, city of Ribeirão Bonito - SP.

Because it is a manufacturing, actual losses are found throughout the production system.

The objective of the study is to analyze the production flow of the company and diagnose the process restraints to keep it more uniform and balanced.

In the period 2009 to 2011 was conducted to map the processes of manufacturing industry door to door, the 16 families of products manufactured by the company and the approach of all its manufacturing processes which according to its special feature, when treated systemically, a high level of complexity.

During this period, to analyze the interdependence between production processes, implemented in the printing press a tool of information technology (IT) to collect information about the motives of the same stops, which were analyzed for six months through issuing monthly reports.

Throughout this period is concluded that, in the printing process systematization of standardization of procedures and activities make it necessary to evaluate the operation of the printing machine and minimize the losses generated, and a production schedule and more effective the necessary change of the layout of the factory in order to approximate the processes of extrusion, weaving, and lamination.

For it was proposed to implement a pilot project aiming at the quick change tool by applying the methodology Exchange minute single die (SMED) to reduce the preparation time (setup) of a printing press and thus decrease the size of production batches minimizing non-productive time of the printing process.

In the first step of the proposed SMED, aiming to study the variability of time making up the activities of a printer setup process, object of study, clocked up twelve activities that make up the entire process by fifteen times for statistical analysis using the Minitab software and, through this study of the variability of time, give the development of proposals for improvements in activities critical process, reducing setup time.

The adequacy of the proposed layout and setup time are evaluated from the development and implementation of a computer simulation model by using ARENA 11.0 Professional software, which was developed between April 2012 and October 2012 with the simulation 17 different scenarios analyzed in the scope of this work.

The result obtained from the simulation model was map flow future value for each of the families of products manufactured by the manufacturing system studied, and the proposals of the validation from the control and specific measures of system performance to the indicators:

- a) *Throughput* (TH);
- b) *Cycle time* (CT);
- c) *Work in process* (WIP);
- d) *Time spent in the system* (*Lead Time*);
- e) *Wait time*.

However, as the final result of the work presented in this thesis is the proposal of an adequate system of exchange of clichés machine printer, change the layout of the factory and the adequacy of the production flow with the use of *kanban* cards in the set to the printing process.

**Key-words:** *Productivity, Information Technology (IT), Production Planning and Control (PPC), SMED Methodology, Setup, Analysis of the Variability of the Times, Pointing System.*

Esta dissertação desenvolvida a partir do objeto de estudo Empresa do setor de Metal Mecânico somente foi possível com a autorização da Diretoria da Empresa e do apoio do Programa Nacional de Pós-Doutorado - *PNPD/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP* de acordo com o escopo do projeto “Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção”, coordenado pelo Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, líder do grupo de pesquisa *TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção* com a participação do recém Dr. Fábio Ferraz Junior.

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2.1 – Elementos de um sistema de eventos discretos.....	16
Figura 2.2 – Operações da lista de eventos.....	26
Figura 2.3 – Demonstração do avanço do tempo na simulação de eventos discretos.....	28
Figura 2.4 – Fluxo do processo de construção do modelo de simulação.....	30
Figura 2.5 – Módulo estação de trabalho <i>kanban</i> .....	57
Figura 2.6 – Janela de configuração do módulo estação de trabalho <i>kanban</i> .....	57

### Capítulo 3

Figura 3.1 – Concentração das Indústrias de Transformação de Material Plástico no Brasil...70	70
Figura 3.2 – Processos de fabricação da Têxtil Godoy Ltda.....74	74
Figura 3.3 – Fluxograma da produção das fitas.....76	76
Figura 3.4 – Fluxograma da produção dos tecidos (Tecelagem).....77	77
Figura 3.5 – Teares (Tecelagem).....78	78
Figura 3.6 – Teares (Tecelagem).....78	78
Figura 3.8 – Laminadora.....80	80
Figura 3.9 – Vista Frontal da Impressora <i>Padane</i> 6 cores.....81	81
Figura 3.10 – Impressora <i>Thunder Comat</i> 4 cores.....81	81
Figura 3.11 – Corte e costura.....82	82
Figura 3.12 – Colocação do liner.....83	83
Figura 3.13 – Fluxo do processo de construção do modelo de simulação.....84	84
Figura 3.14 – Mudança de Layout proposta com a 1ª alteração (cenário 3).....102	102
Figura 3.15 – Mudança de Layout proposta com a 2ª alteração (cenário 4).....103	103
Figura 3.16 – Configuração das distâncias entre os processos de fabricação abastecimento e extrusão.....104	104
Figura 3.17 – Configuração das distâncias entre os processos de fabricação extrusão e tecelagem.....104	104
Figura 3.18 – Preparação do clichê.....110	110
Figura 3.19 – Retirar parafusos dos mancais.....111	111
Figura 3.20 – Mancais.....111	111

Figura 3.21 – Capa dos mancais.....	112
Figura 3.22 – Ajuste fino de impressão.....	112
Figura 3.23 – Ajuste fino de impressão recuado.....	113
Figura 3.24 – Guia do ajuste fino de impressão.....	113
Figura 3.25 – Retirando a guia do ajuste fino de impressão.....	114
Figura 3.26 – Retirando as engrenagens.....	114
Figura 3.27 – Repositório de engrenagens.....	115
Figura 3.28 – Cilindro de <i>anilox</i> .....	115
Figura 3.29 – Alavanca de retrocesso.....	116
Figura 3.30 – Carrinho de transporte de cilindro.....	116
Figura 3.31 – Talha.....	117
Figura 3.32 – Parafusando a talha.....	117
Figura 3.33 – Levantando o cilindro.....	118
Figura 3.34 – Colocando o cilindro em cima do carrinho.....	118
Figura 3.35 – Cilindro no carrinho.....	119
Figura 3.36 – Levando o cilindro até o armário.....	119
Figura 3.37 – Armário.....	120
Figura 3.38 – Gráfico de Resíduos.....	122
Figura 3.39 – GráficoBoxplot.....	123
Figura 3.40 – Reanálise dos Dados.....	123
Figura 3.41 – Gráfico de Resíduos (modelo aditivado).....	124
Figura 3.42 – Gráfico de Resíduos dos Tempos.....	125
Figura 3.43 – $\log e$ .....	125
Figura 3.44 – $\log e$ .....	126
Figura 3.45 – $1/c$ .....	126
Figura 3.46 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 2.....	130
Figura 3.47 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 2.....	130
Figura 3.48 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 7.....	131
Figura 3.49 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 7.....	131
Figura 3.50 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 8.....	132
Figura 3.51 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 8.....	132
Figura 3.52 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 2 (com <i>kanban</i> ).....	133

Figura 3.53 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 2 (com <i>kanban</i> ).....	133
Figura 3.54 – Janela de configuração do módulo estação de trabalho <i>kanban</i> .....	134
Figura 3.55 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 7 (com <i>kanban</i> ).....	134
Figura 3.56 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 7 (com <i>kanban</i> ).....	135
Figura 3.57 – Fluxo de produção do processo de impressão – <i>setup</i> – Família 8 (com <i>kanban</i> ).....	135
Figura 3.58 – Diferenças do tempo de <i>setup</i> entre os cenários 4 e 5.....	138
Figura 3.59 – <i>Schedule 1</i> .....	140
Figura 3.60 – <i>Schedule 2</i> .....	141
Figura 3.61 – <i>Schedule 3</i> .....	141
Figura 3.62 – <i>Schedule 4</i> .....	142
Figura 3.63 – Definição do respectivo <i>schedule</i> por recurso.....	142

## Capítulo 4

### Cenário atual da manufatura objeto do estudo

#### (31 horas de operação sem definição dos turnos de trabalho)

Figura 4.1 – Cenário 2 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	145
Figura 4.2 – Cenário 2 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	145
Figura 4.3 – Cenário 2 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	146
Figura 4.4 – Cenário 2 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	147
Figura 4.5 – Cenário 2 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	147
Figura 4.6 – Cenário 2 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	148

Figura 4.7 – Cenário 2 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	149
Figura 4.8 – Cenário 2 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	149
Figura 4.9 – Cenário 2 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	150
Figura 4.10 – Cenário 2 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	151
Figura 4.11 – Cenário 2 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	152
Figura 4.12 – Cenário 2 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	153
Figura 4.13 – Cenário 2 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	154
Figura 4.14 – Cenário 2 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	155
Figura 4.15 – Cenário 2 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. ....	156
Figura 4.16 – Cenário 2 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	157
Figura 4.17 – Cenário 2 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	158
Figura 4.18 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	159
Figura 4.19 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	160
Figura 4.20 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	161

### **Grupo de Cenários – 1ª e 2ª alteração do layout**

#### **(31 horas de operação sem definição dos turnos de trabalho)**

Figura 4.21 – Cenário 3 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	162
Figura 4.22 – Cenário 3 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	163

Figura 4.23 – Cenário 3 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	163
Figura 4.24 – Cenário 3 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	164
Figura 4.25 – Cenário 3 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	164
Figura 4.26 – Cenário 3 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	165
Figura 4.27 – Cenário 3 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	166
Figura 4.28 – Cenário 3 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	166
Figura 4.29 – Cenário 3 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	167
Figura 4.30 – Cenário 3 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	168
Figura 4.31 – Cenário 3 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	169
Figura 4.32 – Cenário 3 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	170
Figura 4.33 – Cenário 3 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	171
Figura 4.34 – Cenário 3 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	172
Figura 4.35 – Cenário 3 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	173
Figura 4.36 – Cenário 3 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	174
Figura 4.37 – Cenário 3 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	175
Figura 4.38 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	176
Figura 4.39 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	177
Figura 4.40 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	178

Figura 4.41 – Cenário 4 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	179
Figura 4.42 – Cenário 4 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	179
Figura 4.43 – Cenário 4 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	180
Figura 4.44 – Cenário 4 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	181
Figura 4.45 – Cenário 4 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	181
Figura 4.46 – Cenário 4 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	182
Figura 4.47 – Cenário 4 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	183
Figura 4.48 – Cenário 4 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	183
Figura 4.49 – Cenário 4 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	184
Figura 4.50 – Cenário 4 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	185
Figura 4.51 – Cenário 4 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	186
Figura 4.52 – Cenário 4 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	187
Figura 4.53 – Cenário 4 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	188
Figura 4.54 – Cenário 4 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	189
Figura 4.55 – Cenário 4 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	190
Figura 4.56 – Cenário 4 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	191
Figura 4.57 – Cenário 4 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	192
Figura 4.58 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	193

Figura 4.59 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	194
Figura 4.60 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	195

**Grupo de Cenários – alteração do tempo de *setup* do processo de impressão  
(31 horas de operação sem definição dos turnos de trabalho)**

Figura 4.61 – Cenário 5 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	196
Figura 4.62 – Cenário 5 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	196
Figura 4.63 – Cenário 5 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	197
Figura 4.64 – Cenário 5 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	198
Figura 4.65 – Cenário 5 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	198
Figura 4.66 – Cenário 5 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	199
Figura 4.67 – Cenário 5 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	200
Figura 4.68 – Cenário 5 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	200
Figura 4.69 – Cenário 5 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	201
Figura 4.60 – Cenário 5 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	202
Figura 4.61 – Cenário 5 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	203
Figura 4.62 – Cenário 5 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	204
Figura 4.63 – Cenário 5 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	205

Figura 4.64 – Cenário 5 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	206
Figura 4.65 – Cenário 5 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	207
Figura 4.66 – Cenário 5 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	208
Figura 4.67 – Cenário 5 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	209
Figura 4.68 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	210
Figura 4.69 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	211
Figura 4.80 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	212
Figura 4.81 – Cenário 6 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	213
Figura 4.82 – Cenário 6 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	213
Figura 4.83 – Cenário 6 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	214
Figura 4.84 – Cenário 6 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	215
Figura 4.85 – Cenário 6 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	215
Figura 4.86 – Cenário 6 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	216
Figura 4.87 – Cenário 6 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	217
Figura 4.88 – Cenário 6 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	217
Figura 4.89 – Cenário 6 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	218
Figura 4.90 – Cenário 6 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	219
Figura 4.91 – Cenário 6 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	220

Figura 4.92 – Cenário 6 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	221
Figura 4.93 – Cenário 6 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	222
Figura 4.94 – Cenário 6 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	223
Figura 4.95 – Cenário 6 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	224
Figura 4.96 – Cenário 6 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	225
Figura 4.97 – Cenário 6 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	226
Figura 4.98 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	227
Figura 4.99 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	228
Figura 4.100 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	229
Figura 4.101 – Cenário 7 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	230
Figura 4.102 – Cenário 7 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	230
Figura 4.103 – Cenário 7 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	231
Figura 4.104 – Cenário 7 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	232
Figura 4.105 – Cenário 7 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	232
Figura 4.106 – Cenário 7 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	233
Figura 4.107 – Cenário 7 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	234
Figura 4.108 – Cenário 7 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	234
Figura 4.109 – Cenário 7 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	235

Figura 4.110 – Cenário 7 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	236
Figura 4.111 – Cenário 7 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	237
Figura 4.112 – Cenário 7 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	238
Figura 4.113 – Cenário 7 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	239
Figura 4.114 – Cenário 7 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	240
Figura 4.115 – Cenário 7 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	241
Figura 4.116 – Cenário 7 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	242
Figura 4.117 – Cenário 7 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	243
Figura 4.118 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	244
Figura 4.119 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	245
Figura 4.120 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	246

**Grupo de Cenários – alteração do tamanho do lote e demanda do processo de impressão (31 horas de operação sem definição dos turnos de trabalho)**

Figura 4.121 – Opção 33 adotada para o cenário 11 das possibilidades de <i>mix</i> dos produtos de impressão.....	247
Figura 4.122 – Resumo dos resultados (cenário 11) do tempo de <i>setup</i> .....	248
Figura 4.123 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 11 – Família 02.....	249
Figura 4.124 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 11 – Família 07.....	250
Figura 4.125 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 11 – Família 08.....	251
Figura 4.126 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 11 – Família 2 (6 cores).....	252
Figura 4.127 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 11 – Família 7 (6 cores).....	253
Figura 4.128 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 11 – Família 8 (6 cores).....	254

Figura 4.129 – Opção 18 adotada para o cenário 12 das possibilidades de <i>mix</i> dos produtos de impressão.....	255
Figura 4.130 – Resumo dos resultados (cenário 12) do tempo de <i>setup</i> .....	256
Figura 4.131 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 12 – Família 02.....	257
Figura 4.132 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 12 – Família 07.....	258
Figura 4.133 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 12 – Família 08.....	259
Figura 4.134 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 12 – Família 2 (6 cores).....	260
Figura 4.135 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 12 – Família 7 (6 cores).....	261
Figura 4.136 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 12 – Família 8 (6 cores).....	262
Figura 4.137 – Opção 18 adotada para o cenário 13 das possibilidades de <i>mix</i> dos produtos de impressão.....	263
Figura 4.138 – Resumo dos resultados (cenário 13) do tempo de <i>setup</i> .....	264
Figura 4.139 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 13 – Família 02.....	265
Figura 4.140 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 13 – Família 07.....	266
Figura 4.141 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 13 – Família 08.....	267
Figura 4.142 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 13 – Família 2 (6 cores).....	268
Figura 4.143 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 13 – Família 7 (6 cores).....	269
Figura 4.144 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 13 – Família 8 (6 cores).....	270
Figura 4.145 – Opção 25 adotada para o cenário 14 das possibilidades de <i>mix</i> dos produtos de impressão.....	271
Figura 4.146 – Resumo dos resultados (cenário 14) do tempo de <i>setup</i> .....	272
Figura 4.147 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 14 – Família 02.....	273
Figura 4.148 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 14 – Família 07.....	274
Figura 4.149 – Cálculo do $\Delta$ para o cenário 14 – Família 08.....	275
Figura 4.150 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 14 – Família 2 (6 cores).....	276
Figura 4.151 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 14 – Família 7 (6 cores).....	277
Figura 4.152 – Tempo do <i>setup</i> – cenário 14 – Família 8 (6 cores).....	278
Figura 4.153 – Ganho geral da Fábrica.....	280
Figura 4.154 – Ganho do processo de impressão.....	281
Figura 4.155 – Cenário 11 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	282
Figura 4.156 – Cenário 11 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	282

Figura 4.157 – Cenário 11 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	283
Figura 4.158 – Cenário 11 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	284
Figura 4.159 – Cenário 11 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	284
Figura 4.160 – Cenário 11 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	285
Figura 4.161 – Cenário 11 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	286
Figura 4.162 – Cenário 11 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	286
Figura 4.163 – Cenário 11 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	287
Figura 4.164 – Cenário 11 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	288
Figura 4.165 – Cenário 11 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	289
Figura 4.166 – Cenário 11 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	290
Figura 4.167 – Cenário 11 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	291
Figura 4.168 – Cenário 11 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	292
Figura 4.169 – Cenário 11 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	293
Figura 4.170 – Cenário 11 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	294
Figura 4.171 – Cenário 11 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	295
Figura 4.172 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	296
Figura 4.173 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	297
Figura 4.174 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	298

Figura 4.175 – Cenário 12 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	299
Figura 4.176 – Cenário 12 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	299
Figura 4.177 – Cenário 12 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	300
Figura 4.178 – Cenário 12 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	301
Figura 4.179 – Cenário 12 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	301
Figura 4.180 – Cenário 12 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	302
Figura 4.181 – Cenário 12 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	303
Figura 4.182 – Cenário 12 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	303
Figura 4.183 – Cenário 12 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	304
Figura 4.184 – Cenário 12 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	305
Figura 4.185 – Cenário 12 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	306
Figura 4.186 – Cenário 12 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	307
Figura 4.187 – Cenário 12 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	308
Figura 4.188 – Cenário 12 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	309
Figura 4.189 – Cenário 12 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	310
Figura 4.190 – Cenário 12 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	311
Figura 4.191 – Cenário 12 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	312
Figura 4.192 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	313

Figura 4.193 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	314
Figura 4.194 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	315
Figura 4.195 – Cenário 13 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	316
Figura 4.196 – Cenário 13 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	316
Figura 4.197 – Cenário 13 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	317
Figura 4.198 – Cenário 13 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	318
Figura 4.199 – Cenário 13 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	318
Figura 4.200 – Cenário 13 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	319
Figura 4.201 – Cenário 13 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	320
Figura 4.202 – Cenário 13 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	320
Figura 4.203 – Cenário 13 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	321
Figura 4.204 – Cenário 13 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	322
Figura 4.205 – Cenário 13 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	323
Figura 4.206 – Cenário 13 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	324
Figura 4.207 – Cenário 13 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	325
Figura 4.208 – Cenário 13 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	326
Figura 4.209 – Cenário 13 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	327
Figura 4.210 – Cenário 13 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	328

Figura 4.211 – Cenário 13 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	329
Figura 4.212 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	330
Figura 4.213 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	331
Figura 4.214 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	332
Figura 4.215 – Cenário 14 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	333
Figura 4.216 – Cenário 14 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	333
Figura 4.217 – Cenário 14 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	334
Figura 4.218 – Cenário 14 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	335
Figura 4.219 – Cenário 14 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	335
Figura 4.220 – Cenário 14 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	336
Figura 4.221 – Cenário 14 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	337
Figura 4.222 – Cenário 14 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	337
Figura 4.223 – Cenário 14 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	338
Figura 4.224 – Cenário 14 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	339
Figura 4.225 – Cenário 14 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	340
Figura 4.226 – Cenário 14 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	341
Figura 4.227 – Cenário 14 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	342
Figura 4.228 – Cenário 14 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	343

Figura 4.229 – Cenário 14 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	344
Figura 4.230 – Cenário 14 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	345
Figura 4.231 – Cenário 14 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	346
Figura 4.232 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	347
Figura 4.233 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	348
Figura 4.234 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	349

**Grupo de Cenários – dimensionamento da estação de trabalho *workstation kanban*  
(31 horas de operação sem definição dos turnos de trabalho)**

Figura 4.235 – Cenário 15 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	350
Figura 4.236 – Cenário 15 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	350
Figura 4.237 – Cenário 15 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	351
Figura 4.238 – Cenário 15 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	352
Figura 4.239 – Cenário 15 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	352
Figura 4.240 – Cenário 15 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	353
Figura 4.241 – Cenário 15 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	354
Figura 4.242 – Cenário 15 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	354
Figura 4.243 – Cenário 15 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	355
Figura 4.244 – Cenário 15 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	356

Figura 4.245 – Cenário 15 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	357
Figura 4.246 – Cenário 15 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	358
Figura 4.247 – Cenário 15 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	359
Figura 4.248 – Cenário 15 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	360
Figura 4.249 – Cenário 15 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	361
Figura 4.250 – Cenário 15 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	362
Figura 4.251 – Cenário 15 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	363
Figura 4.252 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	364
Figura 4.253 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	365
Figura 4.254 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	366
Figura 4.255 – Cenário 16 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	367
Figura 4.256 – Cenário 16 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	367
Figura 4.257 – Cenário 16 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	368
Figura 4.258 – Cenário 16 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	369
Figura 4.259 – Cenário 16 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	369
Figura 4.260 – Cenário 16 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	370
Figura 4.261 – Cenário 16 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	371
Figura 4.262 – Cenário 16 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	371

Figura 4.263 – Cenário 16 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	372
Figura 4.264 – Cenário 16 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	373
Figura 4.265 – Cenário 16 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	374
Figura 4.266 – Cenário 16 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	375
Figura 4.267 – Cenário 16 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	376
Figura 4.268 – Cenário 16 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	377
Figura 4.269 – Cenário 16 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	378
Figura 4.270 – Cenário 16 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	379
Figura 4.271 – Cenário 16 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	380
Figura 4.272 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	381
Figura 4.273 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	382
Figura 4.274 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	383
Figura 4.275 – Cenário 17 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	384
Figura 4.276 – Cenário 17 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	384
Figura 4.277 – Cenário 17 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	385
Figura 4.278 – Cenário 17 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	386
Figura 4.279 – Cenário 17 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	386
Figura 4.280 – Cenário 17 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	387

Figura 4.281 – Cenário 17 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	388
Figura 4.282 – Cenário 17 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	388
Figura 4.283 – Cenário 17 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	389
Figura 4.284 – Cenário 17 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	390
Figura 4.285 – Cenário 17 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	391
Figura 4.286 – Cenário 17 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	392
Figura 4.287 – Cenário 17 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	393
Figura 4.288 – Cenário 17 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	394
Figura 4.289 – Cenário 17 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	395
Figura 4.290 – Cenário 17 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	396
Figura 4.291 – Cenário 17 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	397
Figura 4.292 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	398
Figura 4.293 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	399
Figura 4.294 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	400

### **Grupo de Cenários – simulação com turno de trabalho (28 dias ≈ 468 horas de operação)**

Figura 4.295 – Cenário 18 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	401
Figura 4.296 – Cenário 18 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	401

Figura 4.297 – Cenário 18 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	402
Figura 4.298 – Cenário 18 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	403
Figura 4.299 – Cenário 18 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	403
Figura 4.300 – Cenário 18 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	404
Figura 4.301 – Cenário 18 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	405
Figura 4.302 – Cenário 18 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	405
Figura 4.303 – Cenário 18 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	406
Figura 4.304 – Cenário 18 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	407
Figura 4.305 – Cenário 18 – <i>Work in Process &amp; Throughput (TH)</i> – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	408
Figura 4.306 – Cenário 18 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	409
Figura 4.307 – Cenário 18 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	410
Figura 4.308 – Cenário 18 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	411
Figura 4.309 – Cenário 18 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	412
Figura 4.310 – Cenário 18 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	413
Figura 4.311 – Cenário 18 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	414
Figura 4.312 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	415
Figura 4.313 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	416
Figura 4.314 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	417

Figura 4.315 – Cenário 19 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8.....	418
Figura 4.316 – Cenário 19 – <i>Lead Time</i> – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15.....	418
Figura 4.317 – Cenário 19 – <i>Lead Time</i> – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15.....	419
Figura 4.318 – Cenário 19 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8.....	420
Figura 4.319 – Cenário 19 – <i>Setup</i> – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15.....	420
Figura 4.320 – Cenário 19 – <i>Setup</i> – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15.....	421
Figura 4.321 – Cenário 19 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5.....	422
Figura 4.322 – Cenário 19 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10.....	422
Figura 4.323 – Cenário 19 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15.....	423
Figura 4.324 – Cenário 19 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	424
Figura 4.325 – Cenário 19 – <i>Work in Process &amp; Throughput</i> (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15.....	425
Figura 4.326 – Cenário 19 – <i>Wait Time</i> – tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	426
Figura 4.327 – Cenário 19 – <i>Wait Time</i> – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15.....	427
Figura 4.328 – Cenário 19 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	428
Figura 4.329 – Cenário 19 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	429
Figura 4.330 – Cenário 19 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8.....	430
Figura 4.331 – Cenário 19 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15.....	431
Figura 4.332 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	432

Figura 4.333 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	433
Figura 4.334 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15.....	434
Figura 4.335 – Resumo dos resultados dos cenários.....	435

## Lista Tabelas

### Capítulo 2

Tabela 2.1 – Referências bibliográficas.....	9
Tabela 2.2 – Matriz de Decisão.....	37
Tabela 2.3 – Exemplo de registro de dados.....	44
Tabela 2.4 – <i>Softwares</i> de simulação de eventos discretos.....	49

### Capítulo 3

Tabela 3.1 - Equipamentos do Processo Produtivo.....	83
Tabela 3.2 – Níveis dos k fatores.....	89
Tabela 3.3 – <i>Templates</i> utilizados no projeto.....	89
Tabela 3.4 – <i>Templates</i> utilizados no projeto com os respectivos bloco.....	89
Tabela 3.5 – <i>Schedule</i> do cenário 18.....	96
Tabela 3.6 – <i>Schedule</i> do cenário 18.....	96
Tabela 3.7 – <i>Schedule</i> do cenário 19.....	97
Tabela 3.8 – Porcentagem de produtos impressos e tamanho do lote – cenários 11 a 14.....	98
Tabela 3.9 – Engrenagens e cilindros.....	106
Tabela 3.10 – Descrição das Atividades e Tempos.....	107
Tabela 3.11 – Descrição das Atividades com dois Operadores ( <i>Setup</i> de 1 cor).....	108
Tabela 3.12 – Descrição do Procedimento de <i>Setup</i> da Troca do Clichê da Máquina Impressora por Tempo.....	120
Tabela 3.13 – Transformação dos Tempos de <i>Setup</i> para Segundos.....	120
Tabela 3.14 – Descrição das Atividades e Tempos.....	127
Tabela 3.15 – Descrição das Atividades com dois Operadores ( <i>Setup</i> de 1 cor).....	128
Tabela 3.16 – Alteração do <i>setup</i> – cenários 5, 6 e 7.....	136
Tabela 3.17 – Resultados parciais do cenário 5 com a redução do <i>setup</i> .....	136
Tabela 3.18 – Comparação dos tempos de <i>setup</i> do modelo a partir dos cenários 4 e 5.....	136
Tabela 3.19 – Alteração da taxa de abastecimento dos cenários 6 e 7.....	137
Tabela 3.20 – Alteração da taxa de abastecimento e prioridade na extrusora das linhas 1, 12, 13 e 16.....	137
Tabela 3.21 – Redução do tempo de extrusão por linha em 30% - Cenário 8.....	138
Tabela 3.22 – <i>Schedule</i> das Máquinas.....	139

### Capítulo 4

Tabela 4.1 – Parâmetros de memória do <i>software</i> .....	144
---	-----

## **Lista Quadros**

Quadro 3.1 – Cenários de Simulação.....	101
---	-----

## Lista de Abreviaturas e Siglas

**ABEPRO** – Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

**ABIT** – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções.

**AFIPOL** - Associação Brasileira dos Produtores de Fibras Poliolefinicas.

**AVA** – Atividades de valor adicionado (*Value added* – VA).

**CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

**ED** – *Event-driven* – eventos dirigidos.

**LT** – *Lead Time* (tempo de permanência da matéria prima na fábrica).

**MADM** – *Multiple attribute decision-making*.

**PCP** – Planejamento e Controle da Produção.

**PDM** – processo de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Making* – MCDM).

**SA** – *Simulated annealing* – Técnica metaheurística de otimização de busca local probabilística fundamentada por analogia a teoria da termodinâmica que, a partir da variação de temperatura de um sólido, similar ao tratamento térmico de recozimento (*annealing*), por exemplo, de um aço carbono, busca um estado de baixa energia a partir de um resfriamento térmico ao ar livre permitindo um rearranjo atômico o mais uniforme possível do material sem a presença de tensões atômicas, até um estado de baixa energia a temperatura ambiente.

**SED** – Simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation* – DES).

**SMED** - *Single Minute Exchange of Die*.

**ST** – *Setup* (tempo de preparação da máquina).

**TH** – *Throughput* (Produtividade).

**TI** – Tecnologia da Informação.

**TOPSIS** – *technique for order preference by similarity to ideal solution*.

**VSM** – Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*).

**WIP** – *work in process*.

**WIP** – *Work in Process* (estoque em processo).

**WT** – *Wait Time* (tempo de espera)

## Sumário

### Capítulo 1 (Volume I)

Introdução.....	1
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objetivo Geral.....	4
1.4 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Metodologia.....	5
1.6 Limitações da abordagem do problema no presente trabalho.....	6
1.7 Estrutura do Trabalho.....	7

### Capítulo 2

2. Simulação de Eventos Discretos aplicada a sistemas de produção <i>Lean Manufacturing</i> .....	8
2.1 Introdução.....	8
2.2 Sistema de Manufatura <i>Lean Manufacturing</i> .....	11
2.3 Simulação de Eventos Discretos ( <i>Discrete Event Simulation</i> ).....	15
2.3.1 Mecanismo de simulação de eventos discretos.....	25
2.3.2 Mecanismo de Avanço do Tempo.....	27
2.4 Técnicas de simulação.....	29
2.4.1 <i>Simulated annealing</i> .....	31
2.4.1.1 Considerações do <i>Simulated annealing</i> .....	34
2.5 Medidas de Desempenho.....	36
2.5.1 Principais medidas de desempenho aplicadas à simulação de eventos discretos quanto aos resultados alcançados por cenário.....	38
2.5.1.1 Fórmula de <i>Little</i> e variabilidade de processo S/N.....	38
2.5.1.2 Função perda da qualidade - Método Taguchi.....	39
2.5.1.3 Análise do grau de influência dos fatores ou atributos nos resultados e a correlação entre os atributos.....	44
2.5.1.4 Determinação do nível do <i>work in process</i> em sistemas de Produção Multe estágio Estocástico.....	46

2.6 <i>Softwares</i> de simulação e a aplicação dos <i>softwares</i> em conjunto com o VSM.....	48
2.6.1 <i>Softwares</i> de simulação.....	48
2.6.2 Aplicação dos <i>softwares</i> em conjunto com o VSM.....	51
2.7 Módulo <i>kanban</i> para simulação de sistemas de produção puxado no <i>software</i> de simulação de eventos discretos Arena.....	56

### Capítulo 3

3 Sistema de Produção: objeto de estudo da pesquisa de campo.....	59
3.1 Introdução.....	59
3.1.1 Indústria têxtil.....	63
3.1.1.1 Histórico da Indústria Têxtil.....	63
3.1.1.2 A Indústria Têxtil no Brasil.....	66
3.1.1.3 Indústria Têxtil – Embalagens de Ráfia.....	69
3.2 Estudo de caso.....	72
3.2.1 Introdução.....	72
3.2.2 Sistema de Manufatura.....	74
3.2.3 Caracterização do processo de fabricação.....	75
3.2.3.1 Processo Produtivo.....	75
3.2.3.1.2 Processo Extrusão.....	76
3.2.3.1.3 Processo Tecelagem.....	77
3.2.3.1.4 Processos: acabamento - laminação, impressão, corte e costura.....	79
3.2.3.1.5 Processo Laminação.....	79
3.2.3.1.6 Processo impressão.....	80
3.2.3.1.7 Processo de corte e costura.....	82
3.3 Modelo de simulação de eventos discretos – <i>Software</i> Arena 11.0 Profissional.....	84
3.3.1 Modelo Desenvolvido.....	84
3.3.2 particularidades do modelo de simulação computacional da indústria de transformação do setor têxtil.....	91
3.3.3 Considerações - definição dos Cenários.....	99
3.3.4 Processo de Impressão – procedimento de <i>setup</i> (cenários 5, 6 e 7).....	105
3.3.4.1 Descrição do procedimento de <i>setup</i> e coleta dos dados do processo de <i>setup</i> .....	108
3.3.4.2 Descrição das atividades do procedimento de <i>setup</i> da máquina impressora.....	109
3.3.4.3 Análise Estatística da Atividade Preliminar de <i>Setup</i> .....	120

3.3.5 Separando <i>Setup</i> Interno e Externo.....	127
3.3.5.1 Etapa 2: conversão do <i>setup</i> interno em <i>setup</i> externo.....	127
3.3.5.2 Proposta de Melhoria de cada Operação Básica do <i>Setup</i> Interno e Externo.....	136
3.3.5.3 Definição dos cenários 5, 6 e 7 e resultados preliminares.....	136

## **Capítulo 4**

4 Resultados das simulações computacionais.....	143
4.1 Alteração do tamanho do lote – cenários 11, 12, 13 e 14.....	247

## **Capítulo 5 (Volume II)**

5 Análise dos Resultados das Simulações Computacionais.....	400
---	-----

## **Conclusões**

## **Considerações Finais**

## **Trabalhos Futuros**

## **Apêndices (Volume III)**

## Introdução

Conforme dados atualizados no ano de 2009 pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), entidade que representa toda a cadeia produtiva têxtil, estimou-se em 30 mil empresas têxteis e de confecções no Brasil entre elas: fiações, tecelagens, malharias, tinturarias, estamparias.

Estas empresas ocupam a posição de sexto maior produtor têxtil e o segundo maior empregador da indústria de transformação brasileira e gerador do primeiro emprego, dos quais 75% são de mão-de-obra feminina em 1,65 milhões de empregados.

O faturamento da cadeia têxtil e de confecção estima-se em US\$ 43 bilhões (crescimento de 4% em relação a 2007, quando registrou US\$41,3 bilhões). As exportações somaram US\$ 1,7 bilhão, enquanto as importações foram de US\$ 3,7 bilhões (ABIT, 2009).

A maior área de concentração da cadeia têxtil e de confecções no estado de São Paulo encontra-se na região de Americana com aproximadamente 700 tecelagens, responsáveis por 85% da produção nacional de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas, além de cerca de 2.500 confecções (ABIT, <[www.abit.org.br/imprensa/polo\\_americana.shtml](http://www.abit.org.br/imprensa/polo_americana.shtml)>, acesso em 28/07/2010).

Nesse universo das indústrias têxteis a indústria têxtil fabricante de embalagens de rafia pertence ao grupo da terceira geração da cadeia produtiva do setor petroquímico. A primeira geração é formada pelas centrais de matérias-primas. A segunda é composta pelos produtores de resinas e as indústrias de transformação formam a terceira geração.

Esse tipo de empresa utiliza como matéria-prima principal o Polipropileno, resina que teve a sua introdução no mercado em 1954 e tornou-se uma das mais importantes resinas termoplásticas da atualidade, sendo o terceiro termoplástico mais vendido no mundo.

O produto principal são as embalagens de rafia, utilizadas para a embalagem de diversos produtos da economia brasileira. Nos diversos setores da cadeia produtiva, além de proporcionar a segurança e garantir a integridade dos produtos, a embalagem representa a imagem do fabricante, atuando como instrumento de publicidade.

Seu principal atrativo está no fato de seu reuso, ou seja, após o seu uso a embalagem não gera lixo, é reaproveitada para outros fins, como por exemplo: ensacar sementes para armazéns, quando embalagem de fertilizante pode ser utilizada para ensacar insumos, entre outras aplicações. Sua principal característica é a resistência e durabilidade comparada a outras embalagens.

De acordo com dados de 2010 da Associação Brasileira dos Produtores de Fibras Poliolefinicas (AFIPOL), registra-se que o primeiro trimestre do referente ano da indústria de rafia de polipropileno foi bom, mas poderia ter sido melhor. O setor ainda sente os reflexos da crise que começou no final do ano de 2008 com a crise mundial quando o volume de produção de rafia foi de 27,4 mil toneladas, representando um crescimento de 42,6% em relação ao mesmo período de 2009 quando ocorreu o auge da crise mundial.

A produção de sacaria convencional (sacos de 25, 50 e 60 kg) nesse período, de 191,4 milhões de sacos, representou um crescimento de 16,3% em relação ao mesmo período de 2009 e uma redução de 3,1% se comparado ao mesmo período de 2008, confirmando a tendência de migração dessas embalagens para os contentores flexíveis, mais conhecidos como “big bags”, que superaram a marca de 3,6 milhões de unidades produzidas no primeiro trimestre de 2010. As exportações de sacos e telas de rafia, que continuam sofrendo os efeitos da crise mundial, tiveram uma expressiva queda de 23% em relação ao mesmo período em 2009 e de 32% em relação ao mesmo período em 2008 e o que deve comprometer, segundo a AFIPOL, o crescimento do setor em 2010 devido à queda das exportações. (AFIPOL - [http://www.afipol.org.br/noticias\\_afipol.htm](http://www.afipol.org.br/noticias_afipol.htm), acessado em 03/08/2010).

De acordo com a AFIPOL (2010), a indústria de rafia de polipropileno tem sido muito afetada pelos sucessivos aumentos do preço da matéria-prima, que já subiu cerca de 20% desde o início do ano de 2010. A Braskem, única fornecedora da matéria-prima polipropileno, exporta cerca de 30% da resina produzida a preços internacionais para competidores do setor no mercado nacional, o que torna o produto transformado lá fora mais competitivo do que o produzido no Brasil, devido ao câmbio valorizado e a alta carga tributária. Os reflexos já se fazem sentir com a queda acentuada das exportações brasileiras. A situação no mercado doméstico não é muito diferente, pois dificilmente as empresas conseguem repassar os aumentos da matéria prima para o mercado.

De acordo com o exposto a adequação do fluxo de informações dessas empresas deve garantir um menor tempo de resposta ao fluxo de produção, mediante ajustes de processo a partir do monitoramento com o uso da tecnologia de coleta de dados, havendo a necessidade de se avaliar a Tecnologia de Informação (TI) mais adequada.

O presente trabalho a partir da pesquisa *in loco* do relacionada com o mapeamento dos processos de fabricação do sistema de produção da empresa têxtil fabricante de embalagens de rafia objeto do estudo apresenta os resultados do desenvolvimento de um modelo de simulação computacional com o uso do *software* ARENA 11.0 Professional através da apresentação do mapa do fluxo de valor futuro.

## 1.2 Justificativa

A maioria das empresas têxteis é de origem familiar, ou seja, o dono administra e determina os procedimentos adotados pelos departamentos da empresa, algumas vezes em detrimento da utilização de práticas de gestão adequadas.

Isto pode ser comprovado a partir do texto de Gorini (1997) disponível no site do BNDES – <http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES> que afirma que a grande carência da maioria das empresas do setor têxtil está na gestão empresarial. São comuns estoques excessivos de matérias-primas; produtos em elaboração e acabados, que implicam em perdas por deterioração.

Esse tipo de indústria caracteriza-se como empresas de estrutura organizacional familiar e na sua grande maioria carecem de uma gestão da produção mais efetiva a fim de monitorar e minimizar perdas no processo de fabricação a partir de um controle mais efetivo de seus processos.

Por se tratar de empresas de transformação perdas efetivas são encontradas ao longo de todo o sistema produtivo, sendo uma alternativa de identificação e redução das perdas o uso da Tecnologia de Informação.

No caso do presente trabalho foi instalado na máquina impressora, com o propósito de monitorar o processo de impressão e integrá-lo com os demais processos de fabricação, um sistema de monitoramento das perdas de tempo no processo de impressão com o objetivo de manter um fluxo de produção mais uniforme e balanceado.

Contudo, o uso da tecnologia de informação, não somente para a gestão da produção a partir de registros existentes, mas também com foco na coleta de dados e na manutenção dos registros, garantiu resultados surpreendentes como exposto ao longo da pesquisa.

O uso da Tecnologia de Informação facilitou muito o monitoramento da máquina como uma das restrições do processo produtivo da empresa objeto de estudo, sendo identificado como outras restrições também relevantes o *layout* e a ineficiência dos controles de produção ao longo do processo de fabricação, assim como a não disponibilidade das instruções de trabalho de cada um dos processos com a definição dos parâmetros de acionamento dos recursos máquina relacionados a cada um deles.

As instruções de trabalho em conjunto com os dados coletados e monitorados torna possível a obtenção dos dados da operação das máquinas de modo concreto a respeito da produtividade dos recursos de manufatura, como por exemplo, da máquina impressora a partir do uso do sistema de monitoramento instalado como exposto.

No processo de impressão a sistematização de procedimentos, a padronização das atividades desenvolvidas na execução da máquina e o desenvolvimento e implantação de um projeto piloto da aplicação da metodologia SMED (troca rápida de ferramenta) permitiram avaliar a operação da máquina impressora que posteriormente pode ser validado com o uso do modelo de simulação computacional desenvolvido.

A contribuição do trabalho quanto à visão que proporciona do sistema produtivo da empresa no momento da sua conclusão é relevante para a academia e para as indústrias do setor quanto a permitir identificar as principais restrições do processo de fabricação desse tipo de indústria, assim como as alternativas de soluções.

Nesse contexto é também parte da justificativa do presente trabalho o objetivo de demonstrar como é possível minimizar as perdas geradas, além de uma programação da produção mais efetiva com o uso da simulação computacional com o uso de um modelo de eventos discretos da fábrica da empresa objeto do estudo porta a porta.

### **1.3 Objetivo Geral**

Estudar e analisar o processo produtivo da indústria objeto do estudo para identificar as perdas envolvidas na manufatura e sua relação com a utilização da capacidade do sistema de produção, além de demonstrar a complexidade do processo de fabricação de uma indústria fabricante de embalagens de rafia e a realidade da operação dessas empresas no mercado brasileiro demonstrando as mazelas da sua sobrevivência em função da falta de competitividade, mostrando as soluções possíveis que podem ser adotadas por essas empresas a fim de enfrentar os desafios de tornar esse tipo de indústria competitiva.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- 1) Entender o processo de fabricação da empresa apontando as principais restrições do fluxo de produção a partir do uso de dispositivos computacionais de apontamento e controle; e
- 2) Avaliar, para um sistema de produção similar, a necessidade de sistemas de monitoramento e apontamento e da aplicação dos princípios dos sistemas de produção *Lean Manufacturing* a partir dos resultados obtidos com o uso da simulação computacional de eventos discretos.

## 1.5 Metodologia

O método empregado no presente estudo é de natureza exploratória e explicativa, no qual foi realizada por meio de um estudo de caso, com abordagem qualitativa de dados.

Para Cervo e Bervian (1996), a pesquisa exploratória “é responsável por observar, registrar, analisar e correlacionar os fatos ou fenômenos sem manipulá-los”.

De acordo com Gil (1991), a pesquisa explicativa “visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos”.

Nesse estudo a pesquisa exploratória permitiu a autora aprofundar o conhecimento da realidade a qual a indústria objeto do estudo opera e, contudo, permitiu explicar a razão das ocorrências das perdas no respectivo processo de fabricação estudado.

Como metodologia utilizada no desenvolvimento do presente trabalho há que se considerar o estudo de caso que foi desenvolvido em uma indústria do segmento têxtil de embalagens de rafia com o uso da principal matéria prima o polipropileno.

Yin (2003, p. 21), observa que o estudo de caso permite “uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real”.

De acordo com Raupp e Beuren (2006), o estudo de caso predomina nas pesquisas em que se desejam aprofundar conhecimentos a respeito de uma situação específica. Quanto aos procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação dos fenômenos, o estudo foi desenvolvido em um ambiente que preconiza a abordagem qualitativa e quantitativa.

A pesquisa qualitativa ajudou a entender o processo e analisá-lo e a pesquisa quantitativa a avaliar a correlação dos indicadores com os resultados obtidos a partir dos cenários gerados nas simulações a fim de avaliar o impacto das mudanças propostas nos resultados de desempenho do sistema de produção estudado.

Segundo Gil (1991), a pesquisa qualitativa “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números”. Já a pesquisa quantitativa elimina a subjetividade a partir do sujeito que pode ser traduzido em números, o que foi realizado na presente pesquisa quando possível.

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são aspectos básicos no processo de pesquisa qualitativa. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento - chave. A presente pesquisa também pode ser classificada como descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. “O processo e seu significado são os focos principais de abordagem”.

## 1.8 Limitações da abordagem do problema no presente trabalho

Esta dissertação utilizou a pesquisa bibliográfica para fazer suas análises e conclusões, assim como a pesquisa *in loco* e a aplicação do modelo de simulação computacional de eventos discretos, representadas como resultados através dos 17 cenários simulados e do mapa do fluxo de valor futuro.

No caso do levantamento dos dados e do desenvolvimento do modelo de simulação computacional não houve limitações da abordagem do problema no presente trabalho.

Contudo, como o trabalho visa responder se a empresa tem um desempenho do sistema de produção compatível com o nível de competitividade que deve ter para atender as exigências do mercado consumidor, além de propor mudanças exequíveis para adequar a fábrica quanto aos resultados de desempenho ou produtividade a serem alcançados foi atendida sem nenhuma restrição a conclusão do presente trabalho.

A limitação do trabalho a ser considerada, no contexto em que a pesquisa foi realizada, está no fato de que o aumento da variedade de produtos ou também de produtos personalizados para clientes específicos, como é o caso da indústria de rafia acaba por dificultar a implementação do atendimento dos objetivos do trabalho, mais pela falta de qualificação da mão de obra que deve ser envolvido no momento em que o projeto deve ser iniciado, principalmente por se tratar de uma indústria de mão de obra intensiva.

Essas dificuldades limitam as possibilidades de êxito da implantação das melhorias sugeridas a partir dos resultados obtidos no presente trabalho, principalmente pelo fato da não qualificação da mão de obra o que deve ser observado e tratado com mais propriedade nesse tipo de indústria.

Esse segmento de indústria no Brasil, principalmente por se tratar de uma gestão familiar na grande maioria dos casos, acaba por restringir a sua competitividade pela realidade das suas operações no mundo real.

O que não representa que os resultados da simulação computacional que foram obtidos no presente trabalho não possam ser implementados de acordo com o mapa do fluxo de valor futuro proposto.

O sucesso da implementação deve ser assegurado pelo atendimento da necessidade de se consolidar uma proposta de intervenção adequada ao projeto de tornar o sistema de produção da empresa objeto do estudo do presente trabalho *Lean Manufacturing* sem correr o risco do fracasso do projeto na implementação que deve ser considerada como um projeto pela direção da empresa.

## **1.9 Estrutura do Trabalho**

### **Volume I**

Esta dissertação está dividida em capítulos:

- Capítulo 1 – Apresenta-se uma introdução e definição do trabalho a ser desenvolvido;
- Capítulo 2 – Apresenta-se a revisão bibliográfica;
- Capítulo 3 – Desenvolvimento do estudo de caso;
- Capítulo 4 – Resultados dos cenários da simulação;
- Capítulo 5 – Análise dos resultados dos cenários da simulação (**Volume II**);
- Conclusão;
- Considerações finais; e
- Proposta de trabalhos futuros.

### **Volume III**

**Apêndices** – mapas do fluxo de valor atual.

Modelo de simulação computacional desenvolvido e executado através do uso do software de simulação ARENA Professional.

## 1. Simulação de Eventos Discretos aplicada a sistemas de produção *Lean Manufacturing*

### 2.1 Introdução

A indústria automobilística japonesa Toyota, fundada no início do século XX, foi a precursora de um novo paradigma relacionado ao processo de elaboração do projeto e operação de sistemas de produção. Trata-se na verdade do aprimoramento da padronização dos processos de fabricação aplicada por Ford e da sistematização dos procedimentos ou instruções de trabalho que foram instituídos por Taylor, com diferenças obviamente na condução dos controles e conseqüentemente da gestão da produção.

Durante as décadas seguintes após a segunda guerra mundial inúmeras técnicas e ferramentas de apoio ao aprimoramento do Sistema Toyota de Produção foram criadas e aplicadas com sucesso à medição e controle dos sistemas de produção, sendo disseminadas posteriormente no mundo todo, principalmente a partir da década de 1990.

Entre as técnicas destaca-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* – VSM), técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* utilizada para analisar e projetar o fluxo de materiais e informações dos mais diversos sistemas de produção.

Contudo, trata-se de uma ferramenta que, após o apontamento e registro dos dados dos processos de fabricação, mostra através de um esquema com simbologia própria o fluxo de materiais e informações de modo simples e didático, embora estático, o que dificulta, de acordo com a literatura, avaliar detalhes do sistema de produção em operação em função da sua dinâmica operacional.

Desse modo, sistemas de produção complexos apresentam durante a operação um ambiente de manufatura dinâmico, o que muitas vezes torna impossível avaliar estatisticamente o fluxo de produção quanto às restrições do fluxo de produção.

A literatura com foco no tema sugere o uso da simulação computacional de eventos discretos a partir do mapeamento do fluxo de valor como apoio as atividades de projeto e operação dos sistemas de produção, a partir da dinâmica virtual do sistema de produção que a simulação computacional permite, a partir obviamente dos registros do mapeamento do fluxo de valor. Essa possibilidade permite, contudo, avaliar com mais propriedade o sistema de produção em operação, eliminando as dúvidas quanto à efetividade das mudanças no mundo real. Desse modo, o uso da simulação computacional de eventos discretos em conjunto com o mapeamento do fluxo de valor garante uma visualização mais precisa da dinâmica do sistema de produção.

O presente capítulo da dissertação de mestrado profissional apresentada refere-se à revisão bibliográfica (somente periódicos) do tópico simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation* – DES) aplicada à sistemas de produção *Lean Manufacturing*.

A Tabela 2.1 mostra os artigos de periódicos internacionais consultados para a revisão bibliográfica realizada para a elaboração do presente trabalho.

Tabela 2.1 – Referências bibliográficas (somente periódicos) utilizadas no texto do capítulo 2. Fonte: Próprio autor.

<b>Dados do artigo</b>							
<b>Periódico</b>	<b>JCR</b>	<b>Qualis</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Citações</b>	<b>ISSN</b>
Journal of the Franklin Institute	1.760	A1	Handling multi-lean measures with simulation and simulated annealing	Raid Al-Aoma	2010	179	0925-5273
PRODUCTION MANAGEMENT	-----	-----	Valuation of increased production system performance by integrated production systems	Gisela Lanza Annabel Jondral Ulrike Drotleff	2012	-----	0944-6524
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	1.071	-----	A lean pull system design analysed by value stream mapping and multiple criteria decision-making method under demand uncertainty	Jiunn-Chenn Lu, Taho Yang Cheng-Yi Wang	2011	5	0951-192X
International Journal of Computer Integrated	0.859	B1	Evaluation of techniques for manufacturing process analysis	J. C. Hernandez Matias · A. Vizan · A.	2006	16	0956-5515
International Journal of Production Research	1.115	B1	The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem	Taho Yang Jiunn-Chenn Lu	2011	2	0020-7543
International Journal of Production Research	1.115	B1	Analysing optimum push/pull junction point location using multiple criteria decision-making for multistage stochastic production system	Jiunn-Chenn Lu Taho Yang Chao-Ton Su	2012	2	0020-7543
European Journal of Operational Research	1.815	B1	A simulation study of despatch bay performance in the steel processing industry	Andrew Potter Biao Yang Chandra Lalwani	2007	4	0377-2217
Journal of Manufacturing Technology Management	----	B2	Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation A case study	Anand Gurumurthy & Rambabu Kodali	2010	10	1741-038X
Production Planning & Control: The Management of Operations	0.725	B1	Production efficiency improvement in batch production system using value stream mapping and simulation: a case study of the roasted and ground coffee industry	Parthana Parthanadee & Jirachai Buddhakulso msiri	2012	----	0953-7287

Não é inédito o fato das indústrias de diferentes setores no mundo buscarem níveis de desempenho da manufatura igual ou superior ao padrão de desempenho das indústrias consideradas de classe mundial.

No entanto, avaliar o desempenho de uma planta industrial a partir de indicadores de desempenho interno à operação da manufatura, requer em um primeiro momento que os indicadores adotados sejam reconhecidos internacionalmente e que uma vez determinados, possam ser quantificados a partir do apontamento dos dados relacionado à operação industrial, de modo que haja confiabilidade em condições de garantir uma comparação precisa com os padrões do mercado e condizente com a realidade operacional da indústria em avaliação, sem mascarar resultados. Isso somente é possível a partir de métodos de medição e controle confiáveis, documentados a partir dos registros das medições realizadas.

No caso, é importante ressaltar que sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*, de acordo com os princípios do Sistema Toyota de Produção, são controlados e consequentemente gerenciados por indicadores de desempenho próprios da filosofia *Lean* quanto à mensuração de todo tipo de perda possível em um sistema de produção. Nesse contexto, os resultados obtidos de acordo com esses indicadores devem demonstrar:

- 1) O sistema de manufatura apresenta o padrão de eficiência dos processos de fabricação das indústrias de classe mundial?
- 2) O sistema de manufatura apresenta tendência comprovada da redução dos custos operacionais para a obtenção de produtos e serviços?
- 3) Consequentemente, se as duas primeiras questões forem respondidas positivamente, o aumento da competitividade do negócio a partir do padrão de desempenho da fábrica, evidente e comprovado, é suficiente para a organização se manter no mercado?

Caso contrário, a partir dos indicadores os gestores devem estar aptos a decidir as mudanças necessárias a tornar o sistema de manufatura competitivo elaborando um plano de melhoria exequível e viável financeiramente para o negócio.

Nesse universo a busca de uma metodologia capaz de avaliar precisamente se a manufatura é capaz de atingir os resultados esperados requer a definição de como o apontamento dos dados deve ser realizado de modo a se expor por ordem de criticidade as primeiras ações a serem tomadas. Esse processo demonstra fundamentalmente que um plano de ação deve influenciar a organização a adotar com maior intensidade métodos e práticas da manufatura *Lean* que apoiem os gestores a realizarem os ajustes necessários tornando as decisões de melhoria muito mais assertivas, quando não realizadas empiricamente.

## 2.2 Sistema de Manufatura *Lean Manufacturing*

Os princípios do sistema *Lean Manufacturing* foram idealizados por Taiichi Ohno na década de 1940 na Toyota e se desdobraram com o tempo em diversas técnicas e métodos de gestão da produção aplicados atualmente nas indústrias no mundo todo (AL-AOMAR (2011)).

Rivera *apud* Lanza (2012) aponta como principais fatores para a aplicação das técnicas e métodos do *Lean Manufacturing* a necessidade das indústrias de promoverem internamente no contexto das operações executadas no chão de fábrica reduções nos prazos de entrega e custos, bem como uma melhoria da qualidade do produto e desempenho da produção.

Rivera *apud* Lanza (2012) dividem a evolução do foco das indústrias quanto às reduções das perdas mencionadas a partir dos princípios da manufatura *Lean* em quatro ondas de implementação da manufatura enxuta com dois diferentes objetivos:

- 1) Primeiro, os autores consideram como terceira e quarta onda o foco na redução do tempo de espera.
- 2) Segundo, consideram como segunda onda a redução dos tempos de processamento e taxas de custo e destacam o fato de que no momento avanços referentes à primeira onda já foram alcançados a partir do contexto da primeira onda a qual está relacionada ao surgimento dos sistemas flexíveis de manufatura, padronização dos métodos de trabalho e aplicação de procedimentos relacionados à organização do ambiente de trabalho, como por exemplo, 5S. No contexto da segunda onda os autores mencionam também o uso de procedimentos relacionados à troca rápida de ferramentas (SMED) e de manutenção produtiva total (TPM).

A filosofia de gestão da produção que direciona as ações de melhorias em sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*, apresentada por Womack na década de 1990, enfatiza principalmente os princípios que orientam a busca da transformação de um sistema de produção tradicional para um sistema de manufatura *Lean* com foco na eliminação de todo tipo de perda, tarefa difícil de cumprir em ambientes de produção complexos quando não se faz uso de uma sistemática adequada de apontamento, registro e avaliação dos dados do sistema.

Nesse caso, a transformação se concentra objetivamente no foco da eliminação das perdas em todas as atividades inerentes aos processos de fabricação no chão de fábrica para reduzir o tempo de ciclo do processo de fabricação, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência.

Al-Aomar (2011) destaca no contexto *Lean* a definição de perdas (*muda* em Japonês) como toda forma de excessos desnecessários de produção, de processamento, de atrasos (*delay*), de excesso de inventário, de excesso de movimentações, de falhas e de defeitos.

Contudo, segundo Al-Aomar (2011), todos os excessos mencionados impulsionam, quando não controlados, a variabilidade do processo de fabricação que se reflete na instabilidade do processamento.

A variabilidade, entre outros fatores está relacionada à frequência da quebra ou avaria dos equipamentos, tempos de preparação ou de *setup* das máquinas e de tempos de movimentação excessivos que acaba por demonstrar a falta de controle. A ausência de controle por sua vez requer a realização de estudos específicos *in loco* durante a operação que possam auxiliar na busca de soluções simples e eficientes e que possam vir a minimizar qualquer tipo de perda de tempo ou de materiais na fabricação.

Como alternativa para a determinação e quantificação das perdas, no ambiente do chão de fábrica, os gestores, na grande maioria dos casos na atualidade passa a fazer uso da técnica de planejamento: mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Map* – VSM) do *Lean Manufacturing* a qual expõe as restrições do fluxo de produção da indústria que pretende tornar-se *Lean*.

O mapeamento do fluxo do valor, uma vez que contribui para a análise do processo de fabricação permite que o gestor possa se orientar quanto à quais técnicas *Lean* devem ser adotadas no enfrentamento e eliminação das restrições ao desempenho do sistema de manufatura para migrar, a partir da manufatura que se encontra no estado atual para o estado futuro desejado e, que requer ser idealizado pela equipe gestora, demonstrando no mapa de valor futuro o custo benefício a ser alcançado e a sua exequibilidade.

Evidentemente, o mapa futuro deve ser exequível, viável e confiável o suficiente para que as mudanças propostas possam vir a garantir através dos resultados esperados que a decisão da mudança possa ser assertiva, o que somente será comprovado a partir dos resultados operacionais que se esperar alcançar na prática após o desenvolvimento do plano de ação proposto no mapa futuro.

Al-Aomar (2011) destaca ainda que a aplicação das técnicas *Lean* requer um foco especial na análise do desempenho do sistema de manufatura baseado no tempo, através de medidas de desempenho que possam demonstrar a partir da variável tempo a viabilidade do projeto de melhoria a ser desenvolvido na prática.

Entre as variáveis relacionadas ao fator tempo podemos mencionar o tempo de permanência dos materiais no sistema de produção (*Lead Time* da manufatura), tempo de *setup*, tempo de espera, tempo de movimentação entre outros.

Um sistema de manufatura somente pode ser considerado como um sistema de manufatura *Lean* se o seu desempenho operacional é similar ao padrão de desempenho de sistemas de manufatura de classe mundial com o uso de técnicas *Lean* aplicadas consequentemente na sua plenitude e, de acordo com os princípios do sistema de produção da Toyota quanto à redução das perdas relacionadas dos respectivos processos de fabricação.

Entretanto, avaliar ou diagnosticar um sistema de manufatura como um sistema *Lean* após o uso das técnicas de gestão da produção selecionadas com o propósito de tornar a manufatura competitiva, deve seguir um procedimento de avaliação que contemple indicadores de desempenho considerados como padrão mundial de competitividade, já mencionado.

Os indicadores devem ser definidos para medir sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*, o que, contudo, ao abordarmos o desempenho de um sistema de produção com esse propósito implica em considerarmos múltiplas medidas de desempenho que devem ser utilizadas como, por exemplo: nível de produtividade, tempo de ciclo, *Takt time*, tempo de *setup*, tempo de espera, estoque em processo (WIP – *work in process*), balanceamento de processos, índice de perdas de tempo, de materiais, entre outras medidas além das medidas já expostas anteriormente nesse texto.

Al-Aomar (2011) destaca que na prática há diversas dificuldades em se medir com precisão medidas de desempenho que caracterizam os sistemas de manufatura *Lean*, de acordo com o padrão de desempenho das indústrias de classe mundial a ser alcançado.

Segundo o autor frequentemente os gestores deparam-se com situações em que, é difícil, se não impossível estimar medidas *Lean* analiticamente sobre condições estocásticas de operação dos sistemas de manufatura, o que pode resultar em indicadores não precisos envolvendo esforços consideráveis. Sem resultados efetivos quanto aos ajustes realizados, que consequentemente não atendem ao objetivo de ganho de desempenho ou adequação dos indicadores nos padrões desejados, põe por terra os objetivos dos projetos de melhoria contínua que devem ser definidos no escopo de qualquer plano de ação.

A dificuldade relatada pelo autor refere-se ao fato de que as medidas *Lean* frequentemente englobam variabilidade devido aos vários elementos aleatórios inerentes ao processo de produção, principalmente de sistemas de manufatura complexos.

Nesse caso a literatura aponta para estudos que buscam estimativas pontuais e a determinação dos intervalos de confiança que são normalmente utilizados para determinar com precisão as medidas *Lean* de desempenho a partir do uso da simulação para a análise de diferentes cenários, anterior a decisão do que mudar e como mudar, é fundamental nesse processo de busca pela excelência do desempenho do sistema produtivo.

Al-Aomar (2011) destaca que o uso da simulação em função das dificuldades apresentadas, muitas vezes, na prática, evita a definição dos parâmetros de um sistema de produção de forma arbitrária e alterados com frequência por tentativa e erro na prática para atingir o resultado esperado por um sistema de manufatura *Lean* sem o uso de um procedimento adequado e de um modelo de simulação computacional.

Nesse caso, ou seja, o não uso da simulação pode resultar que a alteração (mudança prevista do sistema de produção), mesmo que realizada habilmente, pode transformar uma expectativa de bons resultados no surgimento de vários outros problemas operacionais, como: esforço desperdiçado, resultados obtidos abaixo do esperado e alterações realizadas envolvendo investimentos financeiros consideráveis.

No contexto *Lean*, contudo, Al-Aomar (2011) ressalta que métodos de otimização devem buscar um *tradeoff* das medidas *Lean* utilizadas para avaliar o desempenho de um sistema específico de manufatura, medidas essas sujeitas as restrições existentes na fábrica física, o que um modelo estático com somente o uso da técnica de planejamento do *Lean Manufacturing*, mapeamento do fluxo de valor, em ambientes complexos não é capaz de demonstrar claramente.

Al-Aomar (2011) destaca ainda que a modelagem de um sistema de produção a partir da simulação é, portanto, capaz de ser utilizada como uma plataforma dinâmica para implantar técnicas *Lean* e tornar o sistema apto a manter um desempenho similar ao desempenho operacional desejado.

Os tópicos seguintes abordam, basicamente, a simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation*) e a definição de três medidas de desempenho aplicadas na avaliação de sistemas de manufatura a partir do uso da modelagem computacional, ou seja, é fundamental avaliar:

- 1) Produtividade da planta (*throughput*),
- 2) Tempo de ciclo (*cycle time*), e
- 3) Nível de estoque em processo (*work in process*).

### 2.3 Simulação de Eventos Discretos (*Discrete Event Simulation*)

El-Haik *et al* (2006) definem simulação computacional como uma técnica que busca reproduzir computacionalmente o funcionamento de um sistema de manufatura do mundo real, e como ele evolui ao longo do tempo.

Os autores consideram a simulação como uma metodologia experimental e aplicada que deve descrever o comportamento de sistemas de produção, construir hipóteses que podem explicar o comportamento do sistema de manufatura na operação como observado *in loco*, e prever ou diagnosticar o comportamento futuro.

Nesse contexto, de acordo com os autores uma simulação é, portanto, a execução de um modelo, representado por um programa de computador que dá informações sobre o sistema a ser investigado.

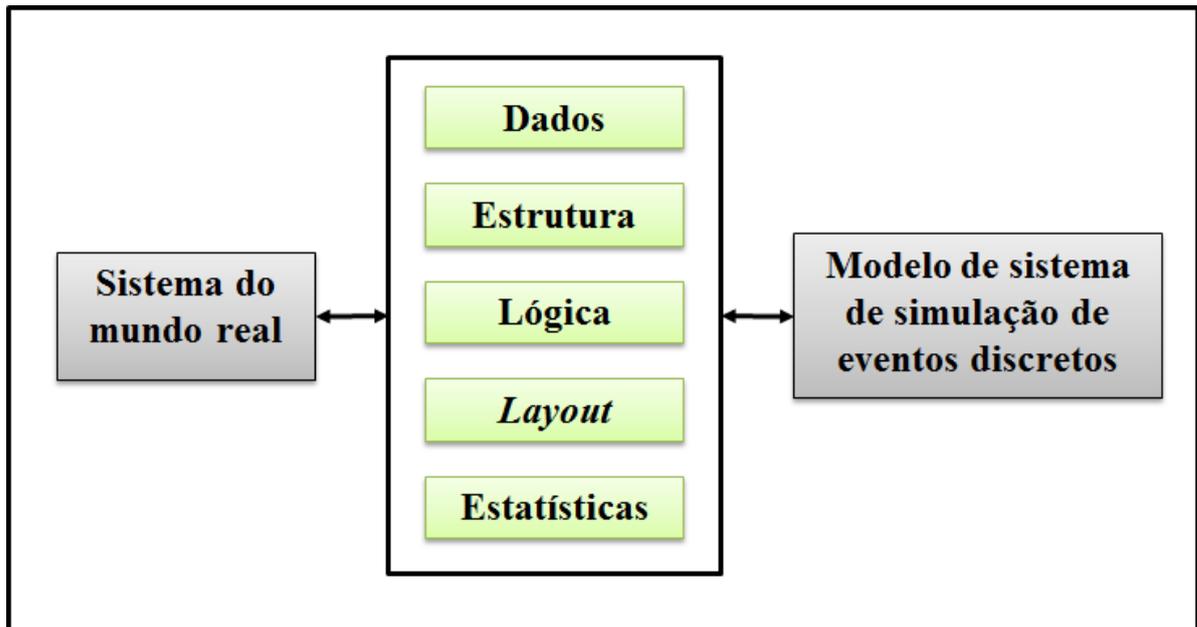
Contudo, de acordo com El-Haik *et al* (2006), modelos computacionais desenvolvidos para a simulação de processos de fabricação na grande maioria dos casos são utilizados para compor uma solução assertiva para eventuais problemas que venham a eliminar ou minimizar restrições ao desempenho desses processos na operação, devendo expor virtualmente a vulnerabilidade do sistema de manufatura de modo sistêmico e dinâmico.

Os autores destacam que através do modelo de simulação o direcionamento dos esforços a eliminação das deficiências do sistema de manufatura anterior a qualquer tipo de mudança *in loco*, torna as decisões de correção ou ajuste do chão de fábrica muito mais consistente. Conseqüentemente, o resultado a ser alcançado quanto ao desempenho dos processos de negócios na prática, deve acabar por conduzir o processo de melhoria no alcance da relação custo/benefício que se deseja atingir.

Nesse caso a simulação de eventos discretos representa analogamente sistemas dinâmicos que evoluem no tempo a partir da ocorrência de eventos em intervalos de tempo provavelmente irregulares anterior a qualquer tipo de mudança, e vão além, demonstram virtualmente os pontos frágeis do sistema de manufatura que deve sofrer intervenção.

De acordo com El-Haik *et al* (2006) a maioria dos modelos concebidos com o propósito da simulação computacional são estruturados em termos de eventos discretos cuja ocorrência faz com que o sistema mude de um estado para outro, de forma estocástica. A Figura 2.1 apresenta os cinco elementos de um modelo de eventos discretos de acordo com El-Haik *et al* (2006).

Figura 2.1 – Elementos de um sistema de eventos discretos. Fonte: El-Haik et al (2006).



El-Haik *et al* (2006) definem cada um dos cinco elementos listados pelos autores na Figura 2.1.

- 1) **Dados:** sistemas do mundo real quando objeto de estudo através da simulação pode disponibilizar dados da operação armazenados em bancos de dados atualizados a partir de sistemas de coleta de dados que pode ser manual ou automático. Sistemas de coleta de dados são frequentemente utilizados para coletar dados importantes para diversos fins, como monitoramento de operações, controle de processos e relatórios gerenciais, assim como para o modelo de simulação. Outra possibilidade é gerar números aleatórios de acordo com parâmetros que possam garantir dados próximos da operação real, os quais podem ser utilizados no modelo quando dados reais não é possível coletar por alguma restrição ou a não existência de dados históricos.
- 2) **Estrutura:** estrutura do sistema de manufatura real a ser simulado é, basicamente, o conjunto de elementos do sistema em termos de componentes físicos, equipamentos, recursos, materiais, linhas de produção as quais caracterizam o fluxo de movimentação de materiais da fábrica, e infraestrutura relacionada a gestão do chão de fábrica.

- 3) **Lógica:** a lógica do sistema compreende as regras e procedimentos que regem o comportamento e interação dos vários elementos de um modelo de simulação. A lógica define todo o tipo de relações entre os elementos do modelo e como as entidades (matérias primas, material em processo e produtos acabados no caso de um sistema de manufatura) são movimentadas e processadas ao longo do fluxo de produção dentro de um sistema. A lógica, contudo, deve ser executada no processo de simulação a partir de códigos desenvolvidos com o uso de linguagens de programação computacional que ao ser executado dá início ao processo de simulação frequentemente utilizado para implementar a lógica do sistema de manufatura real, que define o projeto do modelo de simulação de eventos discretos desenvolvido.
  
- 4) **Layout:** o *Layout* do sistema representa o plano de configuração dos elementos estruturais do modelo. O *layout* deve especificar onde os equipamentos estão localizados, os corredores de movimentação, as unidades de manutenção, sistemas de manuseio de materiais, unidades de armazenamento, docas de carga e descarga, entre outros elementos do modelo. Nesse caso diagramas de fluxo devem ser desenvolvidos utilizando os esquemas do sistema real.
  
- 5) **Estatísticas:** a análise dos resultados obtidos em cada um dos cenários gerados na execução do modelo de simulação requer quanto à precisão a definição correta dos parâmetros de operação como: tempos de processamento, tempos de *setup*, tempos de movimentação, taxa de abastecimento entre outros com a correta definição da distribuição de probabilidades de cada variável, principalmente as relacionadas ao fator tempo. Nesse contexto as estatísticas do sistema representam os meios de apontamento no tempo dos dados gerados em cada cenário, assim como as informações relacionadas à operação do sistema durante o tempo de execução e agregá-los no final da simulação de modo a permitir identificar as restrições de fluxo ou qualquer outro tipo de restrição que possa limitar o desempenho desejado do sistema de manufatura, além de permitir a correlação entre as variáveis do modelo quanto a interferirem de modo conjunto no desempenho do sistema. Além, evidentemente de permitir avaliar alterações no sistema de manufatura que se deseja fazer no sistema real, antes de realiza-las *in loco*, de modo a minimizar esforços e investimentos financeiros quando houver. Nesse caso a simulação permite avaliar a relação custo benefício antes de mudar o sistema no mundo real.

Durante o tempo de execução, tais estatísticas são necessárias para controlar o funcionamento e o fluxo de atividades do sistema e seus elementos. No final da simulação, estas estatísticas são coletadas para resumir o desempenho do sistema no projeto em estudo e os vários ajustes de parâmetros que se faz ou se julgue necessários. Em um modelo de simulação de eventos discretos, portanto, as estatísticas são coletadas e registradas para fornecer um resumo geral dos resultados no final do tempo de execução.

Segundo El-Haik *et al* (2006) uma vez que a simulação permite construir modelos similares a natureza da operação da maioria dos sistemas de manufatura do mundo, modelos de simulação de eventos discretos são amplamente utilizados em aplicações do mundo real.

El-Haik *et al* (2006) destacam também que um modelo de DES é construído usando um conjunto de componentes do modelo (blocos de construção) que em alguns *softwares* de simulação de eventos discretos encontram-se agrupados em *templates* de acordo com a funcionalidade na execução, com base em um conjunto de mecanismos inerentes a simulação de eventos discretos.

Os autores reforçam que a natureza e a funcionalidade destes componentes e mecanismos podem variar de um pacote de *software* de simulação para o outro. No entanto, os componentes básicos de modelos DES são muitas vezes definidos através de um conjunto comum de elementos. Estes elementos são definidos em termos de entradas no sistema, de processo (elementos e relações), saídas e controles.

El-Haik *et al* (2006) também descrevem como elementos da simulação de eventos discretos as entidades do sistema, que segundo os autores muitas vezes são caracterizadas por um conjunto de atributos que devem ser definidos com cuidado a partir do sistema de manufatura real, de modo que a cada momento do processo de execução do modelo o estado em que o sistema se encontra é descrito por variáveis de estado que se não são representadas por uma distribuição de probabilidade aderente ao seu comportamento no processo de manufatura, e conseqüentemente no ambiente de simulação resulta em resultados equivocados e inúteis dos cenários gerados a qualquer tipo de conclusão.

Os autores reforçam que a mudança de estado do sistema após a ocorrência de um conjunto de acontecimentos depende de como o comportamento dessas variáveis se dá, obviamente dependente da distribuição de probabilidade e dos tempos de processamento definidos como variáveis de cada entidade a ser processada.

Durante a operação, as diferentes atividades de processamento do sistema ou tarefas específicas como, por exemplo, de movimentação dos materiais são realizadas por recursos de transporte do sistema, assim como a definição dos tempos de processamento das operações nos recursos de produção dedicados a elas e obviamente pertencente ao fluxo de produção. No caso de um modelo de simulação de eventos discretos de uma indústria de manufatura o que vai influenciar diretamente, em conjunto com os demais tempos como de *setup* ou espera, por exemplo, é o tempo de permanência dos materiais no sistema que deve ser apontado pelo *software*.

Nesse contexto, atrasos (*delay*) devem ocorrer e fazem parte da lógica do modelo, que deve regular o funcionamento do sistema.

De acordo com El-Haik *et al* (2006) nesse universo dos modelos de simulação de eventos discretos entidades são itens que entram num sistema como *input*, são processados através dos recursos do sistema em função das atividades a serem realizadas, e partem do sistema como *output*, ou seja, no caso do modelo de uma indústria de manufatura a entrada (*input*) representa o abastecimento do sistema com matérias prima e componentes e a saída (*output*) representa os produtos acabados produzidos pelo sistema.

Contudo, trata-se de objetos dinâmicos, rastreáveis ao longo do fluxo de produção que o modelo representa e que muitas vezes são de interesse para os projetistas de sistemas de manufatura.

Nesse ambiente a literatura dá ênfase à importância dos registros dos diferentes estados em que o sistema se mantém durante a execução da simulação, e o fato de que cada estado representa uma descrição do comportamento das variáveis do sistema em qualquer momento no tempo, durante a simulação é o que deve garantir a replica virtual do sistema real.

Nesse caso o estado descreve a condição de cada componente do sistema no modelo. Essa afirmação implica em que em qualquer momento do tempo, o estado do sistema define o estado das entradas do sistema (ou seja, tipos de entradas, quantidade, *mix*, especificações, processo de chegada, fonte de abastecimento, por exemplo, e atributos das entidades).

Segundo El-Haik *et al* (2006) o modelo de simulação de eventos discretos contempla obviamente a definição do conjunto de processos a serem realizados no sistema em termos de tipo de atividades, número de recursos ativos, número de unidades no fluxo, utilização de recursos, tempo no estado, o tempo de atraso (*delay*), tempo no sistema, e assim por diante.

Da mesma forma, um estado do sistema define o estado das saídas do modelo (ou seja, tipos, quantidade, *mix*, especificações, processo de partida, destino, atributos, variabilidade entre outros).

Ainda de acordo com os autores é importante ressaltar, no contexto do ambiente de sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*, que uma atividade é uma tarefa executada em um modelo que tem uma duração de tempo especificado, idêntico ou similar ao sistema real. As atividades são apenas determinadas pelo estabelecimento de uma sequência de operações necessárias para processar uma entidade.

Exemplos de tais operações incluem o recebimento, o direcionamento dos materiais para os processos de fabricação requeridos, de acordo com os roteiros de fabricação pré-definidos, a transferência dos materiais entre os processos de fabricação, entre outras.

Tais atividades, como, por exemplo, processar a entidade (valor adicionado), cortar e usinar, ou indiretamente, a manipulação de material envolvendo inspeção e atividades de armazenamento (sem valor agregado) fazem parte dos eventos inseridos no contexto do processo de manufatura a ser simulado, no caso de uma indústria de manufatura.

Contudo, atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor podem ser identificadas com o uso da técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* mapeamento do fluxo de valor a qual auxilia no mapeamento dos processos de fabricação e manuseio dos materiais, que muitas vezes inclui uma sequência de todas as atividades ou operações necessárias para processar uma entidade no sistema real, e que juntamente com as especificações e a classificação dos diferentes tipos de operações serve como guia para a construção do modelo de simulação.

Um diagrama de processo frequentemente classifica as operações a serem executadas, define o transporte e a rota, os estoques, atrasos (*delay*) e os controles existentes.

Do mesmo modo, as atividades de um modelo de simulação de eventos discretos podem ser classificadas para proporcionar uma melhor compreensão do fluxo de processo e de um conhecimento mais profundo das operações relacionadas.

El-Haik *et al* (2006) classificam as atividades do sistema de simulação de eventos discretos em atividades de valor adicionado (*Value added – VA*) e atividades que não adicionam valor (*Non value added – NVA*), como:

1. **Atividades que adicionam valor (VA).** Valor é adicionado através de atividades que transformam as características de uma entidade de uma forma para outra. O valor é definido pelo cliente. Ao fazer alterações nas entidades tais atividades aumentam seus valores. Assim, o preço de uma tonelada de aço estrutural conformado é muito mais elevado do que o preço de uma tonelada de tarugos de aço. Tarugos de aço são aquecidos, conformados, arrefecidos, arrefecidos e cortados antes de tornar aço estrutural conformado. Estas operações gradualmente aumentam o valor de entidades de aço.

2. **Atividades que não adicionam valor (NVA).** Muitas operações realizadas em entidades não podem agregar valor a elas, mas são necessárias para completar o processo. Atividades como transporte e operações de transferência dos materiais, armazenagem e atrasos (*delay*) dos materiais no fluxo de produção, assim como as inspeções de controle de qualidade podem ser inerentes ao fluxo de produção, mas não agregam valor ao produto ou entidade sendo que algumas não podem ser eliminadas, embora possam ser minimizadas quanto ao tempo despendido e outras a partir de um estudo da operação do sistema podem ser eliminadas com o desenvolvimento de projetos de melhoria os quais podem estar apoiados na sua concepção pelo uso da simulação de eventos discretos.

El-Haik *et al* (2006) também ressaltam a importância da mensuração correta da duração do tempo das atividades a serem executadas no sistema podendo ser especificada de três formas, dependendo da natureza da atividade:

1. **Tempo de duração fixa.** Tempo atribuído a uma atividade tem um valor fixo, e não possui nenhuma variabilidade. Exemplos típicos incluem os tempos de ciclo fixados em operações automáticas como usinagem CNC, tempos de parada previstos, e operações de indexação cronometrada.
2. **Tempo de duração probabilística.** O tempo atribuído, neste caso, incorpora aleatoriedade e variabilidade, daí, as mudanças de tempo de atividade de uma entidade para outra.
3. **Fórmula baseada em tempo de duração.** Neste caso, o tempo de atividade é calculado utilizando uma expressão que contempla determinadas variáveis do sistema que relacionadas a partir da expressão definem o tempo de duração.

Há também que considerar que um atraso (*delay*) durante a execução do modelo de simulação de eventos discretos de um sistema de manufatura é uma atividade que ocorre dentro do sistema, mas não têm uma duração de tempo especificado na maioria dos casos, podendo em casos pontuais ser dimensionado, por exemplo, no caso de modelos de simulação de eventos discretos em que atrasos (*delay*) são conhecidos entre determinados processos de fabricação, e podem ser definidos previamente a partir de blocos específicos do *template* de um *software* de simulação pode ser definido como *Delay*, o qual deve ser parametrizado.

A duração é determinada durante o tempo de execução com base em interações dinâmicas e lógicas entre os elementos do sistema.

Exemplos incluem o tempo de espera, atrasos (*delay*) no sequenciamento de uma unidade da entidade, de acordo com o seu roteiro de fabricação, e os atrasos (*delay*) causados pelo projeto lógico. Medindo os atrasos, assim como acumulando o tempo relacionado as ocorrências de atraso (*delay*) é a principal vantagem dos modelos de simulação de eventos discretos.

Segundo El-Haik *et al* (2006) a lógica do sistema deve controlar o desempenho de atividades no tempo, assim como a localização e o método de sua execução.

Há disponível no mercado pacotes de *softwares* de simulação de eventos discretos que permite a definição de rotas de movimentação baseadas em regras de movimentação como, por exemplo, rotas alternativas para entidades de simulação.

Os *softwares* também fornecem um conjunto de *sintaxes* ou biblioteca de funções já escritas para programar a lógica do modelo, específicas para cada ambiente de chão de fábrica e funcionalidade desejada.

El-Haik *et al* (2006) ressalta que independente da linguagem de programação usada para a construção do código, o qual deve conter a lógica de simulação, é fundamental o desenvolvimento de um fluxograma do projeto lógico que deve traduzir o projeto lógico em código como exposto, utilizando a sintaxe do *software*.

Nesse caso a lógica de simulação é tipicamente desenvolvida para imitar a lógica do mundo real operacional, a qual depende de uma profunda compreensão do sistema real e a prática da produção de acordo com os processos de fabricação do sistema real tornando-se um ingrediente essencial para o desenvolvimento da lógica de simulação que deve ser fiel ao sistema real.

El-Haik *et al* (2006) reforçam que os modelos de simulação de eventos discretos são dinâmicos com eventos dirigidos, discretos no tempo, estocástico (aleatório e probabilístico), e consequentemente animado por computador. Tais características são estabelecidas no modelo de simulação de eventos discretos com base em certos mecanismos.

Os autores definem como principais mecanismos da simulação de eventos discretos a criação e a atualização de uma lista de eventos como o mecanismo de avanço do tempo, a capacidade de apontamento de distribuições de probabilidade com geração de números aleatórios, a capacidade de acumular estatísticas sobre o tempo de execução e o poder de duas ou três dimensões de representação gráfica dinâmica, com mecanismo de animação.

El-Haik *et al* (2006) apontam que estes mecanismos representam a espinha dorsal da funcionalidade da simulação de eventos discretos do *software* de simulação de eventos discretos, uma vez que são fundamentais para a criação de modelos operacionais.

Embora haja na literatura e no mercado de pacotes de *softwares* de simulação diferentes métodos e algoritmos para implementar esses mecanismos, com relação às funcionalidades necessárias ao processo de simulação de eventos discretos, é comum, independente do *software* de simulação de eventos discretos adotado o uso de funcionalidades padrão à criação de uma lista de eventos executados a partir do avanço do relógio da simulação (*event-driven* – eventos dirigidos).

Os registros da evolução do tempo devem ser atualizados na lista de eventos que devem ocorrer, assim como manter a atualização de estatísticas pertinentes e a verificação da rescisão do modelo, o que torna o ambiente de simulação complexo dependendo do sistema de manufatura a ser simulado.

El-Haik *et al* (2006) alertam para o cuidado na construção e execução dos modelos de simulação de eventos discretos quanto à importância da precisão do modelo quanto a sua similaridade com o sistema de manufatura ou de serviços do mundo real estudado o que exige distribuições de probabilidade representativas.

Caso contrário, um estado de equilíbrio não pode ser alcançado e resultados equivocados não auxiliam em nada no estudo que se pretende realizar, como por exemplo, desenvolver o mapa de fluxo de valor futuro em um ambiente de produção em que o gestor pretende torná-lo *Lean Manufacturing*.

A definição dos parâmetros de simulação na modelagem pode ser como a seguir:

***Entity.VATime*** - valor adicionado relacionado à entidade – atributo de tempo. O atributo da entidade nesse caso deve armazenar o tempo total acumulado em processos e atrasos designados como Valor Adicionado. Quando as estatísticas da entidade são registradas, este atributo é usado para determinar o valor total adicionado no tempo acumulado por esta entidade.

***Entity.NVATime*** - entidade sem valor adicionado – atributo de tempo. O atributo da entidade nesse caso deve armazenar o tempo total acumulado em processos e atrasos designados como sem valor adicionado. Quando as estatísticas de entidade são registradas este atributo é utilizado para determinar o tempo de não valor acrescentado total acumulado por esta entidade.

***Entity.WaitTime*** – tempo de espera da entidade – atributo de tempo. O atributo da entidade deve armazenar o tempo total acumulado em filas (áreas de espera), bem como os processos e atrasos designados como de espera. Quando as estatísticas de entidade são registradas este atributo é utilizado para determinar o tempo de espera acumulado por esta entidade.

**Atributos de tempo complementares** – são atributos de tempo criados com base nas definições das opções de estatísticas que podem ser configuradas como parâmetros de projeto no formato de diálogo do *software* utilizado. Esses atributos são habilitados quando necessário no processo de avaliação dos resultados finais do modelo com o propósito de disponibilizar estatísticas do processo ou estatísticas das entidades não habilitadas, esses atributos serão criados automaticamente caso habilitados.

***Entity.CreateTime*** – tempo de criação da entidade – atributo de tempo de criação. Este atributo é definido no momento em que o sistema (*TNOW*) gera um *input* da entidade, ou seja, o momento em que a entidade é criada pela primeira vez. Este atributo é mais usado no cálculo do tempo de permanência da entidade no sistema ou tempo de ciclo.

***Entity.StartTime*** – tempo de início do processamento da entidade. É o registro do tempo em que uma entidade iniciou a sua atividade atual. Por exemplo, uma entidade ativa, tem sempre o mesmo *TNOW*. No momento em que a entidade se encontra em uma restrição do fluxo (atraso – *delay*) ou fila, este será o momento em que a entidade deu início ao seu registro de atraso ou de fila. Este registro é usado internamente para o cálculo do tempo de duração ou tempo de permanência da entidade no sistema (*Lead Time* de manufatura).

***Entity.TranTime*** – tempo de transferência da entidade – atributo tempo de transferência. O atributo deve armazenar o tempo total acumulado em transferências, bem como processos e atrasos designados como transferência dos materiais a serem processados no sistema. Quando as estatísticas da entidade são registradas, este atributo é usado para determinar o tempo de transferência total acumulado por esta entidade.

***Entity.OtherTime*** – outras modalidades de tempos relacionados no processamento da entidade – atributo de tempo. O atributo deve armazenar o tempo total acumulado em processos e atrasos designados como outros ou com nenhuma categoria designada. Quando as estatísticas da entidade são registradas, este atributo é usado para determinar ou mensurar qualquer outro tipo de tempo total acumulado por esta entidade. Esta categoria pode ser usada quando for necessário registrar qualquer tipo de tempo no sistema que deve ser considerado em separado de uma das quatro categorias padrão acima.

### 2.3.1 Mecanismo de simulação de eventos discretos

De acordo com El-Haik *et al* (2006) eventos que ocorrem em um modelo de simulação são discretos, uma vez que ocorrem em pontos discretos no tempo. Nesse caso a funcionalidade no escopo da simulação de eventos discretos é, portanto, baseada na criação de uma lista de eventos e execução desses eventos em ordem cronológica.

Os autores demonstram que tal funcionalidade é baseada em um evento discreto e executada a partir de mecanismo específico de evolução ou cumprimento do processo de realização do evento no tempo. Podemos considerar, contudo, segundo os autores que o mecanismo de eventos discretos é a característica mais marcante de modelos de simulação de eventos discretos lembrando que um evento pode ser considerado como uma condição específica da operação de um sistema de manufatura, como, por exemplo, uma determinada operação que resulta na alteração do estado atual do modelo e que representa o sistema de manufatura real de forma instantânea de acordo com o estado em que o sistema se encontra, e é representado por um conjunto de variáveis de estado, que descrevem o estado do sistema em um determinado momento como consequência da execução de eventos realizados anteriormente, e que pode ser considerado como finalizado quando nenhum outro evento previsto a partir do roteiro de fabricação da entidade é esperado ou definido para a obtenção do produto acabado.

Evidentemente há um intervalo de tempo entre a chegada e a partida de entidades em cada processo existente ao longo do fluxo de produção, desde que contemplado no roteiro de fabricação da entidade tal como a chegada de matéria prima ou produto acabado em um sistema de manufatura e clientes em um sistema de prestação de serviço. Ambos os casos caracteriza a realização de um evento que pode alterar o estado da entidade em um sistema de produção ou de uma estação de prestação de um determinado serviço.

Nesse caso o modelo deve manter os registros das informações ou dados sobre os tipos de eventos e seus tempos de ocorrência agendados que são armazenados em uma lista de eventos (EL), segundo EL-HAIK *et al* (2006).

Os autores mencionam que uma lista de eventos deve compreender um conjunto de eventos (E) e seu respectivo tempo de execução (T) que pode ser expresso de acordo com a equação 2.1.

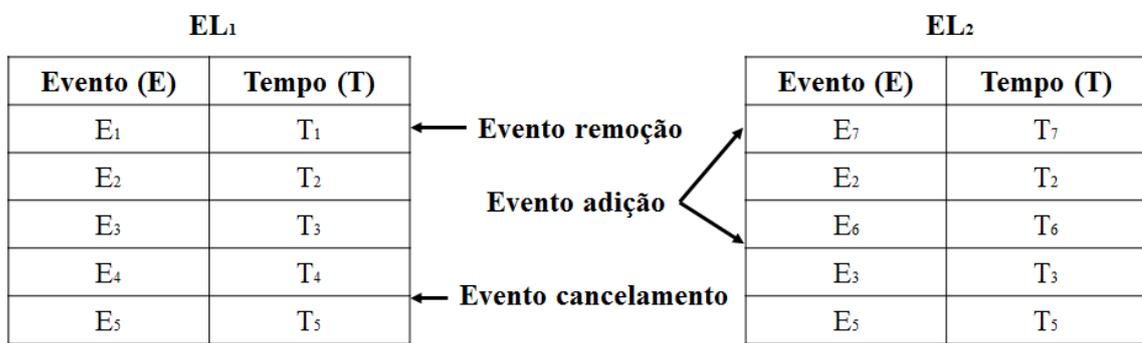
$$EL = \{(E_1, T_1), (E_2, T_2), (E_3, T_3) \dots, (E_n, T_n)\} \quad (2.1)$$

Os autores reforçam que em cada ocorrência do evento duas ações ocorrem no modelo: a lista de evento é atualizada em termos de conteúdo e de tempo, e as estatísticas coletadas são atualizadas.

Após a ocorrência de um evento, o evento executado é removido da lista e o próximo acontecimento iminente é transferido para o topo da lista. Outros eventos podem entrar ou sair da lista em conformidade.

A atualização da lista de eventos inclui duas operações principais de acordo com a Figura 2.2.

Figura 2.2 – Operações da lista de eventos. Fonte: El-Haik *et al* (2006).



Como descrito na Figura 2 (El-Haik *et al* (2006)) há duas operações principais:

1. **Remoção do evento.** Após a ocorrência de um evento, a lista pode ser atualizada através da remoção de um ou mais eventos da lista, resultando em alteração da ordem cronológica de execução do evento. Alguns eventos podem ser excluídos da lista antes de sua execução. Um evento pode ser suprimido por várias razões: por exemplo, quando da ocorrência de um evento impede a ocorrência de outro. A remoção do evento pode ocorrer em dois locais em uma mesma lista de evento. Por exemplo, o evento E<sub>1</sub> na Figura 2.2 foi processado, daí o evento é removido do topo da lista de eventos de acordo com a atualização da lista representada pela lista de eventos 2.
2. **Adição do evento.** De qualquer outro local dentro da lista de eventos. Quando um evento é removido a partir de qualquer outro local na lista de eventos outro evento, em seguida, é transferido para a parte superior da lista, e é cancelado como, por exemplo, o evento 4 da lista de eventos 1 é removido e não aparece na lista de eventos 2.

Na sequência após a ocorrência de um evento a lista de eventos é atualizada pela adição de um ou mais eventos para a lista, o que resulta na alteração da ordem cronológica de execução dos eventos.

Há casos em que o evento pode ocorrer em dois locais distintos em uma lista de eventos, como por exemplo, o evento 7 que não consta na lista de eventos 1 da Figura 2.2 e ao ser relacionado na lista de eventos 2 aparece no topo da lista devendo ser processado em primeiro lugar.

Deste modo, com o mecanismo de evento discreto, um sistema de simulação de eventos discretos deve progredir ao longo do tempo a partir de um evento para outro, em vez de mudar continuamente.

Segundo El-Haik *et al* (2006) muitos sistemas do mundo real como, por exemplo, indústria de manufatura opera de forma discreta (transação ou baseado em evento), uma vez que estes sistemas envolvem na grande maioria dos casos as filas de espera, um mecanismo simples que caracteriza um evento discreto muitas vezes modelado a partir de modelos construídos com base no fundamento da teoria das filas.

Contudo, os autores afirmam que a simulação de eventos discretos pode ser considerada como redes de filas que podem ou não ser passíveis da aplicação ou do estudo da teoria de filas.

Eventos discretos ocorrem no modelo de simulação de modo similar à maneira como eles ocorrem no sistema de filas (chegada e partida dos acontecimentos).

O tempo é acumulado sobre a ocorrência de eventos em pontos discretos no tempo. Essa visão dos autores baseados na literatura de simulação de eventos discretos resulta em uma forma computacionalmente eficiente de representar o tempo, além da capacidade de representar o tempo de uma forma orientada a eventos, o que representa o maior benefício da simulação de eventos discretos, uma vez que capta o comportamento dinâmico do mundo real da produção.

### **2.3.2 Mecanismo de Avanço do Tempo**

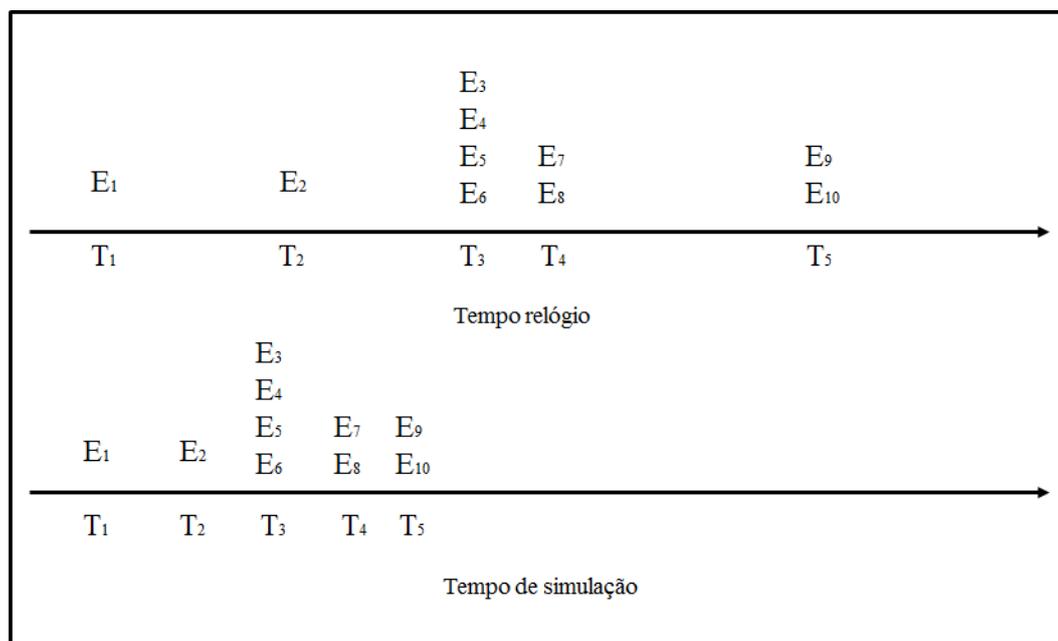
No intervalo do tempo de execução da simulação o modelo deve contemplar os registros associados com os acontecimentos distintos que envolvem o sistema de manufatura ou de serviços o qual representa, caracterizando momentos distintos de execução de acordo com os tempos que compõe o intervalo:  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ .

O mecanismo de avanço do tempo em um modelo de simulação de eventos discretos é mantido através de uma simulação em tempo variável de relógio. Segundo El-Haik *et al* (2006) esta variável é atualizada através do evento do próximo mecanismo de avanço do tempo que é realizado, nesse caso o relógio da simulação avança para a hora do evento mais iminente na lista de eventos.

Como exposto por El-Haik *et al* (2006), no exemplo da Figura 2.3, a partir de uma lista de 10 eventos ( $E_1, E_2, E_3, \dots, E_{10}$ ) cronologicamente ordenada de acordo com o eixo do tempo  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_{10}$  os eventos alternam-se de posição de acordo com o avanço do tempo de execução do modelo e o tempo é ajustado diferentemente do sistema real. Os autores demonstram, contudo, que os períodos de tempo entre os eventos (por exemplo,  $E_1$  e  $E_2$ ) são ignorados quando se executa o modelo, o que resultou num tempo de simulação compactado.

Assim, o tempo total necessário para processar os 10 eventos no modelo de simulação de eventos discretos computacionalmente é muito mais curto do que o tempo real do relógio.

Figura 2.3 – Demonstração do avanço do tempo na simulação de eventos discretos. Fonte: El-Haik *et al* (2006)



De acordo com a Figura 2.3 o mecanismo de avanço do tempo descrito por El-Haik *et al* (2006) defini um procedimento em que se nenhum evento está ocorrendo em um intervalo de tempo não há necessidade de se observar o modelo e as estatísticas de atualização, de modo que o tempo indicado para a execução não é registrado, pois não há evento programado sendo simplesmente desprezado e o modelo parte para o próximo evento agendado na lista de eventos para ser executado.

O processo de eventos dirigidos registra os tempos gastos com a realização de cada evento continuamente de acordo com os parâmetros de execução do modelo, até que alguma condição de parada deve ser satisfeita.

## 2.4 Técnicas de simulação

Abdullah *et al* (2007) avaliam que prever os níveis de inventário ao longo do fluxo de produção de um sistema de manufatura é um processo geralmente impossível com apenas a concepção do mapa de fluxo de valor atual, uma vez que um modelo estático não permite observar como os níveis de estoque podem variar para diferentes cenários ou momentos da operação *in loco* do sistema.

Os autores ressaltam que de um modo geral, faz-se necessário o uso de uma ferramenta complementar ao VSM (mapeamento do fluxo de valor) que possa quantificar os ganhos durante o planejamento inicial do projeto de melhoria a ser adotado e a relação custo benefício.

Com esse propósito uma ferramenta ou um *software* de simulação pode obviamente auxiliar, a partir dos recursos de computação e modelo estatístico adotado, na avaliação do desempenho do sistema de manufatura anterior à decisão de investimentos a serem realizados, quando necessários, para revitalizar a produção.

Um modelo de simulação quando reproduz a operação de um sistema de manufatura real permite criar cenários com alteração das variáveis de processo de modo aleatório permanecendo flexível para a avaliação de detalhes específicos da organização que na maioria dos casos não é possível avaliar no mapa de fluxo de valor, que se mantém estático.

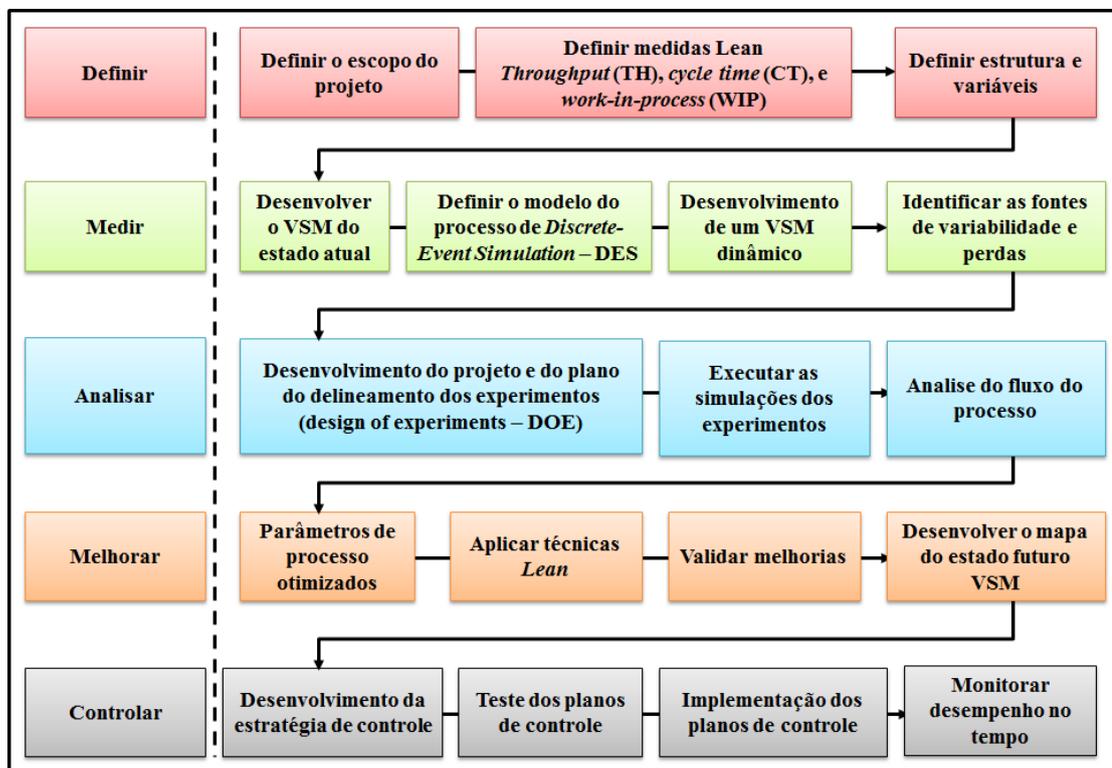
Contudo, a simulação pode ser útil para lidar com a incerteza dos resultados a serem alcançados a partir das mudanças no processo a serem implantadas, além de permitir criar ou estabelecer a dinâmica do sistema a partir de um número maior de pontos de vista dos níveis de estoque, prazos de entrega e de utilização dos diferentes recursos de manufatura na elaboração do mapa do estado futuro.

Segundo Abdulmalek *et al* (2007) a flexibilidade inerente à simulação dos processos de manufatura permite a quantificação do retorno em termos de resultado que podem ser alcançados a partir dos princípios da manufatura enxuta, e o impacto das mudanças a serem realizadas no sistema de manufatura como um todo o qual pode ser feito no processo de simulação anterior a decisão de implantar as modificações *in loco*.

Nesse universo, conseqüentemente, é importante ressaltar que os problemas de otimização de sistemas de produção abordados com simulação computacional podem também fazer uso de técnicas metaheurísticas de modelagem computacional, e que problemas desta natureza são considerados muitas vezes problema *NP-Hard* e normalmente muito difícil de resolver. A simulação de eventos discretos (*Discrete Event Simulation* – DES) busca definir o equilíbrio entre as variáveis de modo a não onerar o custo do sistema de manufatura, assim como o uso das técnicas metaheurísticas.

El-Haik *et al* (2006) fornecem um roteiro para o uso da simulação de eventos discretos para a melhoria dos processos de fabricação de acordo com a Figura 2.4.

Figura 2.4 - Fluxo do processo de construção do modelo de simulação. Fonte: El-Haik *and* Al-Aomar (2006: p.201).



Abdulmalek *et al* (2007) também destacam que as informações fornecidas pela simulação pode permitir ao gestor comparar o desempenho esperado do sistema *Lean* a ser concebido em relação ao sistema atual. Contudo, há diversas técnicas de simulação de uso mundial, desde o uso de *softwares* de mercado específicos para a simulação de eventos discretos até o uso de técnicas metaheurísticas, como exposto, desenvolvidas para esse fim e aplicadas a partir do uso de códigos desenvolvidos com o uso de linguagens de programação computacional específicas, de acordo com a lógica de simulação a ser aplicada.

### 2.4.1 *Simulated annealing*

Entre as principais técnicas metaheurísticas de otimização encontra-se a *Simulated annealing* de busca local probabilística fundamentada por analogia a teoria da termodinâmica que, a partir da variação de temperatura de um sólido, similar ao tratamento térmico de recozimento (*annealing*), por exemplo, de um aço carbono, busca um estado de baixa energia a partir de um resfriamento térmico ao ar livre permitindo um rearranjo atômico o mais uniforme possível do material sem a presença de tensões atômicas, até um estado de baixa energia a temperatura ambiente.

O procedimento de homogeneização da estrutura atômica de uma peça de aço carbono consiste de um processo térmico o qual compreende duas etapas:

- 1) A temperatura do sólido deve ser aumentada a uma temperatura de 1.100°C que é a temperatura de início de transformação da austenita em ferrita, de acordo com o diagrama ferro carbono desse tipo de aço, e
- 2) Na sequência, após um tempo de permanência a temperatura de 1.100°C, a ser definido tecnicamente em função do tamanho da peça e das condições originais da estrutura atômica do material, o resfriamento deve ser realizado lentamente até que o material se solidifique normalmente ao ar livre sendo acompanhado e controlado esse arrefecimento. Nesta segunda fase, executada lentamente, os átomos que compõem o material organizam-se numa estrutura uniforme com energia mínima.

Esse tipo de tratamento térmico provoca inicialmente o ganho de energia para que os átomos do material ganhem mobilidade e passe a se movimentarem livremente na primeira etapa e, ao arrefecer (resfriar) de forma controlada, o procedimento permite aos átomos da estrutura uma condição térmica capaz de induzi-los a se organizarem numa configuração atômica com menor energia interna, a fim de obter, como resultado prático, uma significativa redução dos prováveis defeitos do material obtidos por algum processo anterior, como por exemplo, um processo de soldagem. Basicamente o procedimento térmico descrito busca controlar um  $\Delta$  de energia dentro de um limite mínimo  $\rightarrow$  máximo em função da variável temperatura.

O algoritmo desenvolvido a partir da técnica *Simulated annealing* busca substituir uma solução atual por uma solução próxima local dentro de um universo de soluções, selecionada de acordo com uma função objetivo considerando como variável por analogia, a temperatura no caso da analogia para um sistema de manufatura.

Basicamente a metaheurística proposta tem início na busca de uma melhor solução a partir de uma solução inicial qualquer, que a partir do procedimento principal de busca de uma melhor solução o faz aleatoriamente, de modo que em cada iteração, possa definir um único vizinho  $s'$  da solução corrente  $s$ . Nesse caso, considera-se a cada geração de um novo vizinho  $s'$  de  $s$ , uma variação  $\Delta$  do valor da função objetivo que deve ser testada, isto é,  $\Delta = f(s') - f(s)$ .

Na análise é possível considerar três possibilidades:

- 1)  $\Delta < 0$ : há uma redução de energia, a qual implica que a nova solução é melhor que a anterior. O método aceita a solução e  $s'$  passa a ser a nova solução corrente.
- 2)  $\Delta = 0$ : caso de estabilidade, não havendo redução de energia. Na verdade, situação pouco provável de acontecer na prática. A aceitação da solução é, portanto, indiferente.
- 3)  $\Delta \geq 0$ : houve um aumento do estado de energia. A aceitação desse tipo de solução é mais provável a altas temperaturas e bastante improvável a temperaturas reduzidas. Para reproduzir essas características, geralmente usa-se, para calcular a probabilidade de se aceitar a nova solução uma função conhecida por fator de **Boltzmann**, de acordo com a equação 2.2.

$$e^{\left(-\frac{\Delta}{T}\right)} \quad (2.2)$$

onde  $T$  é um parâmetro do método, chamado de temperatura e que regula a probabilidade de soluções com pior custo. Nesse caso normalmente gera-se um número aleatório retirado de uma distribuição uniforme no intervalo  $[0, 1]$ , e:

- 1) Caso o número for menor ou igual a “p”, aceita-se a solução.
- 2) Caso o número for maior que “p”, rejeita-se a solução.

Contudo, a temperatura  $T$  deve assumir no início do procedimento um valor  $T_0$  elevado que a partir de um número pré-definido de iterações, de acordo com o número de iterações necessárias para o sistema atingir o equilíbrio térmico em uma dada temperatura, a temperatura é gradativamente reduzida por uma razão de resfriamento  $\alpha$ , de acordo com a equação 2.3.

$$T_n \leftarrow \alpha \times T_{n-1}, \text{ sendo } 0 < \alpha < 1 \quad (2.3)$$

É relevante considerar o fato de que, como esse procedimento se dá no início, aumenta a chance de se escapar de mínimos locais e, à medida que T se aproxima de zero, o algoritmo se comporta como o método de descida, uma vez que diminui a probabilidade de se aceitar movimentos que possa piorar a condição de acordo com a equação 2,4.

$$T \rightarrow 0 \rightarrow e^{\left(-\frac{\Delta}{T}\right)} \rightarrow 0 \quad (2.4)$$

O procedimento adotado na metaheurística *Simulated annealing* termina no momento em que a redução da temperatura atinge um valor próximo de zero e não mais é encontrada uma nova solução que torne o valor da melhor solução encontrada, até então inferior quanto ao resultado da função objetivo encontrado, e a solução anterior tida como a solução ótima não seja mais aceita.

A melhor solução refere-se ao estado em que o sistema deve encontrar-se estável o que significa que o procedimento encontrou um mínimo local.

Al-Aomar (2011) demonstra a aplicação de uma equação para a metaheurística *Simulated annealing* com o uso da constante K de Boltzmann, de acordo com a equação 2.5.

$$\rho(\Delta E) = \exp\left(\frac{-\Delta E}{KT}\right) \quad (2.5)$$

A redução da temperatura T também segue a equação 2.3 de acordo com a taxa  $\alpha$  a ser definida. Al-Aomar (2011) destaca que na literatura há diferentes métodos que podem ser usados para reduzir a temperatura T no processo de resfriamento.

A taxa de resfriamento  $\alpha$ , de acordo com a literatura, deve compreender  $\alpha \in [0,1]$  de modo que o controle da taxa a qual a temperatura é reduzida requer que valores próximos ao limite superior (tipicamente entre 0,70 e 0,99) deve produzir melhores resultados a partir de um resfriamento o mais lento possível.

Nesse caso um intervalo maior entre a temperatura inicial e a final (maior número de iterações n) também irá produzir uma taxa de arrefecimento (resfriamento) mais lenta com um  $\alpha$  fixo, permitindo que o sistema se estabilize quando atingir a temperatura mínima.

A diferença entre a equação 2.1 e 2.4 é que a redução da temperatura  $T$  resulta na redução da probabilidade de Boltzmann para aceitação de soluções piores (aquelas com maior energia ( $E$ )).

O autor define como parâmetros de controle a temperatura inicial ( $T_S$ ), parâmetro de resfriamento ( $\alpha$ ), número de etapas que deve decrementar a temperatura ( $S$ ) no processo de resfriamento e o número máximo de iterações ( $n$ ) para cada etapa relacionada ao processo de decrementar a temperatura ( $T$ ).

Al-Aomar (2011) destaca também que a temperatura ( $T$ ) a qual é modulada por um determinado plano de resfriamento controla o grau de aleatoriedade presente dentro da pesquisa.

O autor menciona também a importância do processo de determinação da temperatura inicial ( $T_S$ ) para um problema específico a qual depende do dimensionamento da função objetivo.

Al-Aomar (2011) aponta que geralmente,  $T_S$ , deve ser alto o suficiente para permitir à pesquisa direcionar o processo de busca para qualquer estado vizinho em condição de evitar a possibilidade do resultado da pesquisa se manter preso em locais ótimos.

Neste caso a pesquisa irá procurar uma convergência da temperatura inicial ( $T_S$ ) para o mínimo local para o fim do cálculo, quando a temperatura  $T$  é quase zero.

#### **2.4.1.1 Considerações do *Simulated annealing***

Podemos concluir quanto a metaheurística *Simulated Annealing* (SA) que a combinação equilibrada da taxa de arrefecimento ( $\alpha$ ) e o limite de variação da temperatura a ser considerado define o tempo de arrefecimento (resfriamento) e conseqüentemente o plano de arrefecimento da metaheurística SA caracterizado por  $n$ . Nesse caso o plano de arrefecimento é altamente dependente do problema específico pesquisado tendo um impacto considerável na qualidade da solução a ser encontrada. Há trabalhos na literatura em que o plano de arrefecimento usado em uma metaheurística SA é definido a partir da aplicação de uma programação logarítmica.

Contudo, é importante ressaltar que planos de arrefecimento na metaheurística SA que buscam decrementar lentamente a temperatura, embora aumente o tempo de computação, garante uma maior chance de encontrar a melhor solução.

Por fim é relevante lembrar a importância de se definir com critérios claros e coerentes os parâmetros da metaheurística SA a partir do problema específico pesquisado e que uma solução inicial é gerada aleatoriamente, utilizada como a primeira solução.

Durante o processo tanto a solução inicial como as soluções futuras a serem encontradas devem ser avaliadas a partir dos resultados obtidos na função objetivo de acordo com o mapa de fluxo de valor atual, como referência em pesquisas que buscam tornar um sistema de manufatura tradicional em um sistema de manufatura *Lean*.

Por analogia a função que define o fluxo de valor do mapa é análoga ao valor de energia (E) da termodinâmica, onde valor superior (energia inferior) implica um maior estado de equilíbrio térmico. Al-Aomar (2011) destaca que deste modo, qualquer mudança de energia ( $\Delta E$ ) é medida em cada solução avaliada e a solução é aceita se  $\Delta E < 0$ .

O critério de Boltzmann, contudo, considerado como parâmetro de decisão da aceitação ou não de uma determinada solução é empregado considerando um valor aleatório  $R \in [0,1]$  que deve ser gerado e comparado com a probabilidade de aceitação da solução de Boltzmann  $p(\Delta E)$ . Se  $R \leq p(\Delta E)$ , a nova solução é aceita e solução atual é atualizada.

Caso contrário, outra solução deve ser gerada como consequência da necessidade da execução do procedimento de busca da solução ótima a ser encontrada.

Rivera *apud* Lanza (2012) menciona que a simulação de eventos discretos tem sido aplicada em conjunto com o método de busca direta *Simulated Annealing*, a fim de desenvolver um modelo de simulação o mais próximo possível da operação de um sistema de produção real, estudado a partir de medidas de desempenho de sistemas *Lean Manufacturing*.

Abdulmalek *apud* Lanza (2012) faz uso de modelos de simulação para comparar cenários antes e após a implementação de métodos enxutos em sistemas de manufatura, mostrando os benefícios potenciais de melhorias de processo confirmadas a partir da simulação de eventos discretos.

## 2.5 Medidas de Desempenho

Lu *et al* (2012) afirmam que na prática do mundo real, os tomadores de decisão sempre precisam de mais evidências quantitativas para implementar ideias *Lean*.

Contudo, no universo da manufatura *Lean* a Simulação computacional de eventos discretos é usada para estudos pontuais dos processos de fabricação através de um modelo de simulação que represente fielmente durante o processo de simulação a operação da fábrica no mundo real.

O modelo pode representar o fluxo de produção de uma família de produtos do *mix* de produtos com o processo de fabricação demonstrado no mapa do fluxo de valor atual, o qual é o ponto de partida para a concepção do mapa de fluxo de valor futuro a ser validado, quanto a sua exequibilidade de acordo com os resultados da simulação, bem como a avaliação de cenários alternativos estratégicos que se pretende a partir da proposta do mapa futuro.

Estes resultados de simulação podem permitir a equipe responsável pela tomada de decisão do que fazer quanto a adequar o fluxo de produção com base na necessidade de desempenho da organização e de parâmetros mínimos de operação que possam permitir viabilizar o negócio, comparando o desempenho esperado do sistema enxuto a ser idealizado, por exemplo, a partir de cenários alternativos.

O processo de decisão nesse contexto envolve problemas de alta complexidade que podem ser abordados a partir de um processo de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Making*) que na grande maioria das vezes não é simples de resolver.

A decisão multicritério, no entanto, deve fazer uso de critérios de decisão claros que possam ser medidos quanto a interferência nos resultados finais do modelo, podendo ser definidos a partir de atributos da operação da manufatura que no ambiente *Lean Manufacturing*, normalmente são:

1. *Throughput* (Produtividade);
2. *Lead Time* (tempo de permanência da matéria prima na fábrica);
3. *Setup* (tempo de preparação da máquina);
4. *Wait Time* (tempo de espera);
5. *Work in Process* (estoque em processo).

A partir da definição dos atributos e da caracterização do sistema de produção quanto a sua complexidade e variabilidade de processo, o próximo passo é elaborar o plano de simulação o qual deve indicar o número de cenários que deve conter o plano.

O número de cenários depende das possibilidades de combinação das alterações dos atributos que deve ocorrer de acordo com critérios adotados a partir do mapa de valor agregado atual, o que permite identificar as restrições do sistema de produção a serem minimizadas ou eliminadas do processo, com base em modificações exequíveis no mundo real.

A literatura indica um número de replicações maior do que 15, para cada cenário, o que depende dos resultados de cada simulação com base no número de replicações adotado, a fim de avaliar a precisão dos dados gerados quanto a sua variabilidade no processo de simulação.

Contudo, como notação matemática os resultados esperados podem ser definidos de acordo com os índices:

- 1)  $i$  = cenário (alternativa  $A_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ );
- 2)  $j$  = resultado (resultado da simulação  $y_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ );
- 3)  $k$  = replicação (o número da replicação do cenário  $y_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$ ).

Para cada cenário e para cada atributo uma matriz de decisão deve ser gerada, de acordo com a Tabela 2.2, sendo que cada resposta é identificada pelo índice “ $y_{ijk}$ ”.

Tabela 2.2 – Matriz de Decisão. Fonte: Próprio autor.

Cenário	Matriz de decisão do atributo <i>Throughput</i> (Produtividade)						
	Replicações						
	1	2	3	4	5	.....	N
1	$y_{111}$	$y_{121}$	$y_{131}$	$y_{141}$	$y_{151}$	.....	$y_{1n1}$
2	$y_{211}$	$y_{221}$	$y_{231}$	$y_{241}$	$y_{251}$	.....	$y_{2n1}$
3	$y_{311}$	$y_{321}$	$y_{331}$	$y_{341}$	$y_{351}$	.....	$y_{3n1}$
4	$y_{411}$	$y_{421}$	$y_{431}$	$y_{441}$	$y_{451}$	.....	$y_{4n1}$
5	$y_{511}$	$y_{521}$	$y_{531}$	$y_{541}$	$y_{551}$	.....	$y_{5n1}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
m	$y_{m11}$	$y_{m31}$	$y_{m31}$	$y_{m41}$	$y_{m51}$	.....	$y_{mnN}$

Para cada atributo uma matriz de decisão  $m \times N$  deve ser gerada com os resultados obtidos analisados de modo integrado, medindo a correlação entre os atributos medindo também o impacto dos atributos relacionados.

Nesse contexto, medir o desempenho dos atributos por cenário a ser simulado requer a definição de medidas de desempenho adequadas de modo que as análises dos resultados possam ser realizadas pontualmente, e correlacionadas com a interferência dos atributos entre os atributos e consequentemente no resultado da operação da manufatura como um todo, de modo integrado entre os processos de fabricação e não estanque.

Medidas de desempenho definem o equilíbrio ou não dos parâmetros do sistema de manufatura *Lean*, como por exemplo, o nível do WIP – *Work in Process* (estoque em processo) que muitas vezes é minimizado para reduzir o *Lead Time* e reduzir o custo do inventário, assim como estabelecer o direcionamento da demanda de acordo com um sistema de produção puxado.

Baixo nível de WIP pode também resultar consequentemente em uma produtividade menor, intervalos inesperados de produção e potenciais atrasos na entrega dos produtos acabados. Cabe, contudo a busca da maximização do uso dos recursos de manufatura a fim de atender a demanda e prevenir as perdas.

## **2.5.1 Principais medidas de desempenho aplicadas à simulação de eventos discretos quanto aos resultados alcançados por cenário**

### **2.5.1.1 Fórmula de *Little* e variabilidade de processo S/N**

Al-Aomar (2011) destaca o fato de que WIP nesse contexto muitas vezes acumula no processo e move-se no fluxo de produção aumentando o nível da quantidade de materiais no sistema impactando negativamente o fluxo de materiais a ser movimentado.

Entre as medidas de desempenho dos cenários podemos destacar duas:

- 1) Fórmula de *Little* (equação 2.6) a qual relaciona três medidas do *Lean*: WIP (*Work in Process*), CT (*Cycle Time*) e TH (*throughput*) de com Al-Aomar (2011) e Yang et al (2011).

$$WIP = CT \times TH \quad (2.6)$$

- 2) Fórmula da taxa S/N relacionando à média, desvio padrão e intervalo de confiança para cada medida *Lean* usando vários cenários de simulação a serem executados podendo ser usado para analisar o impacto da variabilidade das medidas *Lean*. A taxa (S/N) a qual pode ser definida como sinal de ruído é uma medida comumente usada em um *design* mais robusto para incorporar variabilidade nos resultados da simulação. Usando a média e o desvio padrão das várias simulações executadas, a taxa (S/N) para uma medida *Lean*, assim como a medida TH (*throughput*) é determinada de acordo com a equação 2.7.

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[ \frac{\bar{x}}{s} \right]^2 \quad (2.7)$$

### 2.5.1.2 Função perda da qualidade - Método Taguchi

Melhorar o desempenho de um processo de fabricação requer antes de tudo identificar os fatores controláveis (Atributos controláveis) do processo em estudo de modo a avaliar a interferência de cada atributo no processo de modo sistêmico, a fim de encontrar o equilíbrio entre os atributos relacionados minimizando as perdas e o custo operacional, como já exposto.

O método de Taguchi utilizado como medida de desempenho dos atributos de simulação computacional de eventos discretos adotado nesse trabalho, de acordo com Yang *et al* (2010), apoia o processo de ajuste dos atributos no seu nível ótimo dos processos de fabricação dos produtos que possam ser fabricados, uma vez que o cenário de simulação considerado ótimo é aplicado no mundo real de maneira a que se tornem os sistemas de produção mais robustos a toda e qualquer mudança que possa ocorrer.

Yang *et al* (2010) faz uso do processo de tomada de decisão de múltiplos atributos ou multi critérios MADM (*Multiple attribute decision-making*) para analisar e avaliar a melhor estratégia de implementação para o mapa do estado futuro de um ambiente de manufatura, que deve ser transformado em um sistema *Lean Manufacturing*. Com esse propósito o autor define um plano de experimentação computacional com base no método de Taguchi e da metodologia TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*) para resolver problemas MADM (*Multiple attribute decision-making*).

Segundo Yang *et al* (2010) a principal essência do método de análise híbrido TOPSIS e Taguchi é a função perda de qualidade da solução computacional. O autor destaca que o objetivo é transformar as medidas de desempenho de um cenário de simulação computacional a partir da interferência nos resultados correlacionados de um conjunto de atributos em perda de qualidade dos resultados a serem alcançados. Como exposto na Tabela 2.2 a função perda da qualidade definida por Taguchi é composta pelos seguintes parâmetros:

$L_{ij}$  – perda de qualidade;

$j^{\text{th}}$  – resposta do cenário da simulação;

$i^{\text{th}}$  – cenário da simulação;

$y_{ijk}$  – resultado da simulação para o cenário  $i^{\text{th}}$  e resposta  $j^{\text{th}}$ ;

$K^{\text{th}}$  – incerteza da demanda do cenário  $i^{\text{th}}$ ;

$N$  – número de cenários com demanda incerta.

Contudo, há atributos, como tempo de *setup*, tempo de espera (*wait time*), estoque em processo (*work in process*) e tempo de permanência no sistema de produção (*lead time*) que quanto menor melhor, de acordo com a equação 2.8.

$$L_{ij} = K_1 \times \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N Y_{ijk}^2 \quad (2.8)$$

Em contrapartida, atributos como, por exemplo, produtividade (*Throughput – lot/day*) quanto maior melhor de acordo com a equação 2.9.

$$L_{ij} = K_2 \times \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N \frac{1}{Y_{ijk}^2} \quad (2.9)$$

A constante  $K_1$  é definida de acordo com a equação 2.10 e a constante  $K_2$  de acordo com a equação 2.11.

$$K_1 = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \quad (2.10)$$

$$K_2 = A_0 \times \Delta_0^2 \quad (2.11)$$

A constante  $A_0$  é o ganho financeiro no caso da condição quanto maior melhor e  $A_0$  é a perda financeira quanto menor melhor.  $\Delta$  representa a variabilidade do atributo avaliado a qual interessa uma maior variabilidade para cima entre dois cenários quando a função é quanto maior melhor e interessa uma menor variabilidade para baixo ou  $\Delta$  reduzido quando a função é quanto menor melhor.

Yang *et al* (2010) propõe também a normalização das funções de perda transformando a função de perda quanto menor melhor para do tipo quanto maior melhor com o propósito de comparação durante a análise dos resultados computacionais a partir da equação 2.12.

$$x_{ij} = \frac{L_i^{max} - L_{ij}}{L_i^{max} - L_i^{min}} \quad (2.12)$$

onde  $x_{ij}$  ( $0 \leq x_{ij} \leq 1$ ) é a função perda normalizada para a  $i$ -ésima resposta do  $i$ -ésimo cenário. Há contudo, dois conjuntos da função perda:

$$(1) L_i^{max} = \max\{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{in}\}$$

$$(2) L_i^{min} = \min\{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{in}\}$$

O resultado  $x_{ij}$  é uma função do tipo quanto maior melhor.

Segundo Yang *et al* (2010) um problema MADM (*Multiple attribute decision-making*) com  $m$  alternativas que evoluem a partir da influência de  $n$  atributos pode ser visto como um sistema geométrico com  $m$  pontos localizados em  $n$  dimensões. No caso a metodologia TOPSIS desenvolvida por Hwang *and* Yoon (1981), baseada no conceito de que a alternativa escolhida deve ter a menor distância da solução ideal positiva e a maior distância da solução ideal negativa deve auxiliar o tomador de decisão na escolha do melhor cenário de simulação computacional, e conseqüentemente no melhor conjunto do nível de cada um dos atributos a serem definidos para a operação ótima do sistema de produção a se tornar um sistema *Lean Manufacturing*.

De acordo com Yang *et al* (2010) os termos usados no algoritmo desenvolvido podem ser definidos de acordo com a descrição a seguir.

**Atributos** – atributos ( $X_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ) deve influenciar os resultados alcançados na evolução operacional de um modelo de acordo com os níveis ou padrão de operação adotado para cada atributo, e conseqüentemente influenciar nos resultados ou função objetivo. Cada alternativa pode ser caracterizada por um número de atributos. Obviamente, atributos podem ser produtividade (*Throughput*), tempo de espera (*Wait time*), tempo de *setup*, estoque em processo (*Work in process*) e tempo de permanência na fábrica (*Lead Time*).

**Alternativas** – alternativas é sinônimo de opções ou prováveis candidatas a escolha de um processo de decisão. Alternativas ( $A_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ) são mutualmente exclusivas uma das outras.

**Matriz de decisão** – matriz de decisão de acordo com o escopo de um problema MADM (*Multiple attribute decision-making*) pode ser concisamente expressa em um formato de matriz de decisão, no qual colunas indicam atributos considerados em um determinado problema e linhas as alternativas competitivas ou cenários de acordo com a Tabela 2.2. No caso o elemento  $y_{ij}$  da matriz indica o desempenho da alternativa,  $A_i$ , com relação a um determinado atributo  $j$ ,  $X_j$ .

**Peso do atributo** – peso do atributo ( $w_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ) representa a importância relativa de cada atributo dos demais.

**Normalização** – normalização procura obter escalas comparáveis, as quais permitem comparar atributos. A normalização divide o valor de cada atributo por seu padrão para encontrar o valor normalizado de  $x_{ij}$  de acordo com a equação 2.13.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (2.13)$$

O procedimento definido a partir da metodologia TOPSIS, após a definição das variáveis relacionadas indica as etapas:

**Etapa 1** – calculo da normalização dos valores ou taxas dos atributos.

**Etapa 2** – calculo dos valores ou taxas dos atributos com a aplicação dos pesos normalizados.

A equação 2.14 mostra o processo de normalização a partir dos pesos definidos para cada atributo.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n. \quad (2.14)$$

**Etapa 3** – identificar as soluções ideais negativas e positivas.  $A^*$  e  $A^-$  são definidos em termos dos valores normalizados com os pesos separados em dois conjuntos de soluções prováveis positivas e negativas de acordo com as equações 2.15 e 2.16.

$$\begin{aligned} A^* &= \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \\ &= \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} A^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \\ &= \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Onde  $J_1$  representa o grupo de atributos benéficos ou quanto maior melhor e  $J_2$  representa o grupo de atributos que podem prejudicar o desempenho do sistema de produção ou atributos quanto menor melhor.

**Etapa 4** – cálculo das medidas de separação

A separação (distância) entre as alternativas pode ser medida através da distância Euclidiana de  $n$  dimensões. A separação de cada alternativa a partir de soluções ideais positivas,  $A^*$ , é determinada a partir da equação 2.17.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.17)$$

Similarmente, a separação a partir da solução ideal negativa,  $A^-$ , é determinado pela equação 2.18.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2.18)$$

**Etapa 5** – cálculo das similaridades da solução ideal de acordo com a equação 2.19.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* - S_i^-}, \quad i = 1, \dots, m \quad (2.19)$$

Note que  $0 \leq C_i^* \leq 1$ , onde  $C_i^* = 0$  quando  $A_i = A^-$ , e  $C_i^* = 1$  quando  $A_i = A^*$ .

**Etapa 6** – *Rank* das alternativas

Escolher as alternativas com  $C_i^*$  máximo ou *rank* de alternativas de acordo com  $C_i^*$  em ordem decrescente.

De acordo com Yang *et al* (2010) após a realização das etapas, cada cenário deve obter a combinação ótima dos fatores ou atributos. O procedimento TOPSIS, contudo, encontra o desempenho ótimo.

### 2.5.1.3 Análise do grau de influência dos fatores ou atributos nos resultados e a correlação entre os atributos

A influência dos atributos nos resultados computacionais da simulação e o grau de interferência entre os atributos quanto a correlação entre eles no sistema de produção, por exemplo, pode ser avaliado a partir do teste de hipóteses.

No caso, por exemplo, de um exame laboratorial de sangue ser realizado por 3 profissionais diferentes com 4 amostras coletadas por profissional uma matriz de registro dos dados pode ser elaborada de acordo com a Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Exemplo de registro de dados. Fonte: Próprio autor.

Profissionais	AMOSTRAS			
	A1	A2	A3	A4
P1	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
P2	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>
P3	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>

Nesse caso a = 3 e b = 4, sendo N = a x b = 3 x 4 = 12.

A variabilidade total dos resultados é representada pela soma corrigida dos quadrados SS<sub>T</sub>, que dividida pelo número de graus de liberdade N-1 fornece a variância da amostra.

Quando o número de observações não pode ser mantido constante em todos os processos, definindo como n<sub>i</sub>, o tamanho da amostra para cada um dos i processos, considera-se  $N \sum_{i=1}^a n_i$  e as expressões da soma são representadas pelas equações 2.20 e 2.21.

$$SS_T = \left( \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 \right) - \frac{Y^2 \dots}{N} \quad (2.20)$$

$$SS_{TRAT} = \left( \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{b} \right) - \frac{Y^2 \dots}{N} \quad (2.21)$$

O ideal é fazer uso de processos com o uso de amostras de tamanhos iguais, em função da possibilidade das variâncias calculadas serem iguais para todos os processos podendo ser observada facilmente no caso de  $n_i = n$  e pelo fato da capacidade do teste poder ser maximizada na condição descrita. Nesse caso é preponderante que as somatórias das observações de cada processo ( $y_{i.}$ ) ou de suas médias ( $\bar{y}_i$ ) possa permitir as comparações que são feitas através dos denominados métodos de comparação múltipla.

Dentro do universo dos métodos citados na literatura há o uso do conceito de contraste. No caso, contraste C é uma combinação linear dos totais  $y_{i.}$  permitindo a comparação das médias dos resultados dos processos de acordo com a equação 2.22.

$$C = \sum_{i=1}^a c_i y_i \quad (2.22)$$

com restrição de que

$$\sum_{i=1}^a c_i = 0 \quad \text{para processos com n iguais}$$

$$\sum_{i=1}^a n_i c_i = 0 \quad \text{para processos com n diferentes}$$

a soma dos quadrados para qualquer contraste de acordo com a equação 2.23 e 2.24.

$$SS_C = \frac{(\sum_{i=1}^a c_i y_i)^2}{n \sum_{i=1}^a c_i^2} \quad (2.23)$$

para processos com n iguais

$$SS_C = \frac{(\sum_{i=1}^a c_i y_i)^2}{\sum_{i=1}^a n_i c_i^2} \quad (2.24)$$

para processos com n diferentes

Nesse caso um contraste é testado comparando-se SSC com SSE/(N-a) que deve ser distribuído como  $F_{\alpha,1,N-a}$  caso a hipótese nula seja verdadeira, de acordo com a equação 2.25.

$$F_0 = \frac{SS_C}{SS_E / (N-a)} \quad (2.25)$$

H0 será rejeitada se  $F_0 > F_{\alpha,1,N-a}$ .

O uso de contrastes ortogonais é um caso particular deste método, que oferecem testes independentes para as médias dos processos. Dois contrastes  $\{c_i\}$  e  $\{d_i\}$  são ortogonais se:

$$\sum_{i=1}^a c_i d_i = 0 \quad \text{para processos com n iguais}$$

ou

$$\sum_{i=1}^a n_i c_i d_i = 0 \quad \text{para processos com n diferentes}$$

#### 2.5.1.4 Determinação do nível do *work in process* em sistemas de Produção Multe estágio Estocástico

Lu *et al* (2012) aborda um sistema de produção com mais de um processo de fabricação ou estágio de produção com variabilidade de processo, a partir do uso da análise multicritério para o propósito de minimização do estoque em processo (*work in process*).

Contudo, Lu *et al* (2012) define, a partir de um sistema de produção multe estágio os seguintes parâmetros de configuração:

- 1) O número de estágios  $p = 1$  a  $M$  (último estágio de produção);
- 2) Tipo de produtos a serem fabricados de  $t = 1$  a  $T$  (diferentes tipos de produtos a serem fabricados);
- 3) Fornecimento de matéria prima no estágio 1 infinito;
- 4) Tempo de movimentação ou de transporte nulo;
- 5) Apenas um ponto definido como JP e localizado no estágio  $p$  como ponto de separação entre o sistema puxado e empurrado adotado como híbrido em um mesmo sistema de produção;
- 6) Estoque de produtos semi acabados entre os estágios  $p$  e  $p + 1$ ;
- 7) Estoque com nível abaixo de  $sp_t$  para o produto do tipo  $t^{\text{th}}$ ;
- 8)  $\tau$  é o tempo de coleta.

O nível de inventário  $I_c$  é determinado a partir da equação 2.26 e o nível de serviço  $S_I$  pela equação 2.27.

$$\text{Minimise } I_c = \sum_{p=1}^M \sum_{t=1}^T \text{WIP}_t(p) + \sum_{t=1}^T \text{FT}_t \quad (2.26)$$

$$\text{Maximise } S_t = \frac{D_c}{D_{total}} \quad (2.27)$$

Lu *et al* (2012) define a variável  $\text{WIP}_t(p)$  como o estoque em processo (*work in process*) do  $p^{\text{th}}$  estágio.

Cada estágio  $p$  tem uma capacidade máxima de inventário  $I_{\max p}$ . Essa capacidade deve ser mantida abaixo da capacidade de estocagem em um subsistema de produção de empurrar, ou do número de cartões *kanban* de um sub sistema de puxar.

Lu *et al* (2012) definem a variável  $\text{FG}_t$  como a quantidade dos produtos acabados do produto do tipo  $t$ . A variável  $D_c$  representa a quantidade das ordens de produção completadas na data acordada ou *due date* e a variável  $D_{\text{Total}}$  representa a quantidade demandada.

Nesse caso os autores observam que se  $\text{WIP}_t(p)$  for igual à  $I_{\max p}$  a estação de trabalho deve interromper a produção.

O sistema de produção híbrido sugerido por Lu *et al* (2012) denota que um sistema de produção desta natureza pode ser otimizado a partir da determinação precisa de qual estágio de produção deve ser definido a localização do ponto de separação JP do sistema de produção empurrado e do sistema de produção puxado o que deve, segundo os autores satisfazer tanto índices de produtividade mais altos como nível de inventário mais baixo como resultado da interface entre as duas condições de operação.

Os autores destacam, contudo, o fato da simulação ser útil quando o modelo criado permite ao analista de processo ou equipe responsável pelo ajuste ou projeto do sistema de produção, no momento da execução do modelo de simulação, visualizar por consenso o cenário que melhor se adequa ao desempenho desejado do sistema demonstrando dinamicamente as restrições e pontos falhos encontrados no fluxo de produção a fim de determinar com precisão o local ideal para posicionar o JP.

Os autores destacam que para obter o cenário ótimo que deve atender a todos os critérios considerados relevantes, o método de decisão múltiplo critério (*Multiple criteria decision-making* – MCDM) é aplicado com sucesso.

Como já mencionado por outros autores mencionados no presente trabalho, a metodologia TOPSIS pode contribuir com excelente precisão dos resultados a partir da simulação.

Gurumurthy *et al* (2011) descrevem no contexto abordado que de acordo com a literatura, contudo, o mapeamento do fluxo de valor (VSM) por si só apresenta algumas deficiências como técnica de planejamento que deve apoiar o projeto e operação dos sistemas de produção e que vários autores sugerem o uso da simulação para resolver essas deficiências em conjunto com o VSM.

Os autores destacam que há poucos estudos combinando o uso do VSM e da simulação para avaliar as possibilidades de um conhecimento mais aprofundado de modo a poder demonstrar a aplicação do VSM com simulação no projeto de sistemas de produção *Lean Manufacturing* (LMS).

## **2.6 Softwares de simulação e a aplicação dos *softwares* em conjunto com o VSM**

### **2.6.1 Softwares de simulação**

Anteriormente aos autores já citados Detty *et al* (2000) definem a simulação como uma ferramenta de apoio à adequação de sistemas de produção em função do fato de que permite, quando aplicada adequadamente, quantificar as melhorias de desempenho que pode ser esperado da manufatura, após aplicar os princípios da manufatura *Lean* (*Lean Manufacturing*).

O autor destaca que a simulação tem a capacidade de demonstrar os benefícios da manufatura enxuta em todo o sistema de fabricação, incluindo:

- a) Níveis de inventário de armazenagem e em processo;
- b) Transporte e as necessidades de liberação dos materiais;
- c) Maior eficiência da produção e controle mais efetivo da execução da programação da produção;
- d) Uniformidade da demanda e requisitos de entrega de fornecedores de peças; e
- e) Resposta efetiva do sistema à demanda do mercado e as exigências de entrega dos clientes.

Detty *et al* (2000) destaca também que a simulação através da animação do sistema de produção pode fornecer uma ilustração visual e dinâmica ao gestor direcionando de como o novo sistema deve funcionar.

Segundo Detty *et al* (2000) a literatura relata várias iniciativas de simulação de eventos discretos para abordar aspectos da manufatura enxuta.

Detty *et al* (2000) apresentam dois grupos de categorias de *softwares* especialistas em simulação de eventos discretos a partir da aplicação como identificado nos tópicos a) e b) descrito a seguir.

- a) O uso da simulação para estabelecer parâmetros específicos de um sistema de manufatura enxuta, isto é, o número de *kanbans*, o tamanho da embalagem de acondicionamento dos itens, o tamanho do lote dos itens, e a variabilidade no processamento vezes a demanda a partir de duas configurações: empurrar ou puxar os sistemas de produção com número distinto de *kanbans* entre outros.
- b) O uso da simulação para projetar, testar e melhorar os sistemas *Lean Manufacturing* como, por exemplo, o uso da simulação para pré-teste de *layouts*. Welgama and Mills (1995 *apud* Detty *et al* (2000)).

Há no mercado pacotes de *softwares* de simulação de eventos discretos como descrito na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – *Softwares* de simulação de eventos discretos. Fonte: Próprio autor.

<i>Software</i>	<i>Desenvolvedor</i>	<i>Site</i>
WITNESS	S. Lanner Group	<a href="http://www.lanner.com">www.lanner.com</a>
ProModel	Promodel Corp. (Utah)	<a href="http://www.belge.com.br/promodel.php">http://www.belge.com.br/promodel.php</a>
<i>Simul8</i>	<i>Strathclyde University (Scotland)</i>	<a href="http://www.simulate.com.br/software.html">http://www.simulate.com.br/software.html</a>
<i>Arena</i>	<i>Rockwell Software</i>	<a href="http://www.paragon.com.br">www.paragon.com.br</a>
<i>Extend</i>	<i>ExtendSim</i>	<a href="http://www.extendsim.com/prods_prodline.html">http://www.extendsim.com/prods_prodline.html</a>
<i>AutoMod, WITNESS</i>	<i>Autosimulations</i>	<a href="http://www.autosim.com">www.autosim.com</a>
<i>GPSS H</i>	<i>Wolverine Software</i>	<a href="http://www.wolverinesoftware.com/">http://www.wolverinesoftware.com/</a>
<i>Micro Saint</i>	<i>Micro Analysis &amp; Design</i>	<a href="http://www.madboulder.com">www.madboulder.com</a>
<i>SIMPLE ++</i>	<i>AESOP (Alemanha)</i>	<a href="http://www.aesop.de">www.aesop.de</a>
<i>Simsript II 5 e MODSIM III</i>	<i>CACI Products Company</i>	<a href="http://www.caciasl.com">www.caciasl.com</a>
<i>TAYLOR II</i>	<i>F&amp;H Simulations (Holanda)</i>	<a href="http://www.taylorii.com">www.taylorii.com</a>
<i>VisSim</i>	<i>Visual Solutions</i>	<a href="http://www.vissim.com">www.vissim.com</a>

T. McDonaldo *et al* (2002) destacam que em muitos casos, o mapeamento do estado futuro de um determinado sistema de manufatura pode ser projetado usando a técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* de uma forma muito simples, usando apenas a abordagem manual descrita por Rother & Shook (1999), o que é suficiente para criar um estado futuro viável, que pode ser implementado rapidamente.

No entanto, os autores apontam para os casos, em que a definição do estado futuro para um processo de produção pode ser difícil com o uso apenas do mapa de fluxo de valor mencionando que, por exemplo, predizer os fluxos de inventário e níveis de produção por todo o processo não é possível apenas com modelos estáticos.

Nestes casos, T. McDonaldo *et al* (2002) dão ênfase ao fato de que a simulação, quando extensivamente utilizada como ferramenta de apoio à modelagem do processo de manufatura, pode ser usada para reduzir a incerteza e criar consenso, visualizando vistas dinâmicas do processo para um determinado estado futuro.

Adicionalmente, os autores afirmam que a simulação pode ser usada para explorar um estado futuro alternativo gerando respostas diferentes para a grande maioria das indagações ou dúvidas inerentes ao projeto do sistema de manufatura *Lean*.

Potter *et al* (2007) destaca o uso do *software* Arena no desenvolvimento do modelo de simulação da sua pesquisa em função da disponibilidade de módulos pré-definidos como, por exemplo, *Arrive*, *Depart*, *Server and Tally*, e destaca que o *software* tem excelente interface de animação do modelo.

Os autores afirmam que o uso do *software* para simulação é de uso genérico e é usado para a modelagem de sistemas de manufatura, sistemas logísticos e aplicações relacionadas à gestão da cadeia de suprimentos. Segundo os autores o *software* Arena possui mais de 60 módulos e permite modelar as operações e suas respectivas filas dos sistemas de manufatura.

Os autores destacam ainda o uso do *software* ARENA para a simulação das operações de liberação de produtos acabados devido à disponibilidade desses módulos para modelar as filas do modelo na manufatura, estoque e processos de movimentação em uma fábrica como recomendado por Kelton *et al.* (2004).

Contudo, é importante destacar que há ainda na literatura a carência de trabalhos que abordem estudos direcionados ao uso do VSM em conjunto com a modelagem direcionada a simulação computacional de eventos discretos, aplicada a um número maior de diferentes tipos de sistemas de produção a fim de caracterizar a importância dessa linha de pesquisa no escopo do projeto e operação dos sistemas de produção como descrito no tópico 2.5.2.

## 2.6.2 Aplicação dos *softwares* em conjunto com o VSM

Segundo Gurumurthy *et al* (2011), embora trabalhos relevantes tenham sido desenvolvidos recentemente, com foco nas áreas de pesquisa relacionadas à implementação de sistemas de manufatura *Lean* com o uso do VSM e do VSM com simulação, vários *gaps* da pesquisa nessa área foram identificados a partir das três diferentes visões identificadas pelos autores, a partir da revisão bibliográfica apresentada por eles.

- 1) Os princípios dos sistemas *Lean Manufacturing* podem ser aplicados em qualquer tipo de indústria independente do tamanho e do tipo do processo do sistema de produção envolvido. Podem ser aplicados tanto em pequenas fundições como em grandes organizações de manufatura aeroespacial. Embora o *Lean Manufacturing* venha sendo aplicado em vários tipos de sistemas de produção (tal como projetos, *job shop*, batelada, sistemas de produção em massa e contínuo), há poucos trabalhos relacionados à aplicação do conceito de supermercados, sistema de puxar com o uso de cartão *kanban* entre outros e os autores destacam, contudo, que a aplicação do VSM baseado na simulação do chão de fábrica ainda é muito restrita.
- 2) Segundo os autores, como mencionado por Karlsson *et al* (1997) a maioria dos estudos de caso referem-se à indústria automobilística. Segundo os autores aproximadamente 45% dos estudos de caso referem-se ao setor automotivo quando dos estudos direcionados a sistemas de produção *Lean Manufacturing*, não havendo um número significativo de trabalhos que abordam indústrias de outros segmentos.
- 3) Não há um grande número de estudos de caso relacionados ao procedimento da implementação dos princípios do *Lean Manufacturing* em empresas de pequeno e médio porte e em pequenas empresas. Segundo Gurumurthy *et al* (2011) somente seis *papers* foram encontrados até 2011, os quais mencionam especificamente implantações dos princípios do *Lean Manufacturing* em pequenas empresas.
- 4) O número de *papers* que descrevem a implantação dos princípios *Lean Manufacturing* com foco nos casos de indústrias Indianas se destaca, embora também de empresas de pequeno porte com restrição. Embora, dos 36 *papers* revisados pelos autores, somente seis *papers* abordam a implantação dos princípios do *Lean Manufacturing* em indústrias Indianas. Contudo, os estudos de casos de indústrias Indianas também são relacionados a casos do setor automotivo.

Gurumurthy *et al* (2011) também destacam a existência de *papers* relacionados a estudos com foco na simulação em conjunto com o VSM três aspectos importantes.

- 1) A maior parte dos estudos relacionados à simulação que foram conduzidos a partir aproximadamente da década 1990 apresentam estudos direcionados à área de sistemas de produção puxado/empurrado (*pull/push*) e do uso de cartões *kanban*, com modelos relacionados à montagem e produção, controle de inventário (pequenos lotes de produção), etc. No caso o objetivo é adequar o sistema de produção e não outros elementos do *Just in Time* ou *Lean Manufacturing* tal como atividades relacionadas ao uso de várias máquinas, *kaizen* (melhoria contínua), redução do tempo de ciclo, *pokayoke*, gestão visual, melhoria de processos, automação, redução do espaço utilizado no chão de fábrica etc. Muitos poucos *papers* tem sido direcionados a esses elementos do *Lean Manufacturing* durante a simulação.
- 2) A partir do 1º aspecto considerado, a maior parte dos estudos relacionados à simulação tem como foco principal a análise de poucas questões relacionadas ao desempenho do sistema de manufatura *Lean Manufacturing* tal como encontrar o dimensionamento ótimo de cartões *kanbans* ou o desenvolvimento de uma programação ótima para modelos híbridos, envolvendo modelos de montagem ou análise do desempenho de sistemas puxados ou empurrados. De acordo com os autores o conhecimento a ser adquirido encontra-se restrito em muitos poucos estudos que tem sido considerado como direcionados a implementação dos elementos dos princípios do *Just in Time / Lean Manufacturing*.
- 3) Segundo os autores nenhum *paper* encontrado na literatura demonstra a aplicação do VSM com o uso da simulação a partir de uma visão mais ampla dos vários elementos do *Lean Manufacturing* tal como mudança do *layout*, atividades relacionadas à operação de múltiplas máquinas, *kaizen* (melhoramento contínuo), análise do *takt time*, redução do *cycle time*, *pokayoke*, gestão visual, melhoria de processos, automação, redução do espaço utilizado no chão de fábrica, etc. Simultaneamente, os autores ainda destacam que a partir do desenvolvimento de modelos de simulação durante o projeto de sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*, especificamente para uma organização de manufatura porta a porta, há a evidência de muitos poucos trabalhos que avançam nessa direção.

Parthanadee *et al* (2012) ainda analisa que analistas nem sempre podem acertar quanto aos resultados esperados a partir do projeto do estado futuro do mapa de fluxo de valor, sem o uso da simulação, principalmente quando se trata de sistemas de manufatura complexos.

O que falta, contudo, é enfatizar que a simulação ao ser executada permite criar cenários sem que fisicamente as mudanças necessárias do sistema de manufatura possam ser realizadas fisicamente, o que pode ser muito caro em muitos casos e nem sempre se tem certeza da efetividade das mudanças.

A simulação permite antecipar essa constatação sem haver investimentos prévios que possam se transformar em investimentos desnecessários, contribuindo para o aumento das perdas no contexto *Lean Manufacturing*.

A técnica de modelagem na simulação permite eliminar esse tipo de risco e imitar eventos discretos de um sistema real a partir do uso de um modelo computacional com o uso da lógica e da matemática.

A principal vantagem do uso da simulação computacional é que sugere mudanças para o sistema real que podem ser aplicadas e avaliadas no modelo de simulação para medidas experimentais mostrando o potencial impacto das mudanças experimentalmente sem provocar distúrbios no sistema, antes de avaliar todas as possibilidades.

Isto representa um enorme benefício para os analistas em termos de evitar custos desnecessários, tempo e outros recursos.

Contudo, mesmo com as limitações identificadas pelos autores mencionados até o presente parágrafo desse texto, há que considerarmos que, segundo Parthanadee *et al* (2012), a aplicação da técnica de simulação na solução de problemas vem crescendo nas últimas décadas e com isso tem sido amplamente usada em várias pesquisas com estudos em diferentes campos, incluindo sistemas de produção na área alimentícia e da agricultura disponível nos trabalhos relacionados por esses autores.

- 1) Vaidyanathan *et al.* (1998),
- 2) Owens *and* Levary (2002),
- 3) Baesler *et al.* (2004),
- 4) Kumar *and* Phrommathed (2006),
- 5) Parthanadee *and* Buddhakulsomsiri (2010).

Segundo os mesmos autores estudos dos sistemas de manufatura dos demais setores são encontrados em:

- 1) Setor automotivo, Marvel *and* Standridge (2009),
- 2) Indústria fabricante de pastilhas de semicondutores, Hung *and* Chen (1998),
- 3) Sistemas de saúde, Moreno *et al* (2000), Jacobson *et al* (2006),
- 4) Análise da cadeia de suprimentos, Reiner *et al* (2004), Terzi *and* Cavalieri (2004) e Persson *and* Araldi (2009).

Os benefícios combinados com o uso do VSM e de técnicas de simulação com modelagem computacional têm sido mencionados em muitos outros casos, também relacionados por Parthanadee *et al* (2012).

- 1) Donatelli *and* Harris (2001),
- 2) McDonald *et al* (2002),
- 3) Dhandapani *et al* (2004),
- 4) Abdulmalek *and* Rajgopal (2007),
- 5) Lian *and* Van Landeghem (2007).

Solding *and* Gullander (2009 *apud* Parthanadee *et al* (2012)) resumem os pontos fortes e os pontos fracos das duas técnicas e propõe o conceito do uso do VSM com simulação (SBVSM).

Nesse contexto, sugestões para melhoria podem ser testadas a partir do uso de modelos de simulação computacional priorizando a implementação a ser realizada.

Em adição, a simulação computacional pode ser usada para assegurar algumas medidas de desempenho que não podem ser direcionadas e incluídas no VSM de acordo com McDonald *et al* (2002 *apud* Parthanadee *et al* (2012)).

Nesse caso, o mais importante benefício da combinação das duas técnicas é a habilidade necessária do analista ou pesquisador de avaliar a variabilidade do sistema, abordado respectivamente, de acordo com Parthanadee *et al* (2012) por:

- 1) Lian *and* Van Landeghem (2007 *apud* Parthanadee *et al* (2012)), e
- 2) Marvel *and* Standridge (2009 *apud* Parthanadee *et al* (2012)).

Os *papers* relacionados a partir dos *papers* dos autores citados no presente trabalho direcionam os pesquisadores que se interessam pelo tema na busca da bibliografia com conteúdo direcionado a esse tema de pesquisa.

Embora o VSM possa representar um grande número de objetos ou processos de sistemas de produção de modo corrente que dá ao analista as condições necessárias para analisar e identificar diferentes alternativas de adequação de um sistema de produção, a ferramenta é inerentemente estática.

Já o uso do VSM em conjunto com a modelagem computacional, as mudanças da variabilidade e do dinamismo dos parâmetros do sistema podem ser efetivamente determinadas, o que permite obter a solução a ser desenvolvida para gerar o mapa do fluxo de valor futuro.

De acordo com Parthanadee *et al* (2012) o uso da simulação a partir da modelagem computacional permite identificar os valores dos parâmetros de sistemas de manufatura *Lean* e o impacto na implantação do *Lean Manufacturing*, nesse contexto os autores destacam que estudos relacionados podem ser encontrados em:

- 1) Savsar *and* Al-Jawini (1995),
- 2) Savsar (1997), Detty *and* Yingling (2000),
- 3) Schroer (2004),
- 4) Lian *and* Van Landeghem (2007),
- 5) Anand *and* Kodali (2009).

É fato, de acordo com a literatura, que há muito a se fazer quanto a estudos direcionados ao projeto e operação de sistemas de produção com o uso do VSM e da simulação computacional quanto a duas frentes:

- 1) Proposta de uma metodologia adequada à construção dos modelos computacionais para a execução da simulação; e
- 2) A definição dos critérios e métodos de avaliação do desempenho dos modelos compatíveis com o sistema real.

Embora, é importante enfatizar que há recentemente um avanço significativo nessa direção, mesmo com a carência de *papers* direcionados a esse propósito.

Há com certeza contribuições relevantes na literatura, talvez não agrupada e sim disseminada por *papers* com diferentes objetivos.

## **2.7 Módulo *kanban* para simulação de sistemas de produção puxado no *software* de simulação de eventos discretos Arena**

Segundo Treadwell *et al* (2005) modernos *softwares* de simulação de eventos discretos apresentam vários módulos funcionais para ajudar analistas a construir rapidamente modelos de simulação de sistemas de manufatura.

Destes os autores destacam a inclusão de estações de trabalho, equipamentos transportadores, transportadores guiados, como por exemplo, AGV (*Automatic Guided Vehicle*) entre outros.

A partir das possibilidades do uso dos recursos dos *softwares* na construção e simulação de modelos específicos, a simulação tornou-se muito útil no projeto de sistemas de manufatura. Segundo os autores, contudo, o controle de sistemas de produção puxados não tem sido adequadamente abordado no ambiente de simulação.

A fim de contribuir com o avanço das pesquisas nessa direção, Treadwell *et al* (2005) apresentam um módulo (*template*) para o dimensionamento de cartões *kanban* a ser aplicado na simulação de eventos discretos a partir do uso do *software* Arena.

O propósito dos autores foi o de reduzir o tempo gasto no desenvolvimento dos modelos computacionais de sistemas de produção *Lean Manufacturing* a fim de fazer uso do potencial da simulação em eventos *kaisen*.

A justificativa dos autores é fundamentada no fato de que em eventos *kaizen* o tempo disponível para o desenvolvimento de modelos de simulação é escasso e na maioria dos casos, em função das particularidades dos sistemas de produção, requer grandes habilidades do analista, principalmente quando é abordado no modelo métodos de controle da produção puxada.

Como por exemplo, o dimensionamento de cartões *kanban* o que aumenta muito a complexidade da construção do modelo e que o curto período de tempo disponível para a realização dos eventos *kaizen*, análise e implementação acaba por ser insuficiente.

A partir do cenário exposto, os autores desenvolveram um módulo definido como estação de trabalho *kanban* o qual reduz significativamente o tempo requerido para o desenvolvimento de um modelo de simulação de um sistema de produção puxado.

A Figura 2.5 apresenta o módulo estação de trabalho *kanban* desenvolvido pelos autores e a Figura 2.6 a sua respectiva janela de configuração.

Figura 2.5 – Módulo estação de trabalho *kanban*. Fonte: Treadwell (2005).

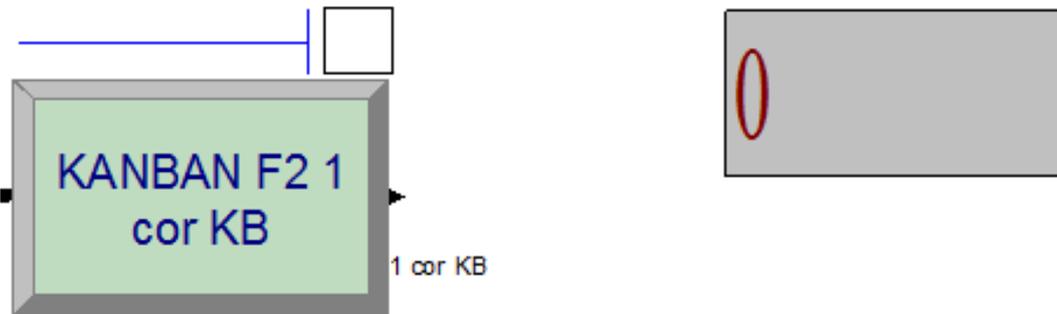


Figura 2.6 – Janela de configuração do módulo estação de trabalho *kanban*. Fonte: Treadwell (2005).

<b><i>Work station Name:</i></b> KANBAN F2 1 cor KB	↓	<b><i>Position:</i></b> Normal station	↓
<b><i>Number of kanban:</i></b> 10	↓	<b><i>Number of servers:</i></b> 400	↓
<b><i>Preceding station:</i></b> KANBAN F2 1 cor KB	↓		
<b><i>Process Time:</i></b> 6	↓	<b><i>Units:</i></b> Seconds	↓
<b>OK</b> <b>Cancel</b> <b>Help</b>			

Na proposta dos autores quanto ao dimensionamento dos cartões *kanbans* é facilitar o uso da estação de trabalho como recurso no modelo. Nesse caso o controle da sobrecarga dos cartões *kanbans*, assim como a rastreabilidade, é gerenciado internamente no módulo.

Os autores destacam que há inúmeras formas de modelar uma estação de trabalho *kanban* em ambientes de simulação, como por exemplo, a partir do uso do *software* de simulação de eventos discretos Arena, sendo as duas principais:

- 1) Modelagem a partir dos cartões *kanban* como entidades;
- 2) Modelagem a partir dos cartões *kanban* como recursos.

No primeiro caso operadores, cartões *kanban* e matérias prima devem esperar na fila até os três estarem disponíveis em uma estação e então, após o processamento da matéria prima componentes são transformados em cartões *kanban* e retornam para a estação precedente, enquanto um novo cartão é tomado de acordo com a lógica identificada para o respectivo componente. Segundo os autores essa estratégia não é a melhor forma para modelar um sistema *kanban*. Embora, essa estratégia representa precisamente a funcionalidade do sistema, a sua lógica é muito difícil de implementar.

De acordo com Treadwell *et al* (2005) o fato do número de cartões *kanban* estarem vinculado a cada estação de trabalho, e que os mesmos somente são acessados a partir de uma única entidade por algum tempo, a modelagem do sistema pode ser simplificada usando recursos para representar os cartões *kanban*.

Esta alternativa, ainda segundo os autores, não afeta a lógica por trás do modelo, mas permite ao *software* Arena manipular todas as operações envolvidas no gerenciamento dos cartões. A lógica proposta pelos autores do tipo de bloco de recursos para a modelagem pode ser usada para criar um módulo estação de trabalho *kanban* único, o que permite manipular facilmente sistemas de produção *Lean Manufacturing* complexos.

Nesse caso o módulo estação de trabalho *kanban* inclui um diálogo que envolve toda a informação necessária para definir uma estação de trabalho incluindo: nome, sua posição, expressão para o tempo de processamento e o número de cartões *kanban* disponível na estação.

A principal saída a partir do uso desse tipo de modelo com bloco de recurso é que o módulo estação de trabalho *kanban* contém a lógica para manusear algumas diferentes situações de modelagem, como:

- 1) Estação posicionada no início do sistema de produção gerando entidades como o módulo *create*;
- 2) Como estação central ou normal posicionada no meio do processo ou de processos específicos; e
- 3) Estação posicionada no fim da linha de produção.

Essas estações empregam muito da mesma lógica, mas cada uma delas tem necessidades muito diferentes na operação.

O módulo da estação de trabalho *kanban* incorpora todas as três, com algumas alterações do uso de caminhos a partir da lógica adotada na modelagem selecionada com base na escolha do usuário.

### 3 Sistema de Produção: objeto de estudo da pesquisa de campo

#### 3.1 Introdução

É fato, nos dias atuais, que na disputa por uma maior participação do mercado global as empresas encontram um ambiente cada vez mais competitivo com rápido avanço tecnológico dos processos de fabricação e dos produtos com consumidores mais exigentes.

Contudo, há neste cenário que considerar a importância da gestão da produção como estratégica no enfrentamento dos desafios relacionados ao atendimento dos chamados critérios competitivos, que se atendidos apoiam o sucesso da organização no avanço da conquista de uma maior participação do mercado global, regional e local com sustentabilidade financeira e econômica.

Entre os critérios relacionados houve um avanço significativo nas últimas décadas do critério qualidade, foco das organizações de modo mais efetivo no Brasil a partir da década de 1980. Hoje apenas o atendimento ao critério qualidade não é suficiente para a organização se manter competitiva, flexibilidade, custo, confiabilidade e rapidez tornaram-se critérios imprescindíveis à manutenção da competitividade nos dias atuais.

- **Qualidade:** contempla todos os critérios competitivos relacionados. É o mais amplo dos critérios. A garantia de entrega no prazo, no custo acordado ou necessário a garantir a exequibilidade do negócio, flexibilidade no atendimento às demandas de mercado com a rapidez e consequentemente confiabilidade desejada está relacionada ao critério competitivo qualidade. É, contudo, consequência do processo de fabricação executado sem perdas de qualquer natureza de acordo com as especificações técnicas inerentes ao produto fabricado, o que deve garantir suas funcionalidades de acordo com as expectativas dos clientes sendo o resultado de todo o processo o padrão de qualidade desejado. Nesse contexto qualidade é um critério amplo relacionado consequentemente a qualidade de vida dos colaboradores internamente à corporação e externamente no seio da sociedade local a qual a empresa encontra-se instalada e que representa parte do mercado consumidor o qual a empresa deve atender tornando-se o reflexo do seu desempenho no mercado regional e consequentemente global.

- **Flexibilidade:** é a capacidade da estrutura e infraestrutura da organização de assimilar e se adequar as flutuações do mercado de modo a atender as solicitações dos clientes sem perder o controle da operação.
- **Custo:** é pontualmente o quanto deve valer uma unidade dos produtos fabricados pela organização o qual somente é possível mensurar corretamente se a empresa possui um sistema de planejamento, medição e de controle de custos preciso e confiável o que deve demonstrar a exequibilidade do negocio, ou seja, sua viabilidade nas condições impostas pelo mercado global, regional e local. O sistema de custos deve ser capaz de demonstrar a partir de cenários pontuais no tempo a capacidade financeira de uma organização no enfrentamento de crises financeiras adversas de modo a manter em equilíbrio o fluxo de caixa e as reservas financeiras da empresa, frente às intemperes da economia mundial.
- **Confiabilidade:** garantia de que é capaz de executar com eficiência e eficácia uma função requerida, de acordo com o intervalo de tempo requerido ou acordado, de acordo com a estrutura e infraestrutura que a organização possui, no contexto das condições impostas e aceitas no momento em que assumiu o compromisso do fornecimento dos produtos ou serviços requisitados pelo mercado, como escopo de projeto.
- **Rapidez:** garantia da capacidade da organização de realizar a entrega dentro do prazo para o mercado.

O desdobramento da busca do atendimento dos critérios competitivos nesse contexto, é a busca por um processo inerente à gestão da produção capaz de garantir a sobrevivência das organizações.

As atividades relacionadas com a gestão da produção são amplas e consideradas essenciais para o sucesso, ou seja, a gestão da manufatura é estratégica para o desempenho a ser alcançado e representa a percepção de excelência nos serviços e produtos sendo necessária uma gestão da produção com base em fatos e dados que deve permitir a análise e a solução dos problemas eventuais que possam vir a ocorrer.

Na busca por se adequarem aos novos cenários de competitividade as organizações do mundo contemporâneo acabam por enfrentar dificuldades no alinhamento das suas estratégias competitivas com as atividades inerentes ao planejamento e execução da operação da produção.

Esse fato está relacionado principalmente às incertezas que o cenário atual impõe e pelo aumento da complexidade da operação dos sistemas de manufatura nos últimos anos.

Nesse contexto, há atualmente uma evolução das tecnologias inerentes aos processos de fabricação, produto e informação jamais vista na história da humanidade com mudanças significativas em um período de tempo muito menor do que nas últimas décadas.

Acompanhar esse processo não é tarefa simples, sendo que a maior dificuldade é incorporar essas mudanças à organização de modo que a sua estrutura e infraestrutura se mantenha atualizada e capacitada a manter-se no padrão de competitividade que o mercado exige.

Para que isso ocorra a organização deve preservar a sua capacidade de investimento nos recursos que possui, o que, no entanto, no se restringe a máquinas e instalações, mas fundamentalmente na gestão do conhecimento dos seus colaboradores os quais, se bem preparados, deve garantir a manutenção do *know-how* de processo e de produto que o cenário mundial requer.

Entre os fatores relacionados às causas da não competitividade encontra-se a falta de informação dos dirigentes dos processos de fabricação e das incertezas envolvidas no relacionamento empresa e cliente, aumentando o índice de erros e de equívocos no processo de atendimento à demanda.

Falhas no processo de atendimento à demanda impactam negativamente no planejamento antecipado da produção e reduzem a competitividade da organização.

Um sistema de planejamento mais assertivo e que respeite os prazos e quantidades requeridos é crucial para atender à demanda do cliente de forma rápida e confiável, tornando-se o maior entrave para as empresas de manufatura contratada MTO (*Make to Order* – Produção por Encomenda), de se tornarem competitivas.

O sistema de planejamento deve ter como premissa as estratégias de atendimento à demanda definidas pela empresa e somente exequíveis se a estrutura e infraestrutura compartilham de modo sistêmico da sua capacidade de reagir as intempereis econômicas do mercado, o que deve ser garantido pelo *know-how* adquirido.

Empresas em que a estratégia de atendimento à demanda está focada na política MTO acabam por assumir que os produtos devem ser fabricados em resposta ao pedido do cliente e o grande desafio para essas empresas que operam neste ambiente passa a ser atender à demanda do cliente no prazo determinado impactando no tempo de resposta da fábrica e conseqüentemente de seus fornecedores. Nesse caso o fluxo de produção deve estar alinhado ao que se pretende atender, de como se deseja atender e com quais recursos é possível atender.

Com a estratégia de atendimento à demanda MTO, a produção só é executada após a venda do produto e o tempo de resposta ao cliente é exatamente igual a capacidade da fábrica em processar todos os componentes do produto e montá-lo em um tempo mínimo de fabricação e montagem realizado por ela, o qual na grande maioria das vezes não está nos limites de tempo acordados no processo de venda.

Esse fato significa que o processo de negócio “vender” antecede o processo “produzir” e o desalinhamento entre esses processos gera muitas contratuais de fornecimento e insatisfação do mercado, causando conseqüentemente perda de confiabilidade. Nesse tipo de estratégia a operação produz produtos conforme especificações dos clientes, ou seja, possui um alto grau de customizações, logo o processo de produção precisa ser flexível para acomodar as variedades.

Segundo Vollmann *et al* (2005), o ambiente *Make-to-Order* é caracterizado por uma larga variedade de produtos, tipicamente produzidos em baixos volumes e geralmente com projetos customizados. A aderência ao prazo de entrega é um grande desafio enfrentado pelas empresas que operam neste ambiente.

Uma vez que o objetivo destas empresas envolve oferecer uma ampla variedade de competências operacionais seu processo de manufatura frequentemente suporta a produção de pequenos lotes de baixo volume.

Para Soman *et al* (2004), as empresas que operam em ambientes MTO devem focar o planejamento da produção na execução das ordens. Algumas medidas típicas de desempenho incluem o atendimento aos prazos de entrega, o tempo médio de ciclo dos pedidos e o número de ordens em atraso. É fundamental ressaltar nesse caso que a principal vantagem competitiva é a redução do tempo de entrega a partir do planejamento da capacidade, aceitação e rejeição de pedidos, e atingir níveis de aderência aos prazos de entrega o que caracteriza para esse tipo de estratégia as principais premissas operacionais.

Cabe ressaltar que há uma forte tendência das organizações de operarem no sistema *Make to Order* no mercado mundial o que traz diferentes consequências quanto ao desempenho da produção dependendo do tipo de produto ou família de produtos fabricados por essas empresas, devendo ser considerado duas possibilidades quanto a similaridade dos produtos e processos de fabricação:

1. Produtos de linha pertinente ao *mix* de produtos fabricados e comercializados – normalmente são produtos com alto nível de padronização relacionada a processos de fabricação similares e estrutura de produto quase que idênticas;
2. Produtos de concepção ou projeto diferente e sem similaridade – normalmente são produtos com baixo nível de padronização podendo ou não ser fabricados em processos de fabricação similares e que apresentam estrutura de produto diferente sem repetição.

Segundo Souza e Voss (2007), as empresas de manufatura contratada sofrem uma forte influência das diversas empresas cliente e em vários níveis de decisão e por este motivo evitam investir em um processo específico para um cliente e sim atender bem a partir de um processo flexível a uma gama muito maior de clientes.

Esse fato é evidente em empresas do segmento Têxtil, especificamente de embalagens de rafia do rol da indústria brasileira de transformação de termoplástico que possui um processo de fabricação similar para seus clientes com produtos personalizados e estrutura de produto idêntica.

### **3.1.1. Indústria têxtil**

#### **3.1.1.1 Histórico da Indústria Têxtil**

Segundo Araújo e Castro (1987a *apud* PAULO, 1999, p. 4) historicamente as mais antigas evidências do processo de tecelagem se encontram na Mesopotâmia e no Egito, com o uso de teares rudimentares para o processamento do linho e do algodão e apontam para o fato da indústria têxtil poder ser considerada a mais antiga do mundo. Principalmente pelo fato de que a milhares de anos o homem já construía seu abrigo e os primeiros agasalhos à base de folhas e pelos de animais.

Com o passar do tempo, ainda de acordo com os autores, o homem começou a usar fibras como linho, lã, algodão e outros, para o preparo dos produtos que passou a necessitar para a sua sobrevivência.

Historicamente Paulo (1999) afirma que algumas lendas sugere que a indústria têxtil deve ter tido origem no Egito com o linho, na China com a seda e na Índia com o algodão, lendas essas que datam a partir de 4.000 anos atrás e que os primeiros utensílios utilizados no processo têxtil nesse período são a roca e o fuso conhecidos atualmente com as devidas evoluções dos equipamentos da indústria têxtil moderna.

Nesse contexto Paulo (1999) menciona o fato de que no início a produção era manual e somente com o tempo começaram a surgir ferramentas específicas para a confecção de tecidos que facilitaram a produção dos fios, de modo que a produção de tecidos em máquinas têxteis surgiu com o aparecimento do tear mecânico no século XIX.

É importante ressaltar que a família Toyoda, fundadora da montadora mundialmente conhecida como Toyota atualmente deu início as suas atividades no segmento têxtil, sendo uma das pioneiras no avanço tecnológico dos teares mecânicos nesse período o que proporcionou anos mais tarde a partir da venda da patente para uma empresa Britânica a fundação da indústria montadora de automóveis Toyota no século XX.

Já no século XX, Araújo e Castro (1987a *apud* PAULO, 1999, p. 4) destacam duas épocas distintas do início das atividades industriais do segmento têxtil:

- 1) Na primeira metade do século XX a tecelagem convencional não sofreu grandes avanços além de alguns aperfeiçoamentos;
- 2) Já no início da segunda metade do século XX, quando do surgimento dos teares sem lançadeiras, fica caracterizada uma revolução na tecelagem. Essa nova fase acaba por consolidar-se a partir de estudos pontuais quanto à busca de maneiras mais simples e eficazes de se resolver os problemas do processo de tecelagem, melhorando a utilização dos equipamentos e eliminando desperdícios inúteis de tempo e energia. Nesse período pode ser destacado o aumento significativo dos indicadores de produtividade, da qualidade do tecido e da redução de custo.

Segundo Andrade e Santos (1987 *apud* PAULO, 1999, p. 5) devem ser destacados também que no escopo da indústria têxtil outros segmentos de produtos evoluíram paralelamente, como por exemplo, a malharia que teve início com a confecção do tricô entre os árabes e as tribos nômades utilizando a lã como matéria-prima que posteriormente divulgaram suas técnicas desde o Tibet até a Península Ibérica.

Andrade e Santos (1987 *apud* PAULO, 1999, p. 5) menciona que em 1589 William Lee criou uma máquina para a confecção de meias, que foi adotada em toda a Europa. Os primeiros artigos de algodão surgiram no século XVIII, onde já eram produzidos artigos como cortinas, cobertas, anáguas, luvas etc.

Os autores destacam que por muito tempo perdurou a produção de tecidos de malha crua, até que o surgimento de técnicas mais aperfeiçoadas de tecelagem e acabamento permitiu a introdução de tais produtos na alta costura. A partir disso, a malharia passou a ocupar posição cada vez mais destacada dentro da indústria têxtil.

Como exposto quanto aos diferentes segmentos de produtos têxteis, de acordo com Araújo e Castro (1987a *apud* PAULO, 1999, p. 5), a estamparia teve seu início antes de Cristo, mas sua ascensão se deu na Europa no século XVIII. Na época utilizava-se a técnica de gravura em alto relevo, sendo que inicialmente a partir do uso de um artefato plano e depois em rolo. Os autores referem-se à utilização do tingimento desde os tempos pré-históricos, sendo que a verdadeira industrialização data apenas do final do século XIX, deixando de ser uma arte para ser uma tecnologia cada vez mais avançada.

Segundo Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 5) é no período de 1700 a 1828 que várias descobertas e aperfeiçoamentos proveram um amplo desenvolvimento do processamento de produtos têxteis. Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 5) destacam algumas invenções da época:

- 1700 – Tear manual com lançadeira rolante;
- 1738 – Sistema de estiragem por meio de cilindros;
- 1764 – *Spinning Jenny* (aperfeiçoamento do torno de fiar à mão);
- 1794 – Descaroçador de serra;
- 1828 – Filatório de anéis.

Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 5) destaca também que a partir do século XIX novas máquinas mais aperfeiçoadas são desenvolvidas, como os teares sem lançadeira, as telas rotativas para estamperia e a fiação *open-end* e paralelamente a isso, o autor destaca que há um avanço no controle dos processos. Contudo, torna-se menor a participação ativa do operário, permitindo as indústrias têxteis confeccionar tecidos com maior qualidade e produtividade.

Andrade e Santos (1987 *apud* PAULO, 1999, p. 6) afirma que a transição da indústria de confecção a partir das atividades consideradas manuais para o avanço de uma produção considerada industrializada com o uso dos teares mecânicos e das invenções e aprimoramentos descritos, se deu no período de 1900 a 1925.

O autor destaca ainda a contribuição para essa mudança da introdução da racionalização do trabalho inerente à esse período a partir da administração científica de Frederick Taylor.

Andrade e Santos (1987 *apud* PAULO, 1999, p. 7) destaca que a engenharia industrial começou a influenciar nas operações e procedimentos usados na confecção durante o período de 1940 a 1950, quando se iniciou a adoção de métodos científicos para a gestão industrial, tais como os estudos de tempo, incentivos salariais relacionados à produtividade, planejamento, entre outros.

O autor destaca ainda que isto promoveu a melhoria no desempenho das fábricas resultando em ganhos de produtividade. A partir daí, surgiram os dispositivos mecânicos e os apetrechos, como os equipamentos de fazer pregas e as máquinas automáticas de pregar botões, que hoje em dia são comuns na indústria de confecção.

### **3.1.1.2 A Indústria Têxtil no Brasil**

Segundo Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 6) a evolução da indústria têxtil no Brasil passou por diversas etapas, caracterizando a transição da produção de bens de consumo para a produção de bens de capital (produção de máquinas têxteis).

De acordo com o autor com o início da primeira guerra mundial a indústria têxtil nacional se fortaleceu devido à escassez de produtos têxteis na Europa, uma vez que o empresariado europeu direcionou esforços para a produção de materiais bélicos.

Ainda segundo Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 6) o cenário muda quando do fim da guerra, a partir do momento em que os produtores estrangeiros com o propósito de manter seus recursos de manufatura em operação passam a dar prioridade à produção de bens de consumo, entre os produtos os produtos têxteis, tentando reconquistar a participação do mercado que havia sido perdida durante a guerra.

Segundo o autor a concorrência chegou ao ponto do uso de práticas desleais como o *dumping* ao vender produtos abaixo da margem de lucro e do custo de fabricação, ou seja, com prejuízo, a fim de atingir o objetivo de destruir as indústrias têxteis brasileiras.

Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 7) menciona o fato de que a reação se deu através de benefícios governamentais no Brasil a partir do apoio à agricultura algodoeira com medidas protecionistas a partir da proibição de importação de máquinas têxteis.

Ações que não foram suficientes com a crise do café em 1929, período em que a indústria têxtil entrou em declínio e milhares de trabalhadores acabaram por serem demitidos.

Segundo o autor somente a partir de novas medidas tomadas pelo Governo da época, como, por exemplo, a proibição da entrada de máquinas têxteis no país e a modificação do sistema de tarifas alfandegárias, fez com que o segmento retoma-se o equilíbrio operacional com o propósito de se manter no mercado nacional à época.

Ainda, segundo Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 7), com o término da segunda guerra mundial o Brasil passou a projetar a imagem para o mercado mundial como razoável exportador de produtos têxteis por pouco tempo, pois os países que estavam com seu parque industrial abalado pela guerra começaram a se recuperar.

Nesse contexto o autor destaca que fatores como qualidade não conforme da matéria-prima, carência de mão de obra qualificada, administração e métodos de produção deficiente, entre outros fatores acabam por prejudicar a indústria têxtil nacional nas décadas seguintes a esse período.

Como esperado, e de acordo com Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 7) a tecnologia usada na fabricação das primeiras máquinas têxteis nacionais não era de domínio do Brasil e sim uma tecnologia desenvolvida por indústrias estrangeiras a partir da cópia literal dos equipamentos importados.

O autor destaca que esse fato ocorreu até a década de 50 quando o Brasil passou a comprar tecnologia e a fabricar seus equipamentos a partir da concessão de patentes. Somente a partir da década de 70, há o acesso das indústrias nacionais a uma tecnologia mais moderna para a produção de bens de capital como máquinas de fiação, teares, beneficiamento de tecidos etc.

Ribeiro (1984a *apud* PAULO, 1999, p. 8) destaca que a indústria têxtil brasileira se caracteriza pelo uso de mão de obra intensiva, tanto nas indústrias localizadas em cidades localizadas no interior dos estados como nas indústrias localizadas nas capitais ou grandes polos industriais.

Nesse contexto a indústria têxtil nacional acaba por absorver grande quantidade de mão-de-obra permitindo um aumento na oportunidade de empregos, promovendo a especialização profissional e contribuindo para as receitas federal e estadual.

Segundo o autor atualmente a indústria têxtil apresenta vários ramos de segmento de produtos e tem como objetivo transformar a matéria-prima (fibras naturais, artificiais e sintéticas) em bens de consumo como os fios e os tecidos que chegam ao consumidor na forma de roupas, toalhas, bolsas, encerados, dentre outros, ou seja, na maioria dos casos a indústria têxtil nacional apresenta uma estrutura de produção verticalizada.

Weiss *et al* Ribeiro (1993 *apud* PAULO, 1999, p. 8) consideram como setor têxtil os segmentos da cadeia responsáveis pela produção de fios (fiação), de tecidos (tecelagem e malharia) e acabamento (tingimento, estampagem e acabamento final).

Weiss *et al* Ribeiro (1993 *apud* PAULO, 1999, p. 8) consideram quatro subsetores principais que fazem parte da cadeia produtiva têxtil:

- Produção de fibras;
- Fiação, tecelagem e acabamento;
- Confecções, vestuários, artigos domésticos e industriais;
- Máquina e equipamentos para a produção têxtil.

### 3.1.1.3 Indústria Têxtil – Embalagens de Ráfia

A indústria de rafia pertence ao grupo da terceira geração da cadeia produtiva do setor petroquímico. A primeira geração é formada pelas centrais de matérias-primas. A segunda é composta pelos produtores de resinas e as indústrias de transformação formam a terceira geração.

A indústria de rafia utiliza como matéria-prima principal o Polipropileno, resina que teve a sua introdução no mercado em 1954 e tornou-se uma das mais importantes resinas termoplásticas da atualidade, sendo o terceiro termoplástico mais vendido no mundo.

O produto principal da indústria têxtil deste segmento são as embalagens de rafia, utilizadas para o acondicionamento de diversos produtos da economia brasileira, como açúcar, fertilizantes e rações para animais. Também utilizada na composição de mantas térmicas revestidas de alumínio e recentemente na confecção de sacolas retornáveis.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast, 10/2009), o segmento da indústria brasileira de transformação de termoplástico possui um grande número de pequenas empresas. Entre os anos de 2000 e 2007, 11.329 empresas foram identificadas no setor sendo que 94,3% dessas empresas foram consideradas pequenas empresas (com até 99 empregados), 5,29% são empresas de porte médio (com até 499 empregados) e apenas 1% são empresas de grande porte (com mais de 500 empregados).

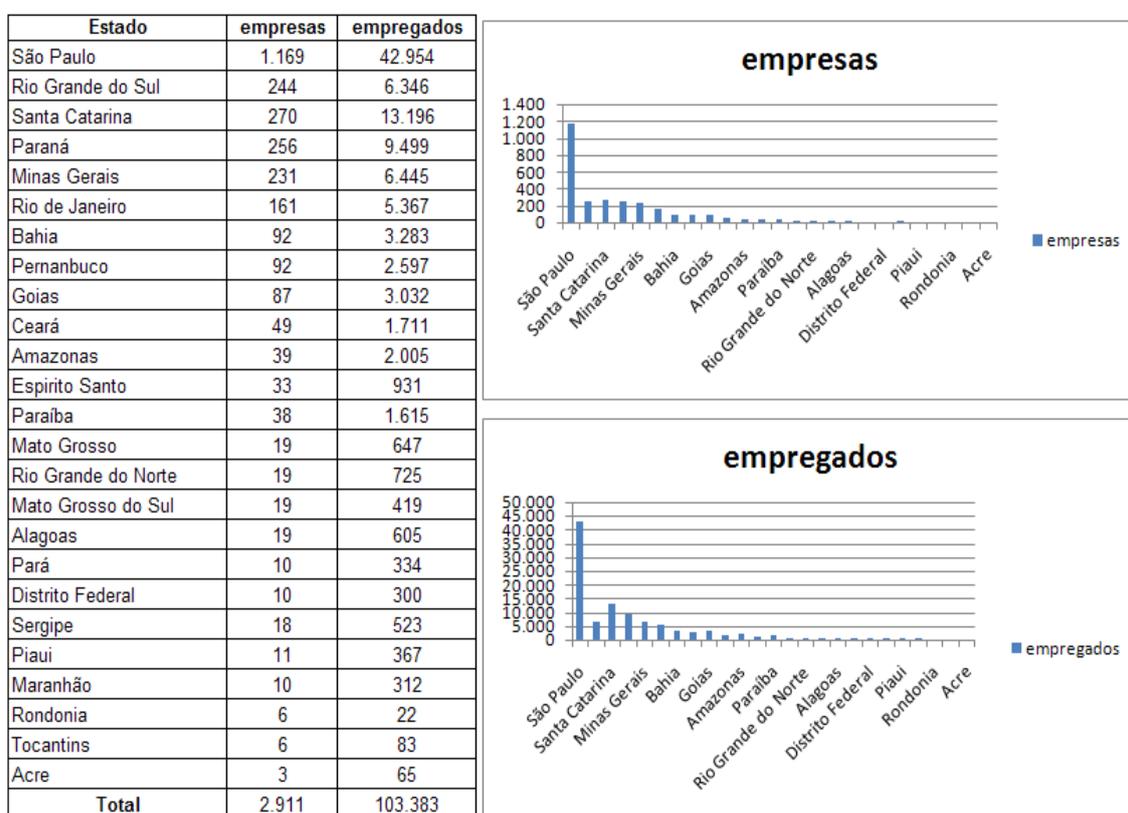
Conforme levantamento da Abiplast aproximadamente 85% das empresas transformadoras de termoplástico no Brasil encontra-se na região Sudeste e Sul do País.

O Estado de São Paulo concentra 44,6% do total de estabelecimentos (5.061 estabelecimentos). No Rio Grande do Sul estão 11%; em Santa Catarina 8%; no Paraná, 8%; em Minas Gerais 7%, e no Rio de Janeiro, 5% do total de estabelecimentos brasileiros.

Complementando, a Abiplast relata que o segmento da indústria brasileira de transformação de termoplástico tem como uma das características utilizarem mão de obra intensiva sendo que do total de empregados do setor 81% estão diretamente alocados na área de produção, 15% atuam na área administrativa e 4% dizem respeito aos proprietários e sócios.

Quanto ao nível de escolaridade da mão de obra empregada no setor têxtil de embalagens envolvendo a transformação de plástico, verifica-se que 48,8% dos empregados não têm o ensino médio completo, 43,7% possuem o ensino médio, 3,1% estão cursando o ensino superior e 4,3% tem o nível superior completo, conforme dados do Ministério do Trabalho e Emprego extraído da RAIS – Relação Anual de Informações Sociais do ano calendário de 2007. Ainda segundo o relatório da Indústria de Transformação de Termoplástico da Abiplast (2009) a concentração de empresas desse segmento encontra-se concentrada no estado de São Paulo de acordo com a Figura 3.1.

Figura 3.1 – Concentração das Indústrias de Transformação de Material Plástico no Brasil. Fonte: ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico (2009).



O fato da indústria de transformação de termoplástico ser de uso intensivo de mão de obra implica na necessidade constante de atualização e treinamento dos profissionais que atuam na área em função da grande maioria das vezes operarem a partir de diferentes processos de fabricação com alto nível de complexidade e variabilidade.

Esse conjunto de fatores compromete a competitividade dessas empresas além de se tratar de empresas familiares e de estrutura administrativa extremamente enxuta.

O problema dos pequenos empresários quanto à informação é o próprio gerenciamento dela, os fatores que contribuem para esse problema é a instabilidade econômica, a escassez de mão-de-obra qualificada, a centralização da tomada de decisão, a dificuldade em implantar estratégias competitivas e praticamente inexistência de utilização da Tecnologia de Informação e do Sistema de Informação nessas empresas. Quanto ao processo de fabricação das indústrias têxteis fabricantes de embalagens de rafia a estrutura é, na grande maioria dos casos, vertical sendo produzido desde a fita (trama e urdume) no processo de extrusão até a impressão, corte, costura e fardamento das embalagens de rafia.

Contudo, dentre as principais restrições no chão de fábrica que limitam a capacidade dessas empresas de operarem com custos de operação reduzidos encontra-se falta de uma estrutura do departamento de planejamento e controle da produção que domine todas as particularidades do processo de fabricação de modo a realizar os ajustes necessários às necessidades desse segmento quanto ao atendimento à demanda.

Além da estrutura do departamento de planejamento e controle da produção a carência de um sistema especialista de programação da produção e o controle efetivo da operação afeta os resultados quanto ao processo de atendimento à demanda pela complexidade do sistema de produção dessas empresas.

A falta de uma adequação da estrutura da área de planejamento e controle descrita acaba gerando ineficiências que podem comprometer o negócio. Qualquer perda ao longo do processo de fabricação pode ser desastrosa. Contudo, além do alto investimento necessário em tecnologia do maquinário há uma complexidade a ser considerada em cada etapa de fabricação em função da dependência do desempenho de cada equipamento de parâmetros de processamento específicos por processo como: temperatura, tensão de estiramento das fitas, qualidade da matéria prima, habilidades e competências da mão de obra, ajuste das máquinas, entre outros.

O presente trabalho apresenta a partir de uma pesquisa de campo para a coleta dos dados e registros do processo de fabricação durante aproximadamente dois anos um modelo de simulação computacional de eventos discretos que contempla a fábrica toda com o objetivo de ao reproduzir virtualmente a fábrica poder gerar cenários possíveis de operação da fábrica de modo a definir o mapa de fluxo de valor futuro da produção através da simulação e propor mudanças no projeto do sistema de produção atual da empresa objeto do presente estudo.

## 3.2 Estudo de caso

### 3.2.1 Introdução

O sistema de produção objeto do estudo da pesquisa de campo da presente dissertação partir do mapeamento dos processos de fabricação da indústria pesquisada realizado durante o desenvolvimento da dissertação do discente Emerson Marcos Minotti, do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara do grupo de pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção.

A dissertação citada foi defendida no ano letivo de 2011. Todo o levantamento de dados e registros, assim como, os mapas do fluxo de valor atual da empresa encontram-se nos volumes I e II da dissertação mencionada. O mapeamento descrito contou com a participação de 2 alunos de graduação como estagiários financiados pela empresa, 2 alunos recém-formados do curso de graduação em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara, também financiados pela empresa (com experiência na aplicação da técnica de mapeamento de fluxo de valor do *Lean Manufacturing*) e 2 alunos de Mestrado: Emerson Marcos Minotti como mencionado e a autora do presente trabalho. Há, contudo, quanto às despesas de deslocamento e busca das referências bibliográficas citadas a contribuição da CAPES – Programa Nacional de Pós-Doutorado - PNPd/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP e do apoio técnico do aluno de pós-doutorado também financiado pelo projeto Fábio Ferraz Júnior.

É importante ressaltar também que o mapeamento dos processos de fabricação foi realizado *in loco* durante o período do início do ano de 2010 ao término do ano de 2011, o que permitiu o registro dos dados da operação da fábrica, como consta na dissertação do aluno Emerson Marcos Minotti. Os registros documentados na dissertação do aluno Emerson Marcos Minotti foram utilizados no desenvolvimento do modelo de simulação do presente trabalho, aplicado com o uso do *software* de simulação de eventos discretos *Arena 11.0 Professional* descrito no Volume II da presente dissertação como apêndice. A viabilidade da construção do modelo de simulação computacional do sistema de produção da empresa objeto do presente estudo somente existiu a partir do primeiro trabalho publicado e do envolvimento do grupo de pesquisa. Em função do apoio do grupo de pesquisa, como mencionado, o tempo de execução dos trabalhos não impediu a realização dos dois trabalhos em sequência no

período de tempo gasto do início do desenvolvimento dos estudos da primeira dissertação até o término da 2ª dissertação (presente trabalho), que durou aproximadamente 4 anos de pesquisa em uma única empresa.

É importante destacar, contudo, que a descrição apresentada neste capítulo dos processos de fabricação da indústria objeto do estudo, é uma síntese da descrição dos processos que consta na dissertação do aluno Emerson Marcos Minotti, pelo fato do sistema de produção pesquisado em ambas as dissertações ser o mesmo, mas com foco e consequentemente o objetivo central, distintos. O objetivo de não abordar em detalhes o processo de fabricação da empresa no presente trabalho é o de não se tornar um trabalho réplica ou cópia do primeiro, além do extenso volume de material que acarreta a união dos trabalhos em um único exemplar.

A primeira dissertação aborda o mapeamento dos processos de fabricação para o desenvolvimento do modelo de programação da produção aplicado a partir do uso do *software* especialista em programação da produção *Preactor*, e a segunda dissertação aborda o mapeamento dos processos de fabricação para o desenvolvimento do modelo de simulação de eventos discretos, aplicado a partir do uso do *software* de simulação de eventos discretos Arena 11.0 Profissional. O modelo de simulação de eventos discretos, desenvolvido com base no mapeamento dos processos de fabricação descrito é apresentado no volume II da presente dissertação, como já mencionado anteriormente.

Quanto à contribuição do presente trabalho deve ser destacado:

- 1) De acordo com a literatura os *papers* publicados com estudos direcionados a aplicação do VSM e simulação em ambientes *Lean Manufacturing* têm como principal foco o setor automobilístico. O presente trabalho aplica o VSM e a simulação em uma empresa do setor têxtil;
- 2) Há na literatura trabalhos com aplicação pontual em partes da fábrica ou células de manufatura. O presente trabalho aborda a modelagem de uma fábrica têxtil inteira, porta a porta;
- 3) O presente trabalho apresenta como resultado a concepção do mapa do fluxo de valor futuro do sistema de produção objeto do estudo a partir do uso da simulação computacional de eventos discretos;
- 4) O presente trabalho aborda os resultados a serem alcançados com a mudança do *layout* da fábrica a partir da validação na simulação computacional. De acordo com a literatura há poucos trabalhos com esse propósito.

### 3.2.2 Sistema de Manufatura

A indústria Têxtil Godoy Ltda. deu início as suas operações de fabricação de tecidos de algodão, tipo brim no ano de 1969 em Ribeirão Bonito/SP, a pouco mais de 260 km da capital paulista.

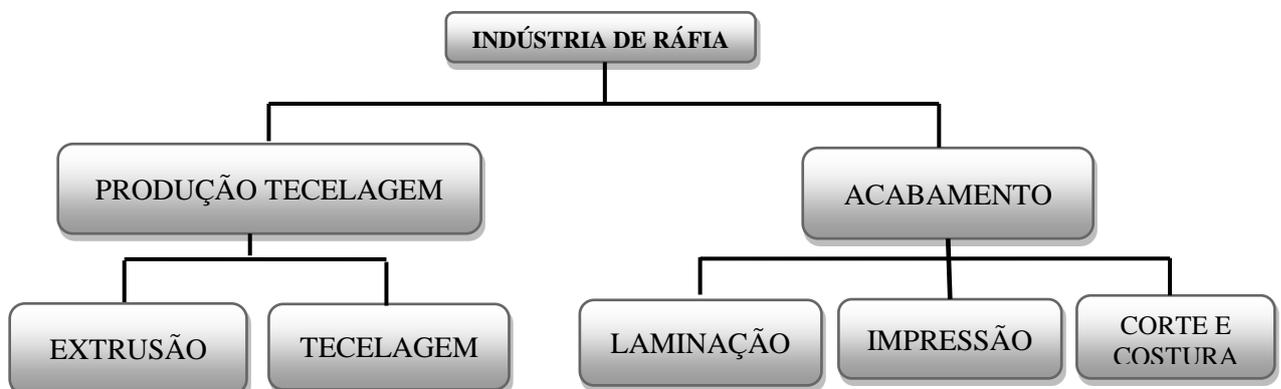
Com mudanças da tecnologia inerente à fabricação de tecidos utilizados como embalagens de produtos acabados por indústrias de diferentes segmentos, como por exemplo, indústrias de fabricação de açúcar, ração animal, fertilizantes entre outras, por volta de 1982, e acompanhando como mencionado às inovações tecnológicas que o mercado passou a exigir, a empresa direcionou seu *mix* de produtos para embalagens de rafia. Consequentemente a indústria passou também à produção de fitas, tecidos de rafia e embalagens de rafia de polipropileno a partir da aquisição de novas máquinas relacionadas aos processos: de extrusão, tecelagem, laminação e impressão especializando-se em embalagens para ração animal e açúcar como mencionado.

Atualmente sua instalação fabril ocupa uma área de aproximadamente 24.000 metros quadrados. A Têxtil Godoy Ltda. também é uma empresa especializada na fabricação de mantas térmicas revestidas de alumínio.

A partir da inovação tecnológica adquirida a empresa foi dividida quanto aos processos de fabricação em seis setores de fabricação principais: Extrusão, Tecelagem, Laminação, Impressão e Corte e Costura de acordo com a Figura 3.2.

Atualmente todas as etapas do processo produtivo são realizadas na empresa, estrutura de manufatura verticalizada.

Figura 3.2 – Processos de fabricação da Têxtil Godoy Ltda. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



Os tópicos seguintes descrevem cada um dos processos de fabricação que consta na Figura 3.2.

### 3.2.3 Caracterização do processo de fabricação

A indústria objeto do estudo pode ser classificada, de acordo com o seu processo de manufatura de acordo com os tópicos relacionados.

1. **Tipo de indústria:** indústria de transformação de material plástico (polipropileno);
2. **Setor:** indústria têxtil;
3. **Tipo de produção:** produção por encomenda (MTO – *Make To Order*);
4. **Tamanho:** de pequeno porte, em torno de 90 funcionários;
5. **Recursos de manufatura:** uso de mão de obra intensiva com baixo grau de escolaridade e recursos produtivos com processos de fabricação complexos: extrusão, tecelagem, laminação, impressão e corte e costura;
6. **Habilidades e competências da mão de obra:** *Turnover* elevado (índice de rotatividade de pessoal).

#### 3.2.3.1 Processo Produtivo

A fábrica tem como principal matéria-prima o polipropileno, uma resina muito resistente ao calor e principalmente à fadiga, o que possibilita a sua dobra repetidas vezes sem se romper.

O processo produtivo para transformação do polipropileno em fitas – trama, urdume e fio de costura e sua utilização para confecção de embalagens de rafia é dividido em três setores principais: Extrusão; Tecelagem e Acabamento, de acordo com a Figura 3.2. Esses três setores podem ser analisados individualmente, sendo caracterizados como sistemas contínuos quando observados isoladamente.

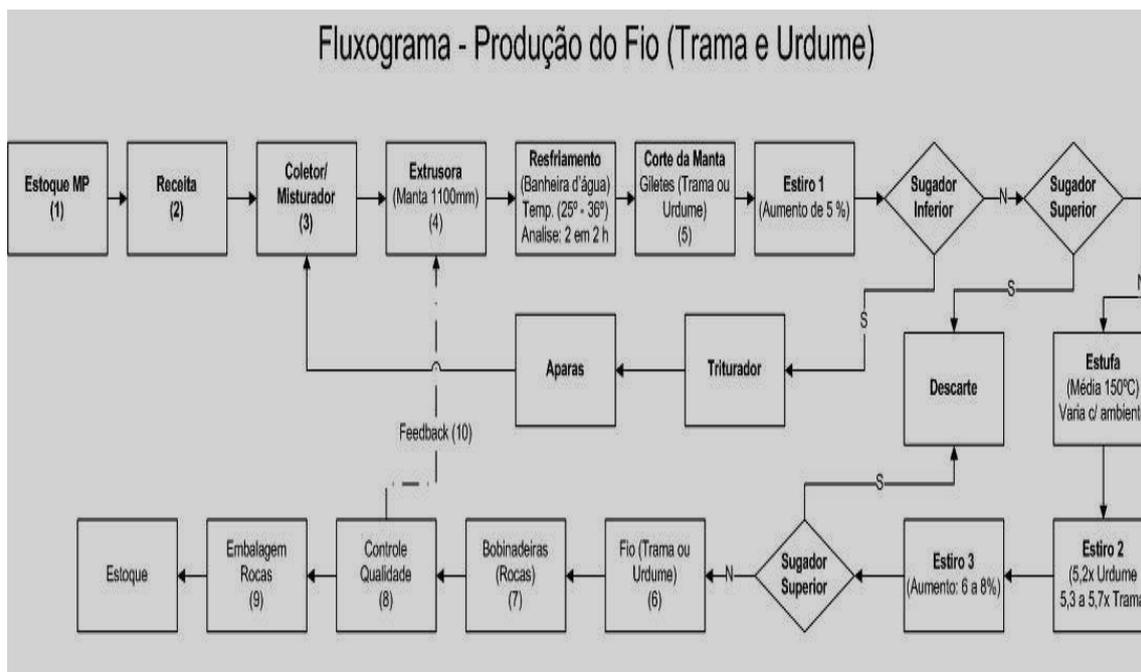
A integração do fluxo de produção demonstra problemas de transferência de material entre os processos e caracteriza a fabricação como processo discreto de produção.

Os tópicos seguintes descrevem cada um dos processos de fabricação de acordo com o fluxo de fabricação de cada área relacionada.

### 3.2.3.1.2 Processo Extrusão

A Figura 3.3 ilustra o fluxograma da produção das fitas de polipropileno fabricadas no processo de extrusão.

Figura 3.3 - Fluxograma da produção das fitas. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



A máquina de extrusão possui em torno de 15 anos de uso no processo. Esse tipo de máquina tem seu desempenho operacional diretamente dependente do fuso (eixo central de extrusão) o qual define a eficiência da máquina quanto à produtividade e a qualidade das fitas fabricadas.

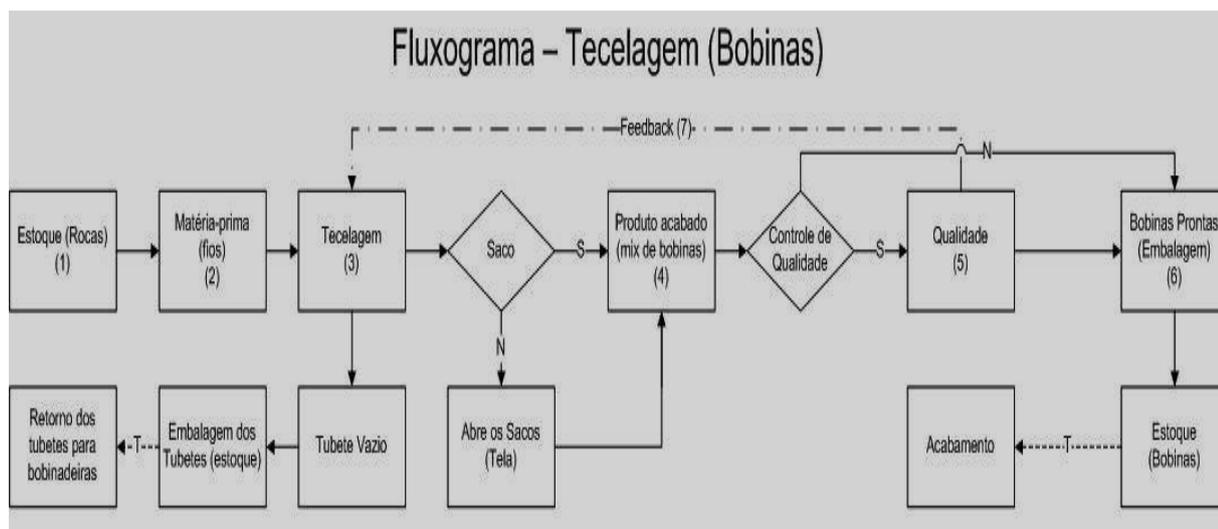
A empresa realizou a troca do fuso no ano de 2010 e contratou temporariamente um técnico do processo de extrusão para o treinamento dos operadores da máquina quanto ao controle de temperatura e demais parâmetros de operação da máquina elevando o seu desempenho.

A tecnologia de operação da máquina encontra-se defasada para os dias atuais para esse tipo de processo. É importante destacar nesse caso, que o processo de extrusão pode ser considerado como o processo mais importante desse tipo de indústria, o qual define o desempenho da fábrica como um todo.

### 3.2.3.1.3 Processo Tecelagem

A Figura 3.4 apresenta o fluxograma do processo de tecelagem.

Figura 3.4 - Fluxograma da produção dos tecidos (Tecelagem). Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



A partir das rocas (tubetes com fita) geradas pelo processo de extrusão, tem-se uma fórmula para o cálculo das quantidades de fitas (Urdume ou trama) necessárias para os diferentes tipos e tamanhos e especificações de tecido, de acordo com a equação 3.2.

Equação 3.1

$$\text{(Largura do tecido x 2) / Largura do Urdume}$$

Variando de 285 até 546fitas (urdume) e 6 fitas (trama)

Com as quantidades determinadas, as fitas são passadas nos teares, com tempo de *setup* para esta operação em torno de 4 horas, utilizando apenas um operário. Inicia-se à produção do tecido, e as dimensões possíveis variam de 380 mm a 800 mm de diâmetro para embalagem de ráfia. No caso das telas o mesmo tecido produzido para embalagem de ráfia é cortado em um dos lados através de uma resistência elétrica, e podem atingir de 760 mm a 1600 mm de largura. Ambos os tecidos para tela ou embalagem de ráfia são bobinados em bobinas das quais são retiradas amostras para o controle de qualidade da gramatura e das especificações desejadas.

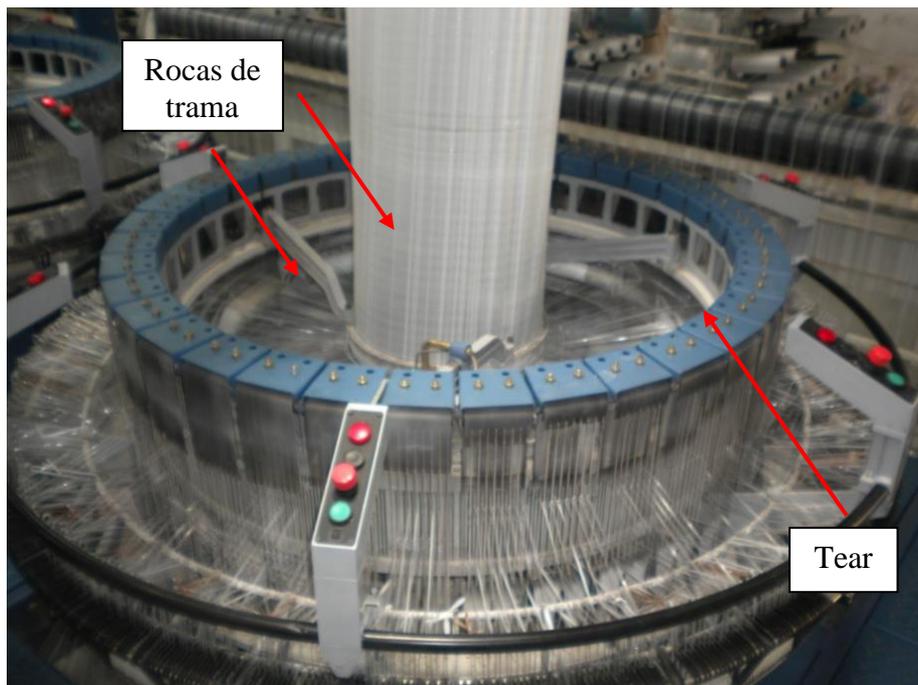
As bobinas são estocadas e liberadas para o setor de acabamento. As rocas depois de utilizadas na tecelagem tornam-se tubetes vazios que retornam para as bobinadeiras do setor de produção de fita (extrusão), para serem reutilizadas.

As Figuras 3.5 e 3.6 ilustram os teares em operação. A Figura 3.5 ilustra a bobina produzida de tecido de ráfia e a Figura 3.6 o tear em operação.

Figura 3.5 - Teares (Tecelagem). Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



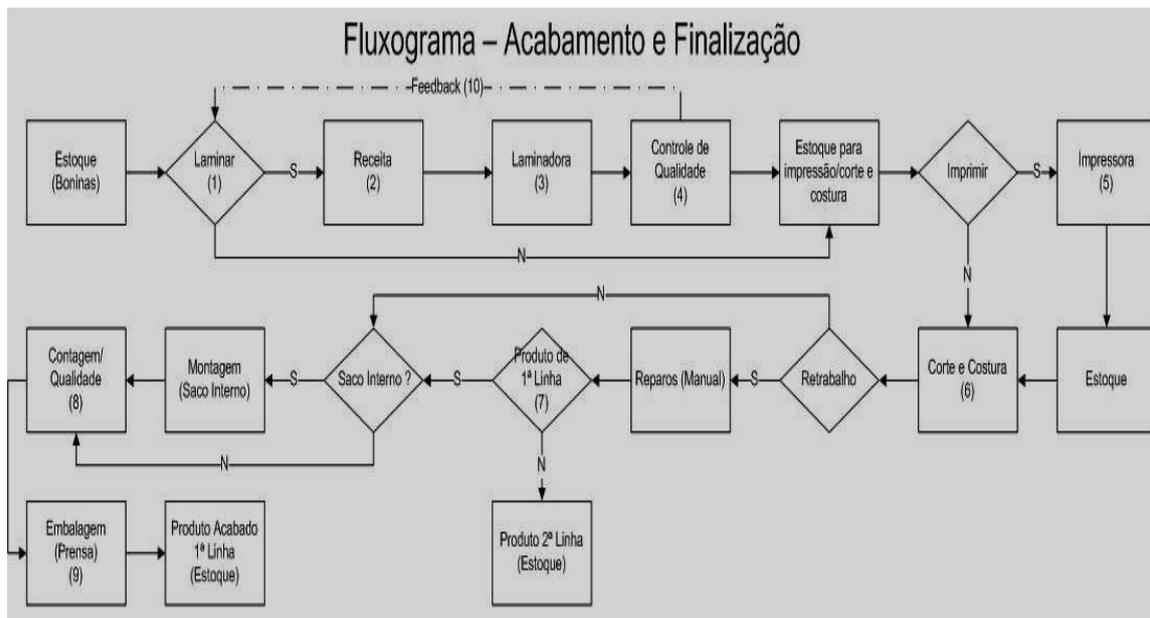
Figura 3.6 - Teares (Tecelagem). Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



### 3.2.3.1.4 Processos: acabamento - laminação, impressão, corte e costura

O fluxograma da Figura 3.7 apresenta o fluxo de produção a partir dos processos: laminação, impressão, corte e costura.

Figura 3.7 – Fluxograma do acabamento das embalagens de rafia. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



### 3.2.3.1.5 Processo Laminação

O setor de acabamento tem início na laminação. A máquina laminadora, assim como a extrusora, utiliza as matérias primas polipropileno e polietileno para produção do filme de laminação e os componentes da lâmina a ser depositada no tecido de rafia.

A cada duas ou três bobinas laminadas os operadores realizam o teste de qualidade para conferência da gramatura especificada, e o tecido laminado quando acabado na operação de laminação pode seguir até dois fluxos de produção destinados: corte e costura se não tiver impressão, caso contrário é transferido para a área de impressão.

A laminadora é mantida em operação com a velocidade média de 100 metros/minutos, porém essa velocidade de trabalho sofre alterações quando variáveis de especificação dos tecidos, como peso e largura, são modificadas no painel de controle localizado na lateral da máquina de acordo com a Figura 3.8.

Figura 3.8 – Laminadora. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



### 3.2.3.1.6 Processo impressão

A máquina impressora pode executar o processo de impressão em ambos os lados da bobina, frente e verso, em uma mesma operação e tem capacidade para 4 cores quando o processo é realizado na impressora *Thunder Comat* e em até 6 cores quando o processo de impressão é realizado na impressora *Padane*.

O processo de impressão pode ser dividido em mais de uma etapa dependendo da arte do *layout* de impressão: 2 frentes e 2 versos; 1 frente e 3 versos; etc.).

A impressora tem uma velocidade média aproximada de 70 metros/minuto, e também sofre alterações na velocidade de acordo com a quantidade de cores utilizadas como lados a serem impressos e se o tecido é laminado ou não. A máquina de impressão *Thunder Comat* é mostrada na Figura 3.9. Recentemente a indústria adquiriu a impressora *Padane*, usada para todo tipo de impressão. Somente a impressora *Padane* pode realizar impressões de até seis cores diferentes.

A impressora *Padane* atende às novas exigências dos clientes na modernização de suas embalagens e contribui para o atendimento dos pedidos dentro do prazo, quanto ao aumento da capacidade de impressão da fábrica somado a capacidade da impressora *Thunder Comat*.

A Figura 3.9 mostra a vista frontal da máquina impressora *Padane* e a Figura 3.10 mostra a vista frontal da máquina impressora *Thunder Comat*.

Figura 3.9– Vista Frontal da Impressora *Padane* 6 cores. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).

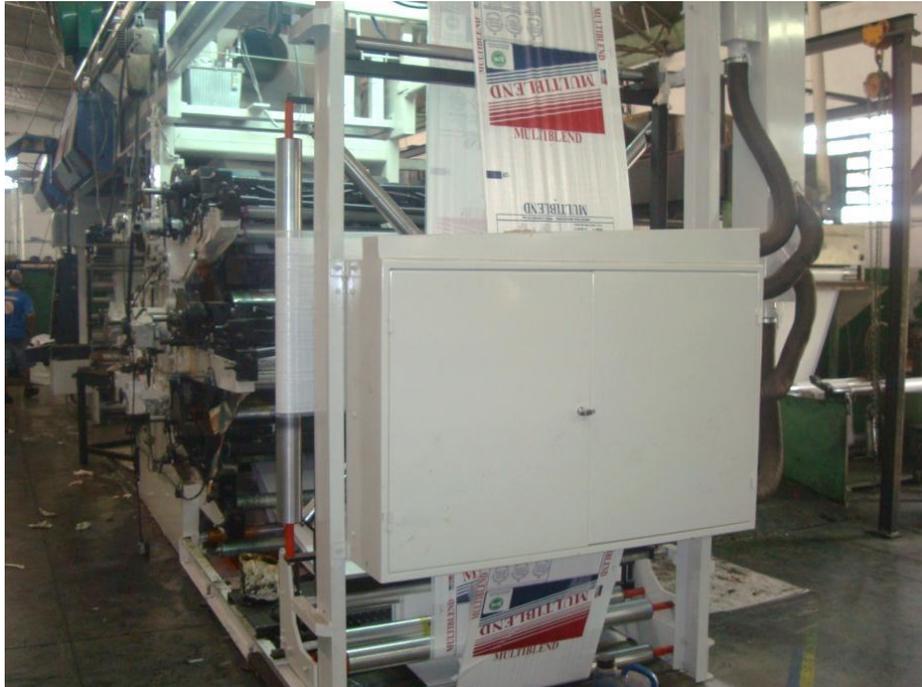


Figura 3.10 – Impressora *Thunder Comat* 4 cores. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).

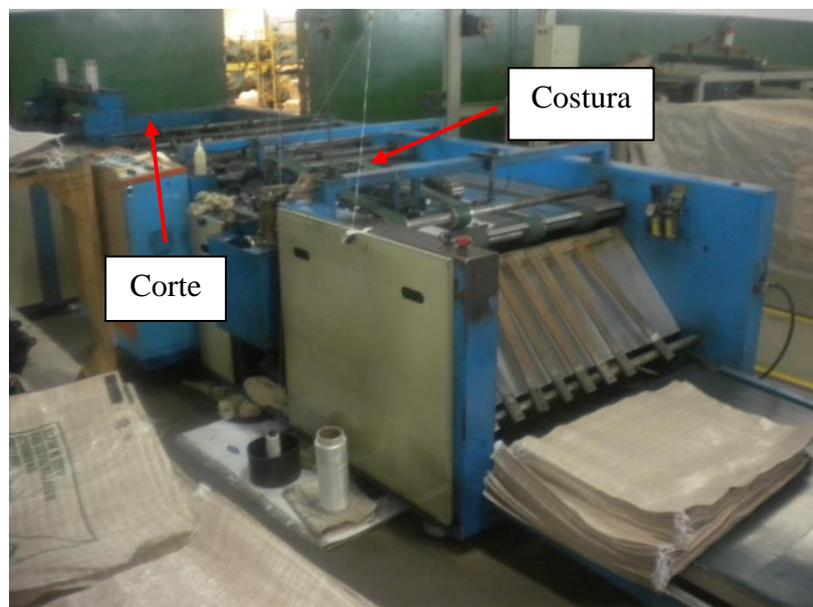


### 3.2.3.1.7 Processo de corte e costura

O tecido após impresso segue para o processo de corte e costura. O processo de corte e costura pode ocorrer de duas maneiras: a quente, (tecido não laminado só pode cortar a quente) e a frio (tecido laminado ou não laminado) nas medidas especificadas.

Após o processo de corte e costura os fardos de embalagem de rafia passam por um controle de qualidade e são separados em embalagem de rafia de primeira e de segunda linha de acordo com a Figura 3.11 que representa o processo de corte e costura.

Figura 3.11 – Corte e costura. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



A embalagem de rafia de primeira linha com *status* de acabada pode ainda receber um envelope plástico interno (*liner*), neste caso segue para a montagem/colocação desse envelope para então serem contadas e embaladas em fardos.

A colocação do *liner* é uma atividade do processo de fabricação do produto como apresentado na Figura 3.12.

A Tabela 3.1 resume os tipos de equipamentos do processo produtivo e número de equipamentos disponível da indústria objeto do estudo do presente trabalho.

Figura 3.12 – Colocação do liner. Fonte: Emerson Marcos Minotti (2011).



Tabela 3.1 - Equipamentos do Processo Produtivo. Fonte: Próprio autor.

<b>Processo</b>	<b>Equipamento</b>
Extrusão	1
Tecelagem	12
Laminadora	1
Impressão	2
Máquinas de Corte e Costura	4
Máquinas de Corte	1
Máquinas de Costura	5
Operação Manual de Corte & Costura	3 (mão de obra direta)

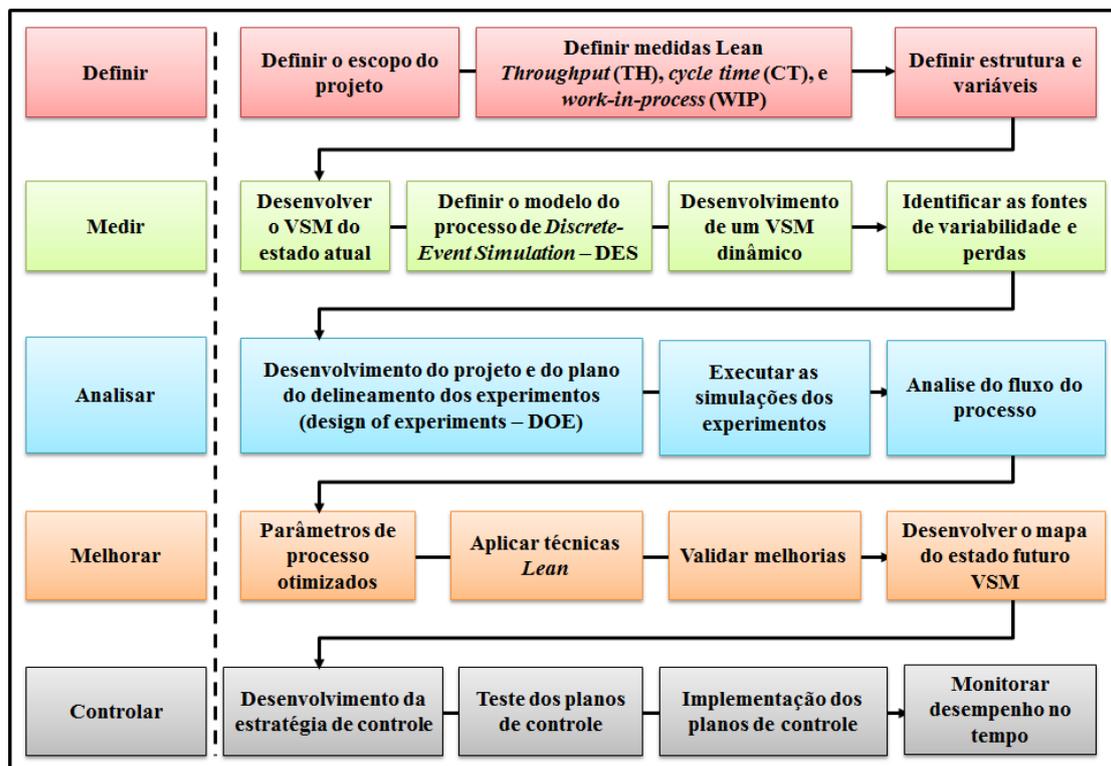
### 3.3 Modelo de simulação de eventos discretos – *Software Arena 11.0 Profissional*

#### 3.3.1 Modelo Desenvolvido

O modelo computacional desenvolvido e aplicado no presente trabalho para a simulação de eventos discretos teve todo o processo de construção baseado no fluxo do processo de construção do modelo de simulação proposto pelos autores El-Haik *et al* (2006), os quais fornecem um roteiro para o uso da simulação de eventos discretos para a melhoria dos processos de fabricação, de acordo com a Figura 3.13, igual a Figura 2.4 (página 30) do capítulo 2 do presente trabalho.

É importante ressaltar que para o tipo de empresa estudado, indústria de transformação do segmento têxtil o uso de mão de obra intensiva é um grande problema para a otimização do uso dos recursos de manufatura, uma vez que esses recursos são sensíveis a variáveis que requerem um controle efetivo, como por exemplo: velocidade de processamento das máquinas, temperatura (extrusora e laminadora), pressão (extrusora e laminadora), lubrificação (todas as máquinas), qualidade da matéria prima (todas as máquinas), procedimentos definidos em instruções de trabalho elaboradas adequadamente e seguidas com precisão pelos colaboradores entre outros fatores.

Figura 3.13 - Fluxo do processo de construção do modelo de simulação. Fonte: El-Haik *and* Al-Aomar (2006: p.201).



Para o desenvolvimento do modelo do presente trabalho, em cada uma das etapas propostas pelos autores, foi definido por linha do roteiro:

**Definir:**

- 1) Escopo do projeto – construir o mapa do fluxo de valor futuro a partir dos dados levantados nos mapas do fluxo de valor atual, e do uso do modelo de simulação computacional de eventos discretos a partir do uso do *software* ARENA 11.0 *Profissional* com o respectivo dimensionamento dos estoques de segurança e dimensionamento dos cartões *kanban*, a fim de caracterizar o projeto e operação do sistema de produção *Lean Manufacturing* da fábrica objeto do estudo.
- 2) Medidas de desempenho *Lean* adotadas e medidas para cada cenário:
  - a) Produtividade – *Throughput* (TH);
  - b) Tempo de ciclo – *Cycle time* (CT);
  - c) Estoque em processo – *Work in process* (WIP);
  - d) Tempo de permanência no sistema (*Lead Time*);
  - e) Tempo de espera (*Wait time*).
- 3) Estrutura e variáveis – definição dos recursos de fabricação a partir dos processos de fabricação: extrusão, tecelagem, laminação, impressão, corte & costura, operação de corte e costura manual e embalagem a partir dos blocos funcionais no formato *de templates* disponíveis no *software* de simulação de eventos discretos ARENA 11.0 *Profissional*.

**Medir:**

- 1) VSM do estado atual – desenvolvido *in loco* na fábrica objeto do estudo com a definição das famílias de produtos por processos de fabricação.
- 2) Modelo do processo de simulação de eventos discretos – modelo desenvolvido no presente trabalho e descrito no volume II como apêndice.
- 3) VSM dinâmico – definido a partir do modelo de simulação computacional com o uso do *software* ARENA 11.0 *Profissional* e apresentado no formato de VSM como mapa do fluxo de valor futuro.
- 4) Fonte de variabilidade e perdas – as fontes de variabilidade e perdas consideradas no presente trabalho para o sistema de produção estudado contempla perdas na movimentação dos materiais em função do *layout* atual, e perdas no processo de impressão em função do tempo de *setup* a partir da variação do número de cores do processo de impressão.

**Analisar:**

- 1) Desenvolvimento do projeto e do plano de detalhamento dos experimentos:

**Proposta de Experimentação – Planejamento Fatorial da simulação computacional de eventos discretos dos cenários**

Após o mapeamento dos processos de fabricação realizado durante o desenvolvimento da dissertação de Mestrado do aluno Emerson Marcos Minotti, como trabalho realizado como pesquisa de campo, foi possível registrar dados e informações a partir do:

- 1) Apontamento do tempo de processamento;
- 2) Apontamento do tempo de movimentação;
- 3) Identificação das variáveis de processo e,
- 4) A descrição do processo de realização do *setup* da máquina impressora.

O presente trabalho, como proposta de pesquisa do sistema de produção da indústria têxtil objeto de estudo teve como foco principal a construção de modelo de simulação computacional de eventos discretos do ambiente de manufatura abordado, com o uso do *software* de simulação Arena 11.0 *Professional*.

Testes realizados com o propósito de aferir o modelo a partir da comparação com os dados apontados na pesquisa de campo foram vários, agrupados como parte do cenário definido como 1 e descartados na pesquisa após o ajuste final do modelo definido como cenário 2. Contudo, o modelo aferido e considerado o mais próximo dos resultados obtidos na operação da indústria foi considerado como o modelo definitivo do cenário 2.

Com a deficiência de desempenho visível do sistema de produção e o custo operacional da fábrica objeto do estudo dos padrões de competitividade do setor Têxtil de produtos de rafia e, das dificuldades de se realizar uma experimentação do processo de impressão como parte do processo de fabricação *in loco*, além da influência do seu desempenho no indicador de produtividade da fábrica para esse trabalho, foi definida, como estratégia de experimentação realizar um estudo visando determinar quais variáveis do sistema podem ser consideradas críticas e responsáveis pelo seu desempenho atual abaixo do esperado.

A partir da capacidade de produção efetiva dos equipamentos de produção, de acordo com a capacidade nominal definida pelos fabricantes, foi definido o tempo de processamento de cada unidade dos produtos das respectivas famílias de produtos, tempos de processamento obviamente comparados com os tempos realizados *in loco*.

É importante destacar diante desse complexo sistema fabril que estudos direcionados a avaliar o grau de influência de cada uma das variáveis relacionadas *in loco* requer um esforço significativo quanto ao apontamento constante de todo o processo, o que demandaria um tempo de experimentação significativo, além das restrições de atuação do pesquisador no chão de fábrica. No presente trabalho a questão levantada no parágrafo anterior pôde ser constatado no mapeamento dos processos realizado durante o desenvolvimento da dissertação do aluno Emerson Marcos Minotti, o qual contou com uma equipe como, já mencionado anteriormente:

- 1) Dois estagiários permanentes na indústria com jornadas de trabalho de 6 horas diárias por semana e;
- 2) Dois alunos recém-formados em Engenharia de Produção especialistas em *Lean Manufacturing* na supervisão semanal dos trabalhos.

Contudo, com a equipe mencionada o período de duração do mapeamento do processo de fabricação como mencionado compreendeu em torno de 18 meses de estudo, que em função do termino do contrato dos estagiários posteriormente ao trabalho de mapeamento descrito, não foi possível realizar no processo de adequação do sistema de produção a implantação da proposta a partir de um projeto de melhoria.

A alternativa para o presente trabalho, a partir dos dados obtidos da dissertação do aluno Emerson Marcos Minotti foi a de fazer uso da simulação com o apoio dos dados reais do processo de fabricação objeto do estudo para o desenvolvimento da análise combinada dos fatores de influência no desempenho operacional do sistema.

As alterações dos fatores foram realizadas passo a passo com a geração de cenários com o objetivo de avaliar o impacto combinado desses fatores no desempenho do sistema inteiro. É importante, desse modo, enfatizar que toda alteração das variáveis relacionadas respeitou critérios lógicos para a mudança com o propósito de que, qualquer alteração realizada e posteriormente avaliada quanto aos resultados da simulação é exequível na prática. A principal mudança considerada nesse contexto é a redução das perdas de tempo na operação do sistema de produção, perdas essas relacionadas à movimentação de materiais entre os processos e tempo de *setup*.

Nesse caso, as principais variáveis relacionadas com o desempenho do sistema de produção estudado, especificamente no processo de impressão são:

1. Tempo de preparação do clichê de impressão a ser realizado com a máquina parada e a ser realizado como *setup* externo com modificação no procedimento de preparação proposto no presente trabalho;
2. Tempo de preparação das tintas utilizadas no processo de impressão, considerando a partir da possibilidade do processo de impressão operar com até seis cores diferentes de acordo com o padrão de impressão definido eliminando a mudança da cor, como por exemplo, a cor preta, reduzindo de seis para cinco cores a serem preparadas em recipientes específicos como *setup* externo, eliminando a limpeza dos recipientes com a máquina parada, fazendo apenas a troca dos recipientes e dos bicos de impressão;
3. Adequação do sistema de fixação das engrenagens da máquina impressora, trocadas de acordo com a velocidade de impressão e do número de cores de impressão, mantendo como *setup* externo toda e qualquer atividade que não necessita ser realizada na máquina parada;
4. Redução das distâncias de movimentação do operador da máquina na busca dos componentes utilizados no processo de *setup* como engrenagens, tintas, clichê e ferramentas, e a definição da função auxiliar de preparação da máquina eliminando do operador da máquina as atividades relacionadas ao *setup* que possam vir a comprometer o acionamento antecipado da máquina.

Como atividades do sistema de produção como um todo que reduzem a produtividade da fábrica apenas será considerado o tempo de movimentação de materiais entre os processos, alterados a partir da mudança de *layout* já considerada como exequível pelo Diretor Industrial da fábrica. O objetivo é a partir dos cenários gerados, identificar e mensurar os ganhos possíveis esperados. Com o propósito descrito o projeto fatorial do experimento através da simulação é do tipo  $2^k$ , visando melhor conhecer as relações entre os elementos citados e a variável tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção. De acordo com o exposto a principal variável a ser considerada é a redução das perdas de tempo na operação do sistema de produção considerado, tempo de *setup* da máquina impressora e tempo de movimentação entre os processos na operação da fábrica. Os valores sugeridos para os dois níveis dos  $k$  fatores são descritos na Tabela 3.2.



- 2) Execução das simulações – 19 simulações com os resultados e análises descritas no **Capítulo 4**.
- 3) Análise do fluxo do processo – as análises definitivas do fluxo de produção envolvendo os respectivos processos de fabricação, após a execução das simulações com base nos cenários gerados, encontram-se no **Capítulo 5**.

**Melhorar:**

- 1) Parâmetros de processo otimizados – os parâmetros de processo otimizados neste trabalho são:
  - a) Produtividade – *Throughput* (TH);
  - b) Tempo de ciclo – *Cycle time* (CT);
  - c) Estoque em processo – *Work in process* (WIP);
  - d) Tempo de permanência no sistema (*Lead Time*);
  - e) Tempo de espera (*Wait time*).
- f) Aplicação das técnicas *Lean* – a aplicação das técnicas *Lean in loco* deve ser realizado posteriormente a conclusão do presente trabalho por dois motivos:
  - a) O foco do presente trabalho foi o de propor o mapa do fluxo de valor futuro apenas, sem a implementação;
  - b) Não havia tempo suficiente, no momento em que o presente trabalho foi concluído, em implantar o mapa do fluxo de valor futuro.
- g) Validação das melhorias – apenas foram analisadas com base nos resultados do modelo computacional as possibilidades de ganhos confiáveis ou certos de ocorrer não havendo tempo necessário para implantar o projeto de mudança ou de melhoria e, portanto, validá-lo.

- h) Desenvolvimento do mapa do fluxo de valor futuro – é apresentado no capítulo 5 do presente trabalho o mapa do fluxo de valor futuro a partir dos resultados da simulação computacional, realizado como escopo do presente trabalho.

**Controlar:**

- 1) Desenvolvimento da estratégia de controle – foi proposto e implantado um sistema de controle do tempo de processamento e de *setup* das máquinas impressoras devendo ser posteriormente a esse trabalho, consolidado outras estratégias de medição e controle dos processos de fabricação.
- 2) Teste dos planos de controle – como exposto cabe como trabalhos futuros ao término da presente dissertação de mestrado.
- 3) Implementação dos planos de controle – como exposto cabe como trabalhos futuros ao término da presente dissertação de mestrado.
- 4) Monitoramento do desempenho no tempo – como exposto cabe como trabalhos futuros ao término da presente dissertação de mestrado.

**3.3.2 particularidades do modelo de simulação computacional da indústria de transformação do setor têxtil**

O modelo de simulação da indústria de transformação do setor têxtil (Figuras AP1 e AP2 do Volume III) objeto do estudo do presente trabalho foi desenvolvido a partir dos mapas de fluxo de valor por família de produtos (Figuras A1 a A48 do Volume II) construídos durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado do aluno Emerson Marcos Minotti no ano de 2011, e aplicados posteriormente a partir do uso do *Software* de Simulação de eventos discretos *Arena 11.0 Professional* no presente trabalho.

As Figuras AP1 e AP2 como citado ilustram que o modelo foi concebido a partir de 16 linhas de produção de acordo com cada uma das 16 famílias de produtos fabricados pelo sistema de produção pesquisado.

Recursos de uso comum foram considerados de acordo com o roteiro de fabricação de cada família de produto, sendo dividido de acordo com os blocos de processo:

1. Sistema de abastecimento e critério de suprimentos de acordo com a participação da demanda de cada família de produtos no *mix* de produtos fabricados, no momento da realização da pesquisa na indústria;
2. Movimentação do recebimento da matéria prima para a máquina extrusora;
3. Processo de extrusão;
4. Movimentação da máquina de extrusão para o setor de tecelagem;
5. Processo de tecelagem;
6. Movimentação do setor de tecelagem para a máquina de laminação;
7. Processo de laminação;
8. Movimentação da máquina de laminação para o setor de acabamento (impressão, corte e costura, operação de corte manual, máquina bobinamento e embalagem).

As Figuras AP4 a AP109 do volume III mostram a construção do modelo a partir dos blocos definidos por processo de fabricação e por família dos produtos com os respectivos parâmetros de processo e os tempos de processamento obtidos a partir dos mapas do fluxo de valor atual, desenvolvidos com o apontamento *in loco* da operação da fábrica. É importante ressaltar que as Figuras do volume III que descrevem a lógica do modelo retratam a condição de operação do cenário 2 (***relógio do simulador – 31 horas***) o qual é a condição de operação atual da fábrica, sem nenhum tipo de alteração.

As alterações realizadas e simuladas a partir da condição original de operação da fábrica ocorreu a partir do cenário 3, sendo que a principal alteração compreende:

1. **Cenário 3** – 1ª alteração do *layout* – aproximação dos processos de extrusão e tecelagem (***relógio do simulador – 31 horas***);
2. **Cenário 4** – 2ª alteração do *layout* – aproximação dos processos de tecelagem e laminação (***relógio do simulador – 31 horas***);
3. **Cenário 5** – 1ª alteração do procedimento de realização do *setup* nas máquinas impressoras (***relógio do simulador – 31 horas***);
4. **Cenário 6** – 2ª alteração do procedimento de realização do *setup* nas máquinas impressoras e ajuste da taxa de abastecimento:

a) Cenários (2 a 5) (*relógio do simulador – 31 horas*):

- Linha 01 – intervalo 2.33 minutos = 25,75 unidades por hora;
- Linha 02 – intervalo 16.70 segundos = 214,3 unidades por hora;
- Linha 03 – intervalo 0.08 minutos = 750 unidades por hora;
- Linha 04 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 05 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;
- Linha 06 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;
- Linha 07 – intervalo 0.50 minutos = 120 unidades por hora;
- Linha 08 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 09 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 10 – intervalo 0.02 minutos = 300 unidades por hora;
- Linha 11 – intervalo 0.12 minutos = 500 unidades por hora;
- Linha 12 – intervalo 18.30 minutos = 3,3 unidades por hora;
- Linha 13 – intervalo 4.60 minutos = 13 unidades por hora;
- Linha 14 – intervalo 21.40 segundos = 166,67 unidades por hora;
- Linha 15 – intervalo 15.00 segundos = 240 unidades por hora;
- Linha 16 – intervalo 8.55 minutos = 7 unidades por hora;

b) Cenário (6) (*relógio do simulador – 31 horas*):

- Linha 01 – intervalo 2.33 minutos = 25,75 unidades por hora;
- Linha 02 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;
- Linha 03 – intervalo 0.08 minutos = 750 unidades por hora;
- Linha 04 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 05 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;
- Linha 06 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;
- Linha 07 – intervalo 0.50 minutos = 120 unidades por hora;
- Linha 08 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 09 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;
- Linha 10 – intervalo 0.02 minutos = 300 unidades por hora;
- Linha 11 – intervalo 0.12 minutos = 500 unidades por hora;
- Linha 12 – intervalo 18.30 minutos = 3,3 unidades por hora;
- Linha 13 – intervalo 4.60 minutos = 13 unidades por hora;
- Linha 14 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;
- Linha 15 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;

Linha 16 – intervalo 8.55 minutos = 7 unidades por hora;

5. **Cenário 7** – 3ª alteração do procedimento de realização do *setup* nas máquinas impressoras e alteração da taxa de abastecimento (*relógio do simulador – 31 horas*).

- a) Cenários (7 e 8) (*relógio do simulador – 31 horas*):

Linha 01 – intervalo 0.02 minutos = 3.000 unidades por hora;

Linha 02 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;

Linha 03 – intervalo 0.08 minutos = 750 unidades por hora;

Linha 04 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;

Linha 05 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;

Linha 06 – intervalo 0.40 minutos = 150 unidades por hora;

Linha 07 – intervalo 0.50 minutos = 120 unidades por hora;

Linha 08 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;

Linha 09 – intervalo 1.20 minutos = 50 unidades por hora;

Linha 10 – intervalo 0.2 minutos = 300 unidades por hora;

Linha 11 – intervalo 0.12 minutos = 500 unidades por hora;

Linha 12 – intervalo 0.45 minutos = 133,33 unidades por hora;

Linha 13 – intervalo 0.45 minutos = 133,33 unidades por hora;

Linha 14 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;

Linha 15 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;

Linha 16 – intervalo 0.45 minutos = 133,33 unidades por hora;

6. **Cenário 8** – validação do procedimento de realização do *setup* nas máquinas impressoras de acordo com o cenário 7 (*relógio do simulador – 31 horas*).

7. **Cenário 9** – ajuste da taxa de abastecimento e inclusão de *delay* de 1 hora para todas as linhas de fabricação com o propósito de avaliar a resposta do sistema quanto aos parâmetros a serem investigados e alteração da taxa de abastecimento (*relógio do simulador – 31 horas*).

- a) Cenários (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17) (*relógio do simulador – 31 horas*):

Linha 01 – intervalo 0.33 minutos = 181,82 unidades por hora;

Linha 02 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;

Linha 03 – intervalo 0.08 minutos = 750 unidades por hora;

Linha 04 – intervalo 1.98 minutos = 30,30 unidades por hora;

- Linha 05 – intervalo 0.66 minutos = 90,91 unidades por hora;
- Linha 06 – intervalo 0.66 minutos = 90,91 unidades por hora;
- Linha 07 – intervalo 0.83 minutos = 72,30 unidades por hora;
- Linha 08 – intervalo 1.98 minutos = 30,30 unidades por hora;
- Linha 09 – intervalo 1.98 minutos = 30,30 unidades por hora;
- Linha 10 – intervalo 0.33 minutos = 181,82 unidades por hora;
- Linha 11 – intervalo 0.20 minutos = 300 unidades por hora;
- Linha 12 – intervalo 0.74 minutos = 81,10 unidades por hora;
- Linha 13 – intervalo 0.75 minutos = 80,00 unidades por hora;
- Linha 14 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;
- Linha 15 – intervalo 6.00 segundos = 600 unidades por hora;
- Linha 16 – intervalo 0.75 minutos = 80,00 unidades por hora;

8. **Cenário 10** – exclusão do *delay* de 1 hora de todas as linhas inserido no cenário 9 (*relógio do simulador – 31 horas*).
9. **Cenário 11** – alteração da porcentagem de cada produto a ser impressão quanto ao número de cores e alteração do tamanho do lote de acordo com a Tabela 3.8.
10. **Cenário 12** – alteração da porcentagem de cada produto a ser impressão quanto ao número de cores e alteração do tamanho do lote de acordo com a Tabela 3.8.
11. **Cenário 13** – alteração da porcentagem de cada produto a ser impressão quanto ao número de cores e alteração do tamanho do lote de acordo com a Tabela 3.8.
12. **Cenário 14** – alteração da porcentagem de cada produto a ser impressão quanto ao número de cores e alteração do tamanho do lote de acordo com a Tabela 3.8;
13. **Cenário 15** – uso do bloco *workstation kanban* na linha de fabricação das famílias 2, 7 e 8 para o controle e dimensionamento dos cartões *kanbans* no processo de impressão.  
Para cada linha da família 2, família 7 e família 8 no processo de impressão – linha 1 cor até linha 6 cores número de *kanbans* igual a 10 e para cada *kanban* 1 bobina com capacidade para 400 unidades (*relógio do simulador – 31 horas*);
14. **Cenário 16** – ajuste do dimensionamento dos cartões *kanban* na linha de fabricação da família 2. Para cada linha da família 2, família 7 e família 8 no processo de impressão – linha 1 cor até linha 6 cores número de *kanbans* igual a 2 e para cada *kanban* 1 bobina com capacidade para 400 unidades com tempo previsto de 30 minutos;

15. **Cenário 17** – ajuste do dimensionamento dos cartões *kanban* na linha de fabricação da família 2. Para cada linha da família 2, família 7 e família 8 no processo de impressão – linha 1 cor até linha 6 cores número de *kanbans* igual a 2 e para cada *kanban* 1 bobina com capacidade para 400 unidades com tempo previsto de 60 minutos;
16. **Cenário 18** – simulação a partir do cenário 15 com a definição do *schedule* (Tabelas 3.5 e 3.6) dos equipamentos e tempo de 28 dias, aproximadamente 468 horas.

Tabela 3.5 – *Schedule* do cenário 18. Fonte: Próprio autor.

<i>Schedule</i>	<b>Recursos</b>	<b>Turno de trabalho</b>	<i>Format Type</i>	<i>Type</i>	<i>Time Units</i>	<i>Scale Factor</i>
<i>Schedule 1</i>	Extrusora - Teares	21 horas – seg. – sexta 12 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 2</i>	Laminação, Operação manual de corte e costura e enroladeira	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 3</i>	Impressão	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 4</i>	Corte & Costura	16 horas – seg. – sexta 8 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0

Tabela 3.6 – *Schedule* do cenário 18. Fonte: Próprio autor.

<i>Schedule</i>	<b>Recursos</b>	<b>Turno de trabalho</b>	<i>Format Type</i>	<i>Type</i>	<i>Time Units</i>	<i>Scale Factor</i>
<i>Schedule 1</i>	Extrusora	21 horas – seg. – sexta 12 horas – sábado 12 horas - domingo	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 2</i>	Laminação, Operação manual de corte e costura e enroladeira	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 3</i>	Impressão	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 4</i>	Corte & Costura	16 horas – seg. – sexta 8 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 5</i>	Tearas (cenário 19)	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0

(\*) cenário 18 – *Schedule 1* para Extrusora e teares

17. **Cenário 19** - execução do modelo além das 31 horas previsto nos cenários já realizados, ou seja, simulação com 468 horas definindo a programação dos recursos quanto aos turnos de trabalho com a alteração da taxa de abastecimento. *Schedule* Tabela 3.7).

Tabela 3.7 – *Schedule* do cenário 19. Fonte: Próprio autor.

<i>Schedule</i>	<b>Recursos</b>	<b>Turno de trabalho</b>	<i>Format Type</i>	<i>Type</i>	<i>Time Units</i>	<i>Scale Factor</i>
<i>Schedule 1</i>	Extrusora	21 horas – seg. – sexta 12 horas – sábado 12 horas - domingo	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	<i>1.0</i>
<i>Schedule 2</i>	Laminação, Operação manual de corte e costura e enroladeira	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	<i>1.0</i>
<i>Schedule 3</i>	Impressão	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	<i>1.0</i>
<i>Schedule 4</i>	Corte & Costura	16 horas – seg. – sexta 8 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	<i>1.0</i>
<i>Schedule 5</i>	Teares (cenário 19)	8 horas – seg. – sexta 4 horas – sábado	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	<i>1.0</i>

(\*) cenário 18 – *Schedule 1* para Extrusora e teares.

a) Cenários (19) (*relógio do simulador – 468 horas ≈ 28 dias*):

Linha 01 – intervalo 0.5 minutos = 120 unidades por hora;

Linha 02 – intervalo 8 segundos = 450 unidades por hora;

Linha 03 – intervalo 0.1 minutos = 600 unidades por hora;

Linha 04 – intervalo 2.2 minutos = 27 unidades por hora;

Linha 05 – intervalo 0.8 minutos = 75 unidades por hora;

Linha 06 – intervalo 0.8 minutos = 75 unidades por hora;

Linha 07 – intervalo 0.9 minutos = 67 unidades por hora;

Linha 08 – intervalo 2.1 minutos = 29 unidades por hora;

Linha 09 – intervalo 2.1 minutos = 29 unidades por hora;

Linha 10 – intervalo 0.5 minutos = 120 unidades por hora;

Linha 11 – intervalo 0.4 minutos = 150 unidades por hora;

Linha 12 – intervalo 0.8 minutos = 75 unidades por hora;

Linha 13 – intervalo 0.8 minutos = 75 unidades por hora;

Linha 14 – intervalo 8 segundos = 450 unidades por hora;

Linha 15 – intervalo 8 segundos = 450 unidades por hora;

Linha 16 – intervalo 1 minutos = 60 unidades por hora;

Tabela 3.8 – Porcentagem de produtos impressos e tamanho do lote – cenários 11 a 14. Fonte: Próprio autor.

<b>Cenários (<i>relógio do simulador – 31 horas</i>)</b>	<b>Cor</b>	<b>% (da quantidade a ser produzida)</b>	<b>Tamanho do lote de impressão</b>
<b>Cenário 11</b>	1	30%	500
	2	35%	500
	3	35%	500
	4	0%	2000
	5	0%	500
	6	0%	500
<b>Cenário 12</b>	1	16%	1200
	2	14%	1200
	3	24%	1200
	4	22%	1500
	5	10%	1500
	6	14%	1500
<b>Cenário 13</b>	1	16%	500
	2	14%	500
	3	24%	500
	4	22%	2000
	5	10%	500
	6	14%	500
<b>Cenário 14</b>	1	20%	400
	2	30%	400
	3	20%	400
	4	10%	400
	5	10%	400
	6	10%	400

Contudo, a autora da presente dissertação finaliza a realização da simulação computacional com outros quatro cenários mantendo a configuração do cenário 14.

- 1) **Cenário 15** – aplicação no modelo do bloco *workstation* “kanban” tornando o modelo similar ao sistema de produção puxado com o dimensionamento dos cartões *kanban* por linha de fabricação ou família de produtos e avaliar os resultados (*relógio do simulador – 31 horas*);
- 2) **Cenário 16** – realizar os ajustes necessários e avaliar os resultados obtidos com o uso da estação *workstation kanban* (*relógio do simulador – 31 horas*);
- 3) **Cenário 17** – realizar os ajustes necessários e avaliar os resultados obtidos com o uso da estação *workstation kanban* (*relógio do simulador – 31 horas*);

- 4) **Cenário 18** – execução do modelo além das 31 horas previsto nos cenários já realizados, ou seja, simular com 468 horas definindo a programação dos recursos quanto aos turnos de trabalho (*relógio do simulador – 468 horas – convertidas para 28 dias – 1 mês de operação com o equivalente a 4 semanas*).
- 5) **Cenário 19** – execução do modelo além das 31 horas previsto nos cenários já realizados, ou seja, simular com 468 horas definindo a programação dos recursos quanto aos turnos de trabalho (*relógio do simulador – 468 horas – convertidas para 28 dias – 1 mês de operação com o equivalente a 4 semanas*).

### 3.3.3 Considerações - definição dos Cenários

Como cenário 1 foi considerado o conjunto de modelos desenvolvidos com o propósito de se alcançar resultados de simulação o mais preciso possível em comparação com os resultados reais da operação da fábrica, no momento do desenvolvimento do estudo.

Como resultado o modelo do cenário 2 compreende o modelo final desenvolvido com resultados compatíveis com a condição de operação da fábrica, com uma produção aproximada de 828.269 unidades de embalagens de rafia por mês de acordo com a produção da fábrica no período em que o trabalho foi realizado.

As Figuras AP4 a AP109 descrevem o modelo a partir da configuração do cenário 2, ou seja, condição de operação da fábrica no momento em que o trabalho de apontamento dos processos de fabricação foi realizado *in loco*.

O conjunto de modelos desenvolvidos no escopo do cenário 1 foi concebido no período de janeiro de 2012 a agosto de 2012 com aferições dos mapas de fluxo de valor utilizados para a obtenção do modelo final, definido como cenário 2, compreendendo aproximadamente 8 meses de desenvolvimento.

A partir do cenário 2 os demais cenários de número 3 a 10 foram simulados entre os meses de agosto e setembro de acordo com o Quadro 3.1 com aproximadamente 878,63 horas de simulação correspondendo aproximadamente a 2 meses o período de tempo gasto para a execução das simulações dos cenários e obtenção dos dados a partir dos relatórios e banco de dados gerados pelo *software ARENA 11.0 Profissional*.

Os cenários 11 a 14 representam o ajuste do tamanho de lote da impressão com aproximadamente 8 horas de simulação em média por cenário totalizando mais 27 horas. No total o tempo de simulação computacional compreende em torno de 878,63 horas.

Os cenários 15, 16 e 17 representam o dimensionamento dos cartões *kanbans* no processo de impressão. Os cenários 18 e 19 comparações do modelo operando em 1 mês com o período de 28 dias, os cenários 18 e 19 com o uso dos cartões *kanban*, *schedule* dos equipamentos e os ganhos avaliados nos cenários anteriores, também com operação no período considerado de 28 dias de operação, permite avaliar o desempenho do sistema em um horizonte de tempo de operação maior, com o propósito de avaliar o comportamento do sistema de produção em 1 mês de produção.

O cenário 2 compreende, como exposto, a condição original de operação da fábrica a qual de acordo com a pesquisa de campo realizada *in loco* no sistema de produção pesquisado, representada pelos mapas de fluxo valor utilizados.

Nesse caso apresenta um índice de perdas de tempo no fluxo de produção extremamente alto, o que torna a fábrica não competitiva e com alto custo de produção.

O cenário 3 compreende de acordo com as Figuras 3.13 (*layout* atual da fábrica no momento em que a pesquisa foi realizada) e 3.14 (primeira alteração de *layout* proposta no trabalho) com resultados previstos demonstrados no cenário 3.

A Figura 3.13 mostra o *layout* atual da fábrica e a Figura 3.14 a alteração proposta transferindo a área de extrusão para a área ao lado do processo de fabricação tecelagem, processos dependentes com fluxo de produção único.

É importante considerar que os resultados dos cenários a partir das medidas de desempenho:

- a) Produtividade – *Throughput* (TH);
- b) Tempo de ciclo – *Cycle time* (CT);
- c) Estoque em processo – *Work in process* (WIP);
- d) Tempo de permanência no sistema (*Lead Time*);
- e) Tempo de espera (*Wait time*).

Contudo, os resultados dos cenários das simulações realizadas foram avaliados no capítulo 5 a partir do uso da metodologia TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*) indicada na bibliografia consultada no desenvolvimento da revisão bibliográfica do presente trabalho, de acordo com o capítulo 2.

Quadro 3.1 – Cenários de Simulação. Fonte: Próprio Autor.

6 simulações	Cenário	Código	Planilha Parâmetros de Simulação	Simulação	Data Início	0:00		0:00		36.61 dias		20,56		tempo total de simulação esperado	
						Início	Data Término	Término	Tempo de simulação	Tempo de simulação esperado	Número de replicações	Jornada			
estabilidade do sistema	Cenário 1	0	0 simulação - 430 horas	ajuste	20/04/2011	10:50	24/04/2011	19:52	105,03 horas	105,03 horas	1	430,00 horas	672,17 horas		
	Cenário 2	1 - OK	1 simulação	original	06/05/2011	8:37	06/05/2011	14:06	5,48 horas	82,25 horas	1	31,00 horas	28,01 dias		
		1 - OK	15 simulação	original	06/05/2011	8:37	09/05/2011	23:45	87,13 horas		15	31,00 horas	18,00 horas	52,00 minutos	
plano de simulação foco setup - 3 simulações	Cenário 5	2	1 simulação	setup	08/05/2011	15:06	08/05/2011	15:29	0,38 horas	5,75 horas	1	31,00 horas			
		2	15 simulação	setup	08/05/2011	15:06	08/05/2011	20:46	5,67 horas		15	31,00 horas	-3,00 horas	-9,00 minutos	
	Cenário 6	3	1 simulação	setup	10/05/2011	7:20	10/05/2011	8:15	0,92 horas	13,75 horas	1	31,00 horas			
		3	15 simulação	setup	10/05/2011	7:20	10/05/2011	21:42	14,37 horas		15	31,00 horas	-2,00 horas	-55,00 minutos	
	Cenário 7	4	1 simulação	setup	12/05/2011	14:46	12/05/2011	16:08	1,37 horas	20,50 horas	1	31,00 horas			
		4	15 simulação	setup	12/05/2011	14:46	13/05/2011	16:23	25,62 horas		15	31,00 horas	11,00 horas	16,00 minutos	
										0,00 horas	0,00 horas	1	31,00 horas		
										0,00 horas		15	31,00 horas	0,00 horas	0,00 minutos
										0,00 horas	0,00 horas	1	31,00 horas		
										0,00 horas		15	31,00 horas	0,00 horas	0,00 minutos
plano de simulação foco movimentação mudança de layout - 3 simulações	Cenário 3	5	1 simulação	red. dist. buf.	16/05/2011	19:47	16/05/2011	20:30	0,72 horas	10,75 horas	1	31,00 horas			
		5	15 simulação	red. dist. buf.	16/05/2011	19:47	17/05/2011	6:32	10,75 horas		15	31,00 horas	6,00 horas	32,00 minutos	
	Cenário 4	6	1 simulação	red. dist. buf.	22/05/2011	8:03	22/05/2011	8:26	0,38 horas	5,75 horas	1	31,00 horas			
		6	15 simulação	red. dist. buf.	22/05/2011	8:03	22/05/2011	14:11	6,13 horas		15	31,00 horas	-10,00 horas	-12,00 minutos	
	Cenário 8	7	1 simulação	ajuste est. (-30%)	25/05/2011	14:46	25/05/2011	16:08	1,37 horas	20,50 horas	1	31,00 horas			
		7	15 simulação	ajuste est. (-30%)	25/05/2011	14:46	26/05/2011	16:23	25,62 horas		15	31,00 horas	11,00 horas	16,00 minutos	
	Cenário 9	8	1 simulação	ajuste	30/05/2011	16:00	30/05/2011	16:08	2,00 horas	30,00 horas	1	31,00 horas			
		8	15 simulação	ajuste	30/05/2011	16:00	31/05/2011	16:23	24,38 horas		15	31,00 horas	22,00 horas	0,00 minutos	
	Cenário 10	9	1 simulação	ajuste	04/06/2011	15:00	04/06/2011	16:08	1,13 horas	17,00 horas	1	31,00 horas			
		9	15 simulação	ajuste	04/06/2011	15:00	05/06/2011	16:23	25,38 horas		15	31,00 horas	8,00 horas	0,00 minutos	
	Cenário 11	10	1 simulação	tamanho do lote	08/06/2011	18:00	08/06/2011	15:08	1,56 horas	23,38 horas	1	31,00 horas			
		10	15 simulação	porcentagem	08/06/2011	18:00	09/06/2011	17:23	23,38 horas		15	31,00 horas	17,00 horas	23,00 minutos	
	Cenário 12	11	1 simulação	tamanho do lote	15/06/2011	7:15	15/06/2011	7:15	1,80 horas	27,00 horas	1	31,00 horas			
		11	15 simulação	porcentagem	15/06/2011	7:15	16/06/2011	10:15	27,00 horas		15	31,00 horas	10,00 horas	15,00 minutos	
	Cenário 13	12	1 simulação	tamanho do lote	20/06/2011	8:00	20/06/2011	8:00	1,82 horas	27,37 horas	1	31,00 horas			
		12	15 simulação	porcentagem	20/06/2011	8:00	21/06/2011	11:22	27,37 horas		15	31,00 horas	11,00 horas	22,00 minutos	
	Cenário 14	13	1 simulação	tamanho do lote	01/07/2011	10:00	01/07/2011	10:00	1,82 horas	27,30 horas	1	31,00 horas			
		13	15 simulação	porcentagem	01/07/2011	10:00	02/07/2011	13:18	27,30 horas		15	31,00 horas	13,00 horas	18,00 minutos	
	Cenário 15	14	1 simulação	kanban	05/07/2011	12:00	05/07/2011	12:00	1,81 horas	27,08 horas	1	31,00 horas			
		14	15 simulação	kanban	05/07/2011	12:00	06/07/2011	15:05	27,08 horas		15	31,00 horas	15,00 horas	5,00 minutos	
Cenário 16	15	1 simulação	ajuste kanban	10/07/2011	12:20	10/07/2011	12:20	1,82 horas	27,28 horas	1	31,00 horas				
	15	15 simulação	ajuste kanban	10/07/2011	12:20	11/07/2011	15:37	27,28 horas		15	31,00 horas	15,00 horas	37,00 minutos		
Cenário 17	16	1 simulação	ajuste kanban	15/07/2011	13:00	15/07/2011	8:05	1,00 horas	15,00 horas	1	31,00 horas				
	16	15 simulação	ajuste kanban	15/07/2011	13:00	16/07/2011	4:00	15,00 horas		15	31,00 horas	4,00 horas	0,00 minutos		
Cenário 18	17	1 simulação	468 horas	02/08/2011	13:00	02/08/2011	8:25	15,14 horas	227,17 horas	1	31,00 horas				
	17	15 simulação	468 horas	02/08/2011	13:00	12/08/2011	0:10	227,17 horas		15	31,00 horas	0,00 horas	10,00 minutos		
Cenário 19	18	1 simulação	468 horas	15/08/2011	13:00	15/08/2011	8:17	16,80 horas	252,00 horas	1	31,00 horas				
	18	15 simulação	468 horas	15/08/2011	13:00	26/08/2011	1:00	252,00 horas		15	31,00 horas	0,00 horas	60,00 minutos		
									878,63 horas						

Figura 3.13 – *Layout* atual da Fábrica. Fonte: Próprio autor.

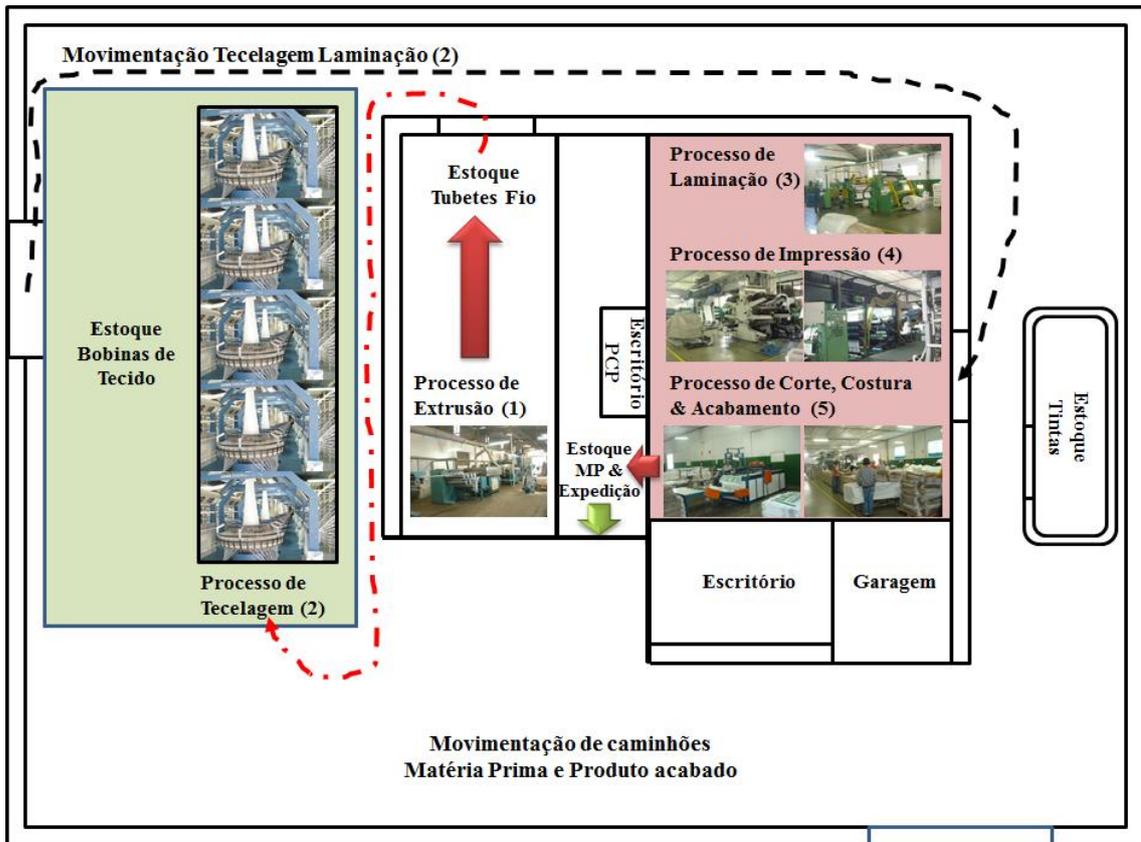
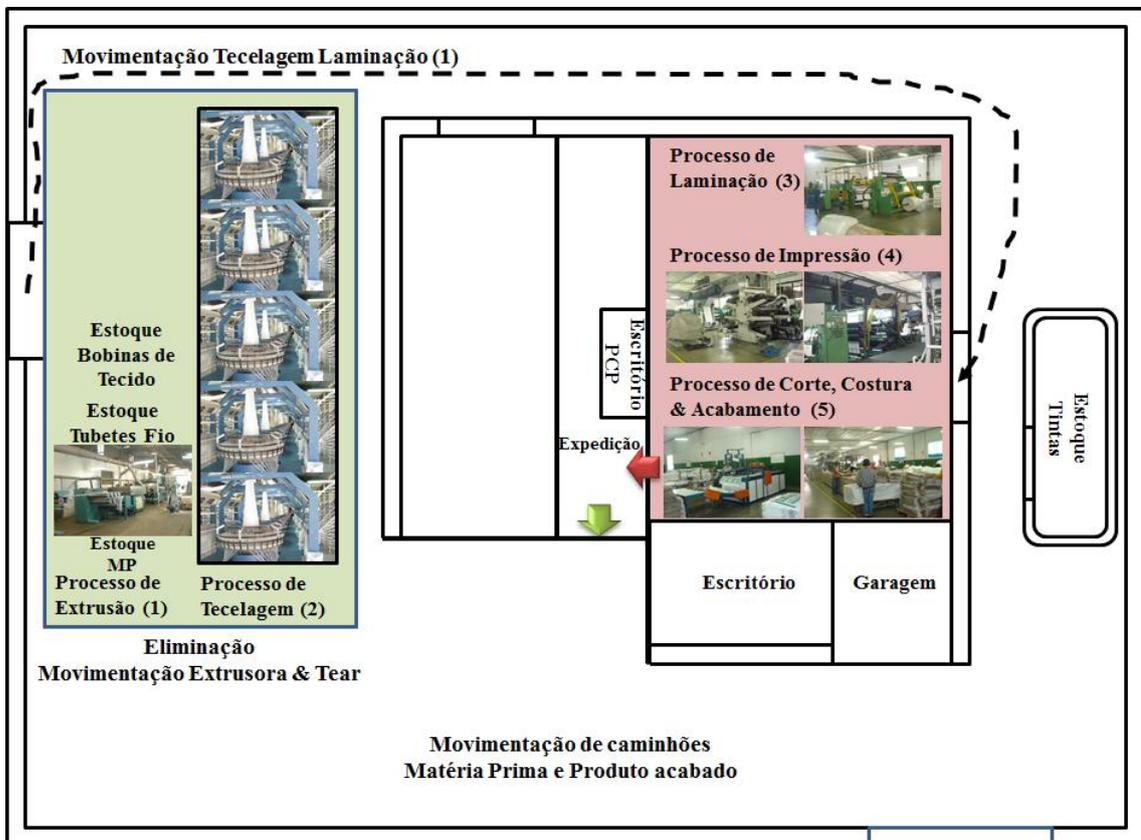


Figura 3.14 – Mudança de *Layout* proposta com a 1ª alteração (cenário 3). Fonte: Próprio autor.



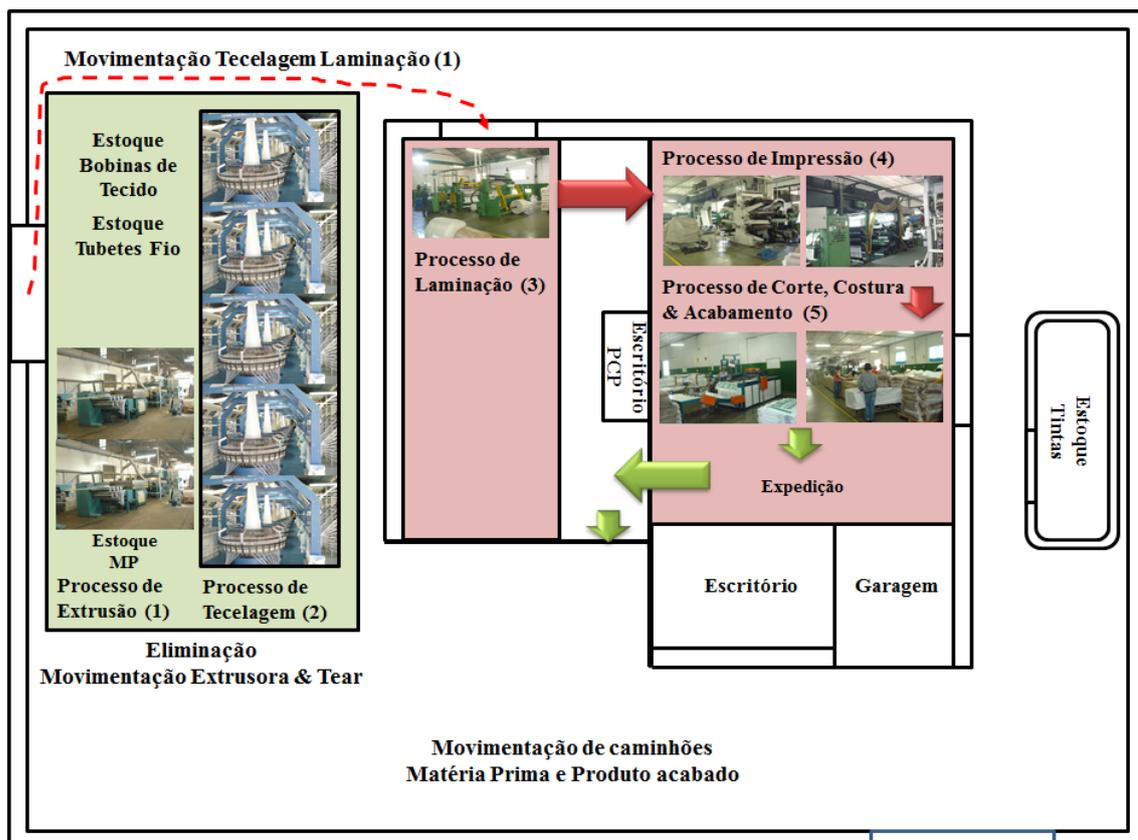
Com a alteração, de acordo com os resultados da simulação do cenário 3, a produção mensal aumentou em torno de 30%.

Do volume produzido, de acordo com o cenário 2, da ordem de 828.254 (valor similar à produção da fábrica no momento em que a pesquisa de campo foi realizada) unidades de embalagens de rafia por mês para 1.078.917 unidades de rafia por mês de acordo com o cenário 3.

A segunda alteração do *layout* proposta, de acordo com a Figura 3.15, foi simulada através do cenário 4 com um aumento da produção mensal menor do que o obtido no cenário 3 quando comparado o aumento entre o cenário 2 e 3 e o aumento entre o cenário 3 e 4, mas representativo com um aumento em torno de 8,49%.

Do volume produzido, de acordo com o cenário 3, da ordem de 1.078.917 unidades de embalagens de rafia por mês para 1.170.477 unidades de rafia por mês de acordo com o cenário 4.

Figura 3.15 – Mudança de *Layout* proposta com a 2ª alteração (cenário 4). Fonte: Próprio autor.



A partir dos cenários 5, 6 e 7 foram alterados os *setups* do processo de impressão considerando os tempos do processo de *setup* coletados *in loco* no processo.

O tópico 3.3.4 mostra o estudo realizado do processo de *setup* na impressão o qual resultou os tempos de *setup* adotados no modelo de simulação do presente trabalho.

No modelo de simulação de eventos discretos desenvolvido com o uso do *software* Arena 11.0 *Professional*, entre os processos de fabricação, como ilustrado nas Figuras 3.13 e 3.14 a configuração das distâncias foi realizada de acordo com as Figuras 3.16 e 3.17 a partir das medidas tiradas *in loco* da fábrica.

A unidade das distâncias é metro e foram alteradas de acordo com a mudança de *layout* proposto. A movimentação de materiais no momento em que o trabalho foi realizado é representado pelo cenário 2 como exposto, o qual é representado pelo cenário 2.

Em função da restrição de capacidade do sistema de produção ser o processo de extrusão a perda de tempo em função da movimentação de materiais acaba por gerar perdas de tempo significativas ao longo do fluxo de produção.

Figura 3.16 – Configuração das distâncias entre os processos de fabricação abastecimento e extrusão. Fonte: Próprio autor.

Código	linhas	Distância				Código 5				Código 5				
		abast - ext.		ext. tec.		Abast. Extrusora				Extrusora Tecelagem				
		antes	despois	antes	despois	delay		Queue		delay		Queue		
5	1	3	0	15	3	1	0	943	0	4	0	314	0	
	2	3	0	15	3	0	0	1373	0	0	0	458	0	
	3	3	0	15	3	1	0	27450	0	4	0	9150	0	
	4	3	0	15	3	1	0	1831	0	4	0	610	0	
	5	3	0	15	3	1	0	5491	0	4	0	1830	0	
	6	3	0	15	3	1	0	5491	0	4	0	1830	0	
	7	3	0	15	3	1	0	4392	0	4	0	1464	0	
	8	3	0	15	3	1	0	1831	0	4	0	610	0	
	9	3	0	15	3	1	0	1831	0	4	0	610	0	
	10	3	0	15	3	1	0	10981	0	4	0	3610	0	
	11	3	0	15	3	1	0	18301	0	4	0	6100	0	
	12	3	0	15	3	1	0	120	0	4	0	40	0	
	13	3	0	15	3	1	0	478	0	4	0	159	0	
	14	3	0	15	3	0	0	1027	0	0	0	342	0	
	15	3	0	15	3	0	0	1464	0	0	0	488	0	
	16	3	0	15	3	1	0	257	0	4	0	86	0	
								83261						27701

Figura 3.17 – Configuração das distâncias entre os processos de fabricação extrusão e tecelagem. Fonte: Próprio autor.

Código	linhas	Distância						Código 6				
		abast - ext.		ext. tec.		tec. Lam.		Tec. Laminção				
		antes	despois	antes	despois	antes	despois	delay		Queue		
6	1	3	0	15	3	21	15	3	0	314	0	
	2	3	0	15	3	21	15	0	0	458	0	
	3	3	0	15	3	21	15	3	0	9150	0	
	4	3	0	15	3	21	15	3	0	610	0	
	5	3	0	15	3	21	15	3	0	1830	0	
	6	3	0	15	3	21	15	3	0	1830	0	
	7	3	0	15	3	21	15	3	0	1464	0	
	8	3	0	15	3	21	15	3	0	610	0	
	9	3	0	15	3	21	15	3	0	610	0	
	10	3	0	15	3	21	15	3	0	3610	0	
	11	3	0	15	3	21	15	3	0	6100	0	
	12	3	0	15	3	21	15	12	0	40	0	
	13	3	0	15	3	21	15	12	0	159	0	
	14	3	0	15	3	21	15	0	0	342	0	
	15	3	0	15	3	21	15	0	0	488	0	
	16	3	0	15	3	21	15	1	0	86	0	
												27701

### 3.3.4 Processo de Impressão – procedimento de *setup* (cenários 5, 6 e 7)

Para a construção do modelo de simulação de eventos discretos apresentado no volume III do presente trabalho foi realizado uma descrição do processo de preparação das máquinas extrusoras o qual contempla os tempos envolvidos em cada atividade de *setup* com a utilização de recursos como: filmagem da execução das atividades pelos operadores da máquina impressora, cronometragem dos tempos de execução de cada atividade e fotos da execução das atividades executadas durante o procedimento de *setup* da máquina de impressão.

Como resultado, posteriormente foi realizada a separação dos tipos de *setup* de cada atividade como *setup* interno e *setup* externo, através da análise das atividades.

O processo de impressão contempla várias possibilidades quanto ao procedimento de *setup*, em função do número de cores relacionadas na impressão de uma determinada embalagem de rafia.

- *Setup* de impressão de 1 cor (troca de 1 cilindro);
- *Setup* de impressão de 2 cores (troca de 2 cilindros);
- *Setup* de impressão de 3 cores (troca de 3 cilindros);
- *Setup* de impressão de 4 cores (troca de 4 cilindros);
- *Setup* de impressão de 5 cores (troca de 5 cilindros);
- *Setup* de impressão de 6 cores (troca de 6 cilindros);
- *Setup* para inverter impressão de frente para verso.

Para a execução das atividades é necessário o uso das ferramentas descritas, de acordo com o sistema de fixação da máquina impressora das engrenagens que determinam a velocidade de impressão e dos cilindros de impressão utilizados por cor que compõe o procedimento de impressão do *layout* da arte a ser impressa.

- Chave *Alien* – 5 mm;
- Chave *Alien* – 6 mm;
- Chave *Alien* – 8 mm;
- Chave Fixa – 17;
- Chave Fixa – 3/8;
- Alicates de bico; e
- Carrinho para transporte do cilindro.

A Tabela 3.9 mostra as possibilidades de medidas (cm) das engrenagens para impressão da frente e do verso com suas respectivas quantidades quanto a disponibilidade de cada um dos tipos de engrenagem e demonstra a quantidade de cilindros utilizados para impressão com suas medidas em centímetros (cm).

Contudo, as ferramentas e componentes (engrenagens e cilindros) dos dispositivos de impressão deve ser mantido próximo da máquina de impressão a fim de reduzir a movimentação e a perda do tempo gasto com a busca e seleção dos componentes dependendo da programação da produção da máquina impressora podendo alterar, conseqüentemente o tempo total do procedimento de *setup*.

Tabela 3.9 – Engrenagens e cilindros. Fonte: próprio autor.

Engrenagens da Impressora				Cilindros			
Frente		Verso					
Quantidade	Medida	Quantidade	Medida				
4	69	2	69	4	69		
4	75	2	75	4	75		
5	80	2	80	4	80		
4	84	2	84	4	84		
4	89	2	89	4	89		
1	94	0	94	1	94		
4	95	2	95	4	95		
4	97	2	97	4	97		
4	99	2	99	3	99		
2	101	0	101	2	101		
2	104	0	104	2	104		
4	105	2	105	4	105		
3	109	2	109	3	109		
3	120	1	120	3	120		

A Tabela 3.10 identifica todas as atividades realizadas durante o processo de *setup*, a classificação das atividades, quanto a ser considerada como *setup* interno ou externo, e o respectivo tempo de execução são apontadas na condição em que o procedimento é realizado no momento em que essa pesquisa foi realizada.

A Tabela 3.11 identifica todas as atividades realizadas durante o processo de *setup*, como na Figura 3.4, mas apresenta adicionalmente a classificação quanto a cada uma das atividades pode ser considerada como *setup* interno ou externo de acordo com a proposta do presente trabalho, sendo importante destacar que a transferência de uma atividade considerada como *setup* interno para a condição de *setup* externo foi realizada de acordo com estudos *in loco* do procedimento a fim de garantir a exequibilidade das mudanças propostas.

A transferência de uma atividade do procedimento considerada como parte do *setup* interno para externo foi realizada com o objetivo de visualizar uma leve melhoria no tempo de execução do processo de *setup* da máquina impressora, antes da proposta de melhoria do procedimento de *setup* passar a ser executada *in loco*.

O estudo mostra as atividades sendo executadas com dois operadores em um *setup* de uma única cor de impressão em uma primeira análise.

Tabela 3.10 – Descrição das Atividades e Tempos. Fonte: Próprio autor.

<b>Seq. Atividade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Interno/externo</b>	<b>Tempo (min.)</b>
<b>01</b>	Trocar a dupla face do clichê	interno	6'26''
<b>02</b>	Remover a caixa de tinta	interno	0'35''
<b>03</b>	Remover o clichê do cilindro	interno	0'34''
<b>04</b>	Remover as engrenagens	interno	1'03''
<b>05</b>	Remover o cilindro	interno	2'35''
<b>06</b>	Colocar o cilindro	interno	0'51''
<b>07</b>	Colocar as engrenagens no cilindro	interno	1'20''
<b>08</b>	Colocar o clichê	interno	1'38''
<b>09</b>	Retornar a caixa de tinta e avançar o cilindro até o tambor	interno	2'33''
<b>10</b>	Fazer o ajuste fino utilizando o calibrador	interno	1'25''
<b>11</b>	Troca da tinta	interno	7'20''
<b>12</b>	Ajuste da cor de impressão	interno	1'25''
<b>13</b>	Ajuste final no material para teste	interno	9'12''
<b>Tempo de Setup Total</b>			<b>36'57''</b>

Como mencionado a Tabela 3.11 destaca a separação de parte das atividades realizadas no procedimento original como atividade interna, ou seja, com a máquina parada para serem executadas externamente de acordo com o escopo da proposta do presente trabalho, nesse caso com a máquina em operação diminuindo o tempo total de *setup* de 34 minutos e 57 segundos para 26 minutos e 59 segundos.

Tal ganho do tempo de *setup* foi escalonado como mudança em três etapas no modelo de simulação de eventos secretos definidos nos cenários 5, 6 e 7 com os resultados analisados no contexto do presente trabalho.

Tabela 3.11 – Descrição das Atividades com dois Operadores (*Setup* de 1 cor). Fonte: Próprio autor.

Seq. Atividade	Descrição	Atual	Proposto	Tempo (min.)
		Interno/externo	Interno/externo	
01	Trocar a dupla face do clichê	interno	externo	6'26''
02	Remover a caixa de tinta	interno	interno	0'35''
03	Remover o clichê do cilindro	interno	externo	0'34''
04	Remover as engrenagens	interno	interno	1'03''
05	Remover o cilindro	interno	interno	2'35''
06	Colocar o cilindro	interno	interno	0'51''
07	Colocar as engrenagens no cilindro	interno	interno	1'20''
08	Colocar o clichê	interno	externo	1'38''
09	Retornar a caixa de tinta e avançar o cilindro até o tambor	interno	interno	2'33''
10	Fazer o ajuste fino utilizando o calibrador	interno	interno	1'25''
11	Troca da tinta	interno	interno	7'20''
12	Ajuste da cor de impressão	interno	interno	1'25''
13	Ajuste final no material para teste	interno	interno	9'12''
<b>Tempo de Setup Total</b>			<b>28'59''</b>	<b>36'57''</b>

### 3.3.4.1 Descrição do procedimento de *setup* e coleta dos dados do processo de *setup*

Para obter os tempos das atividades, de acordo com a literatura do tema *setup* indica a possibilidade do uso do cronômetro, do estudo do método, de entrevista com operadores ou da análise da filmagem da operação.

A coleta dos dados e a análise dos tempos de *setup* da impressora, objeto de estudo, foram realizadas com o auxílio de fotos, filmagens, entrevistas com os operadores, cronômetro e anotações dos detalhes mais importantes do processo de *setup* para a configuração do modelo de simulação de eventos discretos de acordo com as atividades realizadas e os tempos de cada atividade.

#### **3.3.4.2 Descrição das atividades do procedimento de *setup* da máquina impressora**

Os cenários: 5, 6 e 7 contemplam as mudanças do procedimento de *setup* quanto a transferência de parte das atividades realizadas como *setup* interno para atividades de *setup* externo, a fim de reduzir o impacto do tempo de *setup* no processo de impressão.

O principal problema desse processo é a falta de uma descrição do procedimento de *setup* da troca do clichê da máquina impressora por atividade, envolvendo o processo de limpeza e reposição das tintas em função da alteração das cores de impressão.

A descrição das atividades de acordo com as Tabelas 3.10 e 3.11 é apresentado a seguir. A atividade 1 descreve o processo de troca da dupla face do clichê. O operador com auxílio de uma tesoura retira a fita dupla face do clichê, abre o rolo de fita e cola o clichê na fita dupla face. Após este procedimento, recorta a fita do tamanho do clichê que será utilizado no seu respectivo lote de impressão. As atividades 2, 3 e 4 remove a caixa de tinta, o clichê e as engrenagens para retirar o cilindro. Após retirar o cilindro as outras atividades repetem-se como atividades de montagem da máquina para impressão.

O processo de *setup* para a troca do clichê da máquina impressora envolve atividades executadas com a particularidade de *setup* interno e externo, e ocorre somente para atender a impressão de pedidos de clientes diferentes ou quando para um mesmo cliente, há mais de um clichê dependendo do *mix* de produtos a serem fabricados.

Contudo, é descrito as atividades inerentes do *setup* externo e interno sendo que para o procedimento descrito há somente a primeira atividade como *setup* externo, sendo as demais caracterizadas como *setup* interno.

O fato é que há a possibilidade após o detalhamento do processo de transferir atividades que no momento de realização da pesquisa são realizadas com a máquina em funcionamento para o *setup* externo: como a seleção ou separação de componentes da máquina como engrenagens e cilindros com o propósito de manter esses componentes próximos do equipamento no momento da troca e não como executado no momento em que a pesquisa foi realizada com a máquina parada.

A Figura 3.17 mostra o processo de troca da dupla face do clichê de impressão da máquina. Uma das etapas do *setup* do processo de impressão quando da troca da arte de impressão de acordo com a ordem de produção requerida.

O operador com auxílio de uma tesoura retira a fita dupla face do clichê, abre o rolo de fita e cola o clichê na fita dupla face.

Após este procedimento recorta a fita do tamanho do clichê que será utilizado no seu respectivo lote de impressão.

Para esta atividade especificamente, de acordo com dados analisados através de fotos e filmagens, observou-se que sua execução está sendo desenvolvida como *setup* interno (máquina parada) e foi mensurado um tempo através de cronômetro de 6 horas e 26 minutos para preparação de um clichê.

O local onde se realiza o trabalho de preparação do clichê, mesa de 1 metro e 77 centímetros de comprimento por 1 metro de largura, é pequeno e limita-se em apenas um clichê por vez, sendo que a máquina impressora pode operar com até quatro cores, de acordo com o lote de impressão determinado pelo planejamento e controle da produção.

No momento em que o operário um (1) trabalha preparando o clichê, o operário dois (2) fica ocioso esperando com que o operário um (1) termine, para logo após ajudá-lo no processo de remoção do cilindro.

As Figuras 3.18, 3.19, 3.20 e 3.21 mostram o processo executado para soltar os parafusos dos mancais e retirá-los. Procedimento anterior a troca do cilindro e executado por dois operadores, no caso de um *setup* de uma (1) cor (troca de um cilindro).

Figura 3.18 – Preparação do clichê. Fonte: Próprio autor.



O operário com auxílio de uma chave solta dois parafusos, conforme ilustra as Figuras 3.19 e 3.20, com um tempo aproximado de 0'28'' segundos a cada dois (2) parafusos retirados.

Cada operador trabalha de um lado do cilindro executando o mesmo procedimento para retirar os mancais. No caso de *setup* de mais cores é necessário o auxílio de mais operadores para otimizar o processo de preparação da máquina.

O procedimento de *setup* atual para a troca de quatro (4) parafusos retirados gasta em média 0'56'' segundos.

Figura 3.19 – Retirar parafusos dos mancais. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.20 – Mancais. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.21 – Capa dos mancais. Fonte: Próprio autor.



As Figuras 3.22 e 3.23 mostram o processo em que o operador, com auxílio de uma chave, retira o parafuso que prende o ajuste fino de impressão ao cilindro.

Figura 3.22 – Ajuste fino de impressão. Fonte: Próprio autor.



Para retirar o cilindro é necessário que o operador levante a alavanca do ajuste fino, retire a guia do ajuste fino de impressão e, após a sequência, retire as engrenagens.

O tempo estimado para o processo de retirada das engrenagens é de aproximadamente 1 hora e 3 minutos.

Através, destes dados, devemos buscar alternativas para maximizar este processo, pois o tempo é relativamente alto.

Figura 3.23 – Ajuste fino de impressão recuado. Fonte: Próprio autor.



As Figuras 3.24 e 3.25 ilustram o operador soltando os parafusos que prendem o guia do ajuste fino de impressão no cilindro. Após este processo retiram-se as engrenagens para remoção do cilindro, como ilustra a Figura 3.26. Os tempos, destas atividades, foram cronometrados para uma posterior análise.

Figura 3.24 – Guia do ajuste fino de impressão. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.25 – Retirando a guia do ajuste fino de impressão. Fonte: Próprio autor.

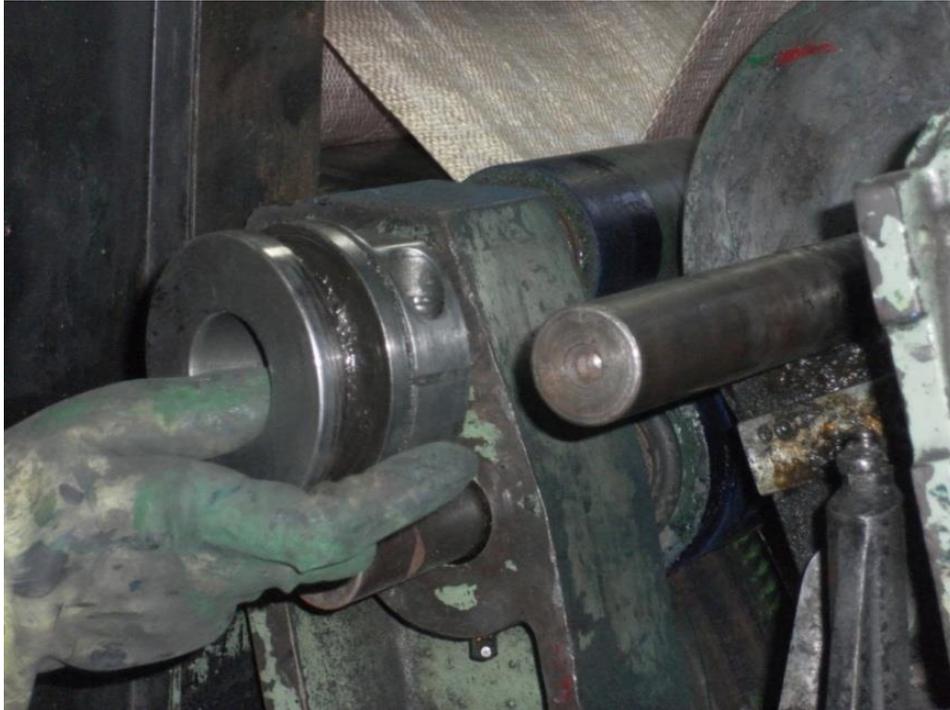


Figura 3.26 – Retirando as engrenagens. Fonte: Próprio autor.



A Figura 3.27 e 3.28 ilustra o operador retirando a engrenagem e colocando em um repositório, onde armazena as engrenagens para cada medida de cilindro. Este repositório encontra-se desorganizado, ou seja, as engrenagens não estão sendo armazenadas nos locais corretos, nas suas medidas corretas e não tem uma identificação para auxiliar os operadores na armazenagem.

Com isso, o tempo é majorado devido à falta de organização. O tempo gasto para procurar a engrenagem e colocá-la é de 1 hora e 20 minutos.

Figura 3.27 – Repositório de engrenagens. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.28 – Cilindro de *anilox*. Fonte: Próprio autor.



As Figuras 3.29 e 3.30 mostram o operário soltando os parafusos, com auxílio de uma chave, para recuo do cilindro de *anilox* onde faz a transferência da tinta para o clichê na hora da impressão. O tempo gasto para soltar os parafusos também deve ser estudado, pois é uma forma de diminuir o *setup*.

Após soltar os parafusos, deve-se rodar a alavanca de retrocesso do cilindro de *anilox* para afastá-lo do cilindro e, logo após, retirar o cilindro para manutenção que deve fazer parte de um *setup* externo. A Figura 3.30 mostra o operário colocando o carrinho de transporte de cilindro na posição correta para colocar o cilindro.

Figura 3.29 – Alavanca de retrocesso. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.30 – Carrinho de transporte de cilindro. Fonte: Próprio autor.



Este carrinho não tem um lugar correto para deixá-lo e quando os operários precisam dele para remover os cilindros o tempo gasto para buscá-lo aumenta o *setup* da máquina.

As Figuras 3.31 a 3.37 mostram os operadores colocando a talha no eixo do cilindro para removê-lo e transportá-lo até o armário.

O tempo atual para este processo é de 2 horas e 35 minutos e pode ser considerado um *setup* interno no contexto do processo.

A atividade deve ser estudada para diminuir este tempo.

Figura 3.31 – Talha. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.32 – Parafusando a talha. Fonte: Próprio autor.



É necessário, contudo, um estudo, não só no tempo gasto de transporte do carrinho, mas também é necessário que se avalie um projeto de carrinho mais eficiente, onde apenas um operador possa transportar o cilindro para seu armário e transportá-lo para a impressora.

O tempo gasto para troca de cilindro com o carrinho é de 1 hora e 20 minutos.

Figura 3.33 – Levantando o cilindro. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.34 – Colocando o cilindro em cima do carrinho. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.35 – Cilindro no carrinho. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.36 – Levando o cilindro até o armário. Fonte: Próprio autor.



Figura 3.37 – Armário. Fonte: Próprio autor.



Após a coleta dos dados, a proposta para esse processo é separar *setup* interno de *setup* externo. Uma análise a partir das fotos, filmagens e entrevistas com os operadores, a empresa deve distribuir as atividades em uma tabela que demonstre a situação atual dos tempos de cada atividade separando os tipos de *setup* como interno ou externo.

### 3.3.4.3 Análise Estatística da Atividade Preliminar de *Setup*

A etapa preliminar foi realizada através do estudo dos tempos de cada atividade com a utilização de cronômetro, filmagens, estudo dos métodos e entrevistas.

Foi Cronometrado o tempo de cada atividade 15 (quinze) vezes para análise estatística.

A Tabela 3.12 apresenta a descrição do Procedimento de *Setup* da Troca do Clichê da máquina impressora e a Tabela 3.13 a Transformação dos Tempos de *Setup* para segundos com o propósito de facilitar o procedimento de análise dos dados.

Tabela 3.12 – Descrição do Procedimento de *Setup* da Troca do Clichê da Máquina Impressora por Tempo.

Fonte: Próprio Autor

Tempos de Setup															
Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	6'26"	6'27"	6'16"	6'25"	6'10"	6'15"	5'50"	6'03"	6'20"	6'17"	6'11"	6'02"	5'20"	5'12"	6'02"
02	0'35"	0'31"	0'34"	0'32"	0'41"	0'45"	0'32"	0'34"	0'30"	0'28"	0'35"	0'35"	0'29"	0'32"	0'48"
03	0'34"	0'28"	0'31"	0'40"	0'42"	0'47"	0'35"	0'34"	0'31"	0'37"	0'29"	0'34"	0'28"	0'34"	0'31"
04	1'03"	1'02"	1'05"	1'10"	1'01"	0'50"	0'58"	1'02"	1'04"	1'03"	1'14"	1'03"	1'00"	0'48"	1'03"
05	2'35"	2'33"	2'28"	2'17"	2'38"	2'41"	2'36"	2'35"	2'18"	2'25"	2'27"	2'31"	2'50"	2'35"	2'31"
06	0'51"	0'53"	0'49"	0'44"	0'50"	0'58"	0'59"	0'50"	0'52"	1'00"	0'54"	1'01"	0'57"	0'52"	0'59"
07	1'20"	1'23"	1'19"	1'14"	1'27"	1'34"	1'18"	1'16"	1'08"	1'17"	1'19"	1'20"	1'13"	1'11"	1'28"
08	2'33"	2'35"	2'29"	2'27"	2'18"	2'20"	2'29"	2'33"	2'31"	2'37"	2'29"	2'28"	2'14"	2'13"	2'40"
09	1'25"	1'23"	1'19"	1'27"	1'31"	1'33"	1'29"	1'20"	1'19"	1'18"	1'22"	1'20"	1'26"	1'24"	1'21"
10	7'20"	7'10"	7'25"	7'30"	6'40"	6'24"	6'50"	7'03"	7'07"	7'30"	7'47"	8'10"	8'03"	8'13"	8'04"
11	1'25"	1'23"	1'38"	1'40"	1'43"	1'50"	1'42"	1'20"	1'26"	1'19"	1'10"	1'02"	1'36"	1'11"	1'09"
12	9'12"	8'40"	8'37"	9'11"	9'20"	9'23"	9'40"	8'15"	8'13"	8'17"	9'03"	9'17"	9'12"	9'12"	9'12"

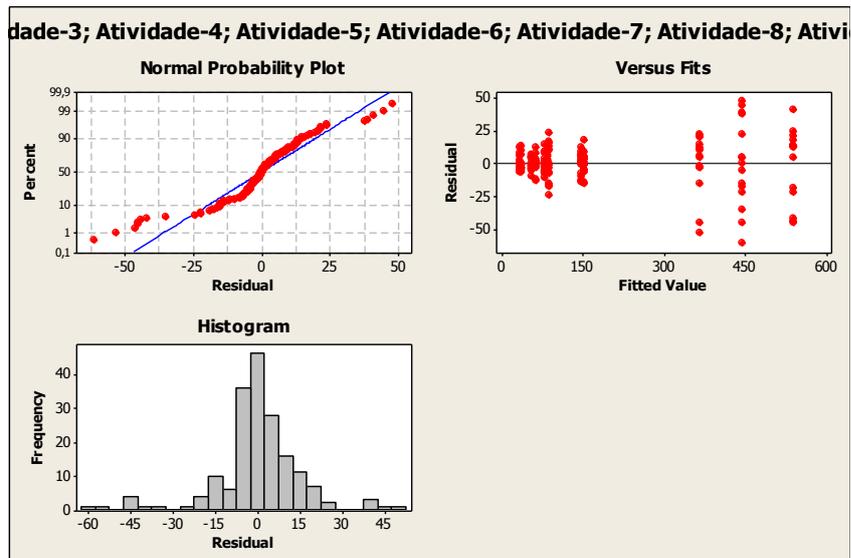
Tabela 3.13 – Transformação dos Tempos de *Setup* para Segundos. Fonte: Próprio autor.

Tempos (minutos)															
Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	386	387	376	385	370	375	350	363	380	377	371	362	320	312	362
2	35	31	34	32	41	45	32	34	30	28	35	35	29	32	48
3	34	28	31	40	42	47	35	34	31	37	29	34	28	34	31
4	63	62	65	70	61	50	58	62	64	63	74	63	60	48	63
5	155	153	148	137	158	161	156	155	138	145	147	151	170	155	151
6	51	53	49	44	50	58	59	50	52	60	54	61	57	52	59
7	80	83	79	74	87	94	78	76	68	77	79	80	73	71	88
8	153	155	179	147	138	140	149	153	151	157	149	148	134	133	160
9	85	83	79	87	91	932	89	80	79	78	82	80	86	84	81
10	440	430	445	450	400	384	410	423	427	450	467	490	483	493	484
11	85	83	98	100	103	110	102	80	86	79	70	62	96	71	69
12	552	520	517	551	560	563	580	495	493	497	543	557	552	552	552

A partir dos dados coletados irá à análise estatística para acompanhar os tempos de cada atividade que compõe o processo e verificar se a variação da mesma é estável, podendo denunciar variações anormais que devem ser identificadas e eliminadas do mesmo.

Os gráficos apresentados nas Figuras 3.38 a 3.45 são utilizados para verificar se o processo está sob controle, ou seja, dentro dos limites pré-estabelecidos e controlar a variabilidade do processo ou grau de não conformidade. A Figura 3.38 ilustra o gráfico de resíduos.

Figura 3.38 – Gráfico de Resíduos. Fonte: Próprio autor.



**One-way ANOVA: Atividade -1; Atividade-2; Atividade-3; Atividade-4; ...**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor11	5026293	456936	1868,63	0,000	
Error168	41081	245			
Total179	5067374				

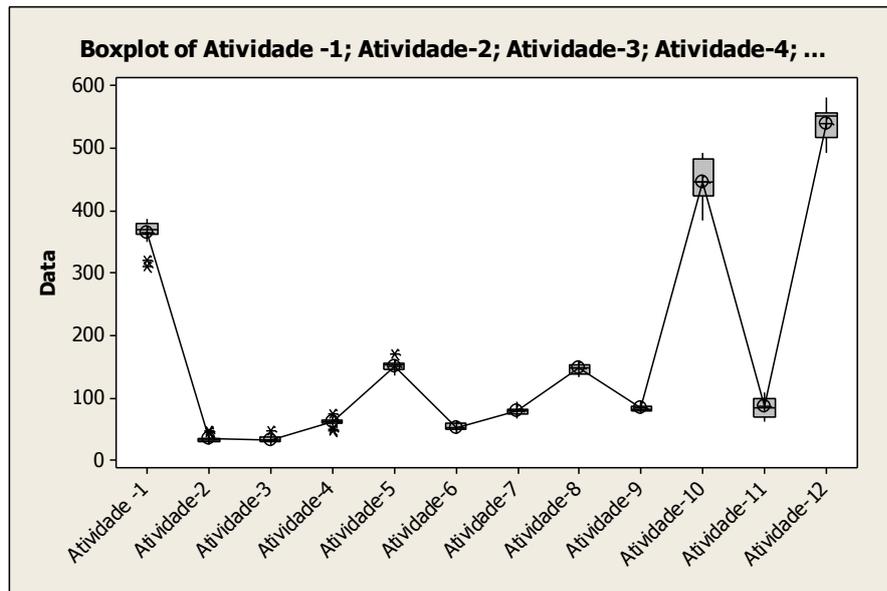
$S = 15,64$   $R-Sq = 99,19\%$   $R-Sq(adj) = 99,14\%$

É possível verificar que o gráfico dos resíduos *versus* Fitted pode ser melhorado para que apresente uma forma curvilínea melhorada, sugerindo uma aditividade transformada.

No gráfico do teste de normalidade podemos também perceber que os pontos podem ser melhorados em torno na reta, reforçando a ideia de aditividade transformável do modelo para que as suposições sejam verificadas.

Nota-se que o gráfico de Histograma dos resíduos não se apresenta com uma distribuição simétrica ou próxima da normal. A Figura 3.39 ilustra o gráfico boxplot.

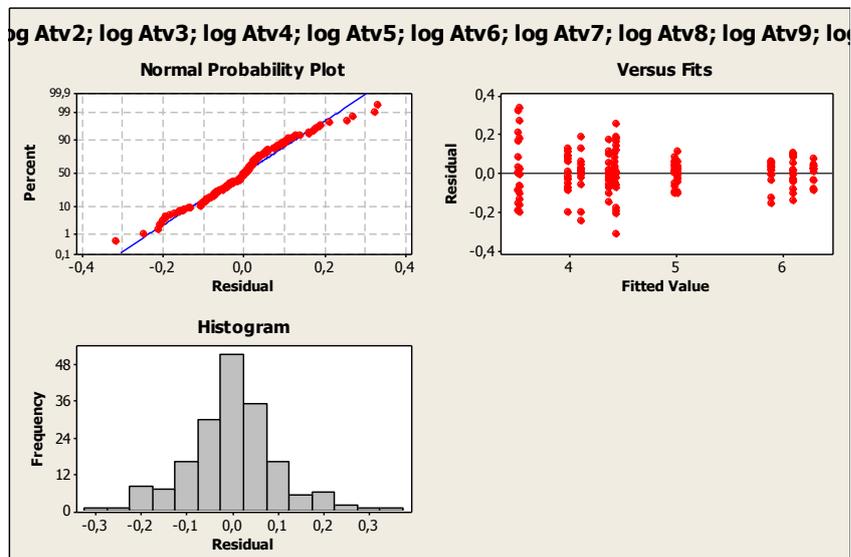
Figura 3.39 – GráficoBoxplot. Fonte: Próprio autor.



A Figura 3.40 fará a reanálise dos dados das atividades de 1 a 12 com o gráfico de resíduos (modelo aditivado).

Figura 3.40 – Reanálise dos Dados. Fonte: Próprio autor.

**- ANOVA – Reanálise dos dados das Atividades de 1 a 12**



**One-way ANOVA: log Atv1; log Atv2; log Atv3; log Atv4; log Atv5; log Atv6; ...**

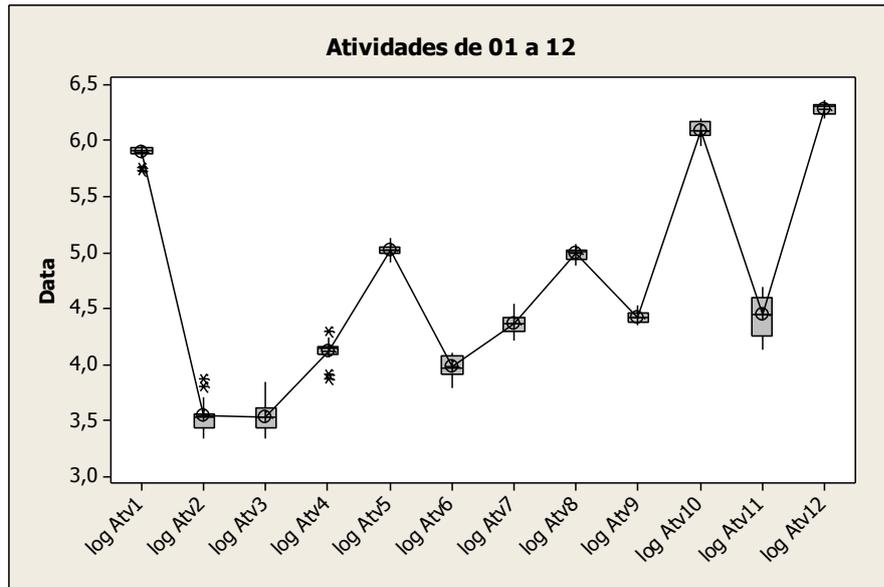
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor11	148,8895	13,5354	1296,11	0,000	
Error168	1,7544	0,0104			
Total179	150,6439				

S = 0,1022 R-Sq = 98,84% R-Sq(adj) = 98,76%

O modelo já se mostra adequado, devido à transformação dos dados, sendo que os erros apresentam-se independentes com uma distribuição normal e com variância constante.

Verificamos também que o P-Value  $< 0,05$  mostra que rejeitaremos a hipótese inicial ( $H_0$ ), ou seja, há diferenças significativas entre os dados considerados, conforme observado na Figura 3.41.

Figura 3.41 – Gráfico de Resíduos (modelo aditivado). Fonte: Próprio autor.



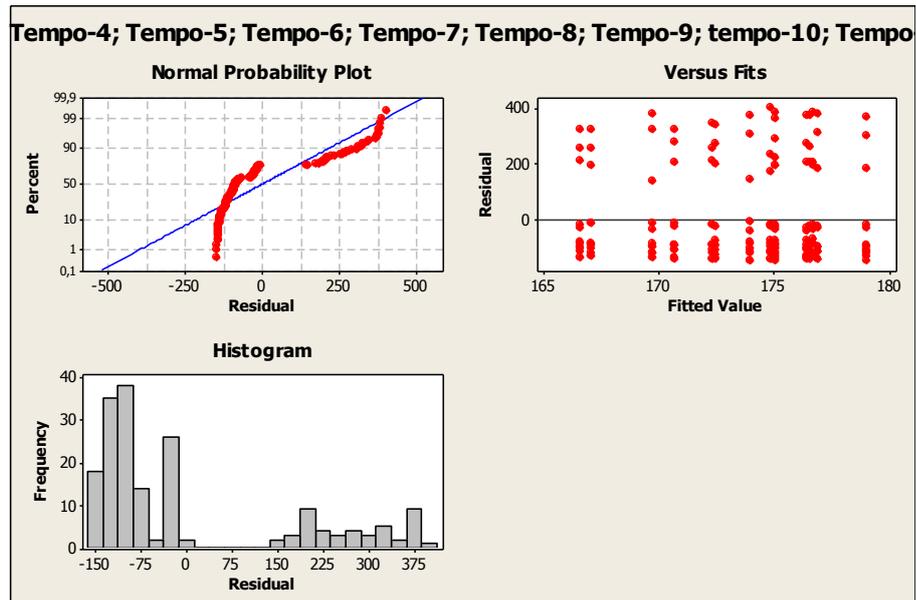
Nota-se que as atividades 01, 10 e 12 possuem a maior média de tempo de setup entre todas as demais.

Nas mesmas atividades citadas verifica-se que elas possuem pouca variabilidade no tempo de *setup*.

Sugere-se mudar a técnica ou oferecer treinamento para efetuar o *setup* destas atividades específicas. A Figura 3.42 apresenta o Gráfico de Resíduos dos Tempos.

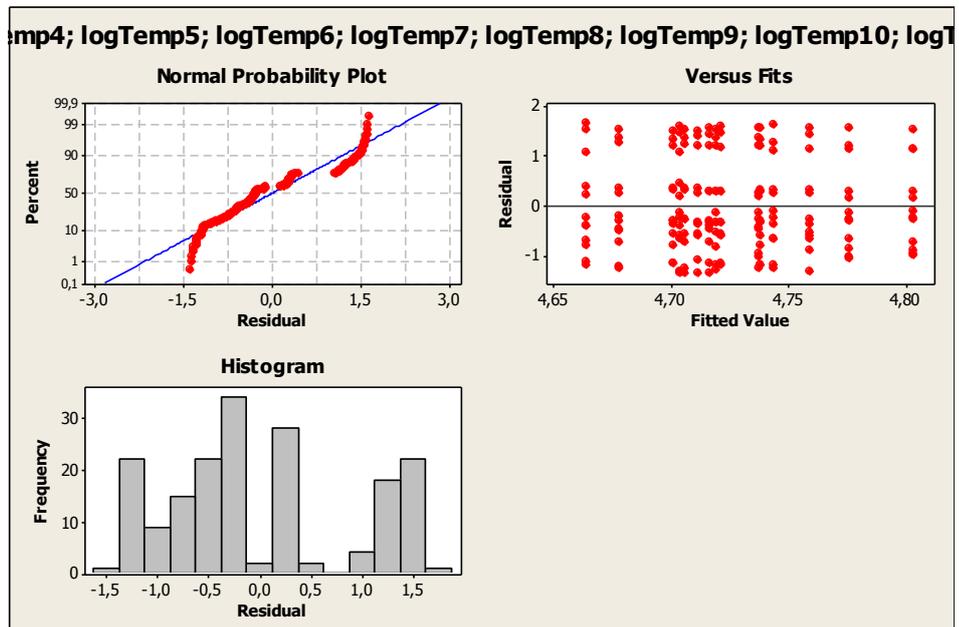
Figura 3.42 – Gráfico de Resíduos dos Tempos. Fonte: Próprio autor.

**- ANOVA – Análise de resíduos dos Tempos de 1 a 15**



A Figura 3.43 demonstrará uma reanálise dos tempos de 1 a 15 usando log e.

Figura 3.43 – Log e. Fonte: Próprio autor.



**One-way ANOVA: logTemp1; logTemp2; logTemp3; logTemp4; logTemp5; logTemp6;**

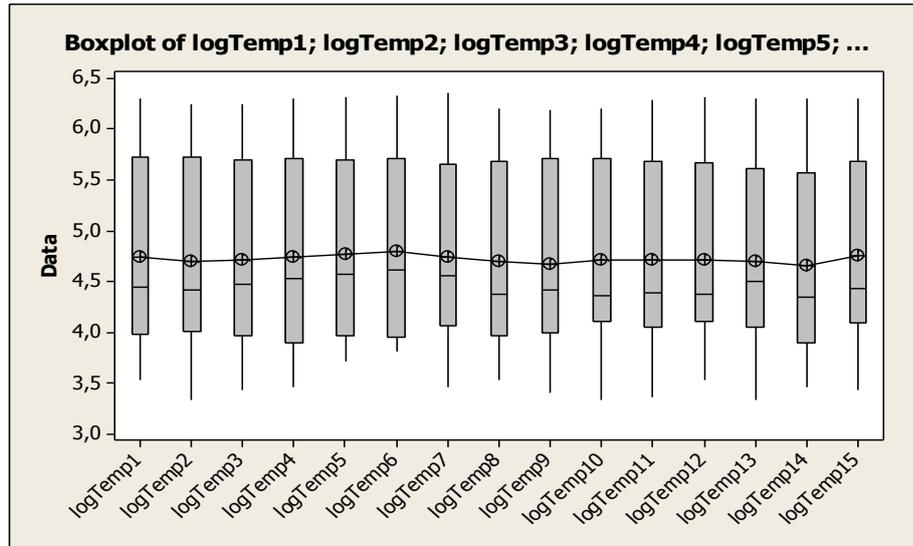
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	14	0,220	0,016	0,02	1,000
Error	165	150,431	0,912		
Total	179	150,650			

S = 0,9548 R-Sq = 0,15% R-Sq(adj) = 0,00%

O modelo já se mostra adequado, devido a sua transformação dos dados, sendo que os erros apresentam-se independentes com uma distribuição normal com variância constante.

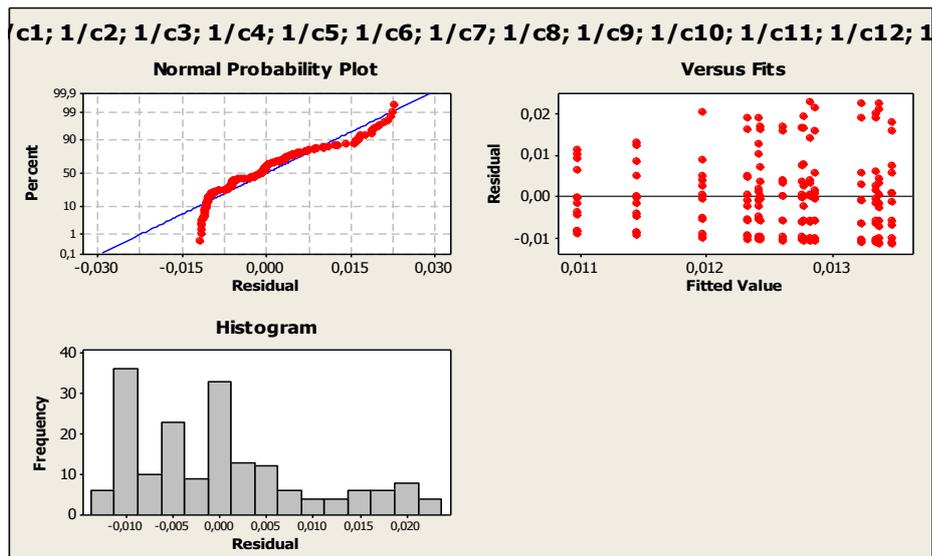
Verificamos também que o P-Value > 0,05 mostrando que aceitaremos a hipótese inicial (H0), ou seja, não há diferenças significativas entre os dados considerados, conforme observado na tabela acima. A Figura 3.44 apresenta os dados normalizados Log e.

Figura 3.44 – Log e. Fonte: Próprio autor.



Podemos observar que os tempos são muito parecidos tanto na média como na sua variabilidade. A Figura 3.45 demonstrará uma reanálise dos tempos de 1 a 15 usando 1/c.

Figura 3.45 – 1/c. Fonte: Próprio autor.



**One-way ANOVA: 1/c1; 1/c2; 1/c3; 1/c4; 1/c5; 1/c6; 1/c7; 1/c8; ...**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	14	0,0000850	0,0000061	0,06	1,000
Error	165	0,0158739	0,0000962		
Total	179	0,0159589			

S = 0,009808 R-Sq = 0,53% R-Sq(adj) = 0,00%

O modelo já se mostra adequado, devido à transformação dos dados, sendo que os erros apresentam-se independentes com uma distribuição normal com variância constante.

É possível, contudo, avaliar que também o P-Value > 0,05 mostra que é aceita a hipótese inicial (H<sub>0</sub>), ou seja, não há diferenças significativas entre os dados considerados, conforme observado na Tabela 3.13.

**3.3.5 Separando *Setup* Interno e Externo**

Esta etapa busca separar o *setup* interno, aquele que é realizado com a máquina parada e *setup* externo, aquele que é realizado com a máquina em produção.

**3.3.5.1 Etapa 2: conversão do *setup* interno em *setup* externo**

Para atingir a meta de tempo proposta pela metodologia SMED, é necessário analisar se alguma operação tenha sido erroneamente alocada e fazer um esforço para convertê-las em *setup* externo.

A etapa preliminar foi realizada através do estudo dos tempos de cada atividade com a utilização de cronômetro, filmagens, estudo dos métodos e entrevistas.

A etapa um (1) separa o *setup* interno, aquele que é realizado com a máquina parada, do *setup* externo, aquele que é realizado com a máquina em produção.

O presente estudo também contempla os tempos envolvidos em cada atividade com a utilização de filmagens, cronômetro e fotos e a separação dos tipos de *setup* de cada atividade, através da análise das atividades.

O presente estudo também contempla os tempos envolvidos em cada atividade sendo que os mesmos precisam ser aferidos.

A Tabela 3.14 identifica todas as atividades realizadas durante o processo de *setup*, a classificação quanto a ser *setup* interno e externo e o respectivo tempo de execução.

A Tabela 3.15 identifica todas as atividades realizadas durante o processo de *setup*, a classificação quanto a ser *setup* interno e externo atual, e a separação do *setup* interno para externo visualizando uma leve melhoria no tempo de execução do processo de *setup* da máquina impressora, antes da proposta de melhoria dos processos.

O estudo mostra as atividades sendo executadas com dois operadores em um *setup* de uma cor.

Tabela 3.14 – Descrição das Atividades e Tempos. Fonte: Próprio autor.

Seq. Atividade	Descrição	Interno/externo	Tempo (min.)
01	Trocar a dupla face do clichê	externo	6'26''
02	Remover a caixa de tinta	interno	0'35''
03	Remover o clichê do cilindro	externo	0'34''
04	Remover as engrenagens	interno	1'03''
05	Remover o cilindro	interno	2'35''
06	Colocar o cilindro	interno	0'51''
07	Colocar as engrenagens no cilindro	interno	1'20''
08	Colocar o clichê	interno	1'38''
09	Retornar a caixa de tinta e avançar o cilindro	interno	2'33''
10	Fazer o ajuste fino utilizando o calibrador	interno	1'25''
11	Troca da tinta	interno	7'20''
12	Ajuste da cor de impressão	interno	1'25''
13	Ajuste final no material para teste	interno	9'12''
<b>Tempo de Setup Total</b>			<b>34'57''</b>

A atividade 1 descreve o processo de troca da dupla face do clichê. O operador com auxílio de uma tesoura retira a fita dupla face do clichê, abre o rolo de fita e cola o clichê na fita dupla face.

Após este procedimento, recorta a fita do tamanho do clichê que será utilizado no seu respectivo lote de impressão. As atividades 2, 3 e 4 remove a caixa de tinta, o clichê e as engrenagens para retirar o cilindro.

Após retirar o cilindro as outras atividades repetem-se como atividades de montagem da máquina para impressão.

A Tabela 3.15 propôs a separação de algumas atividades que eram feitas internamente, ou seja, com a máquina parada para serem executadas externamente, com a máquina em operação diminuindo o tempo total de *setup* de 34 minutos e 57 segundos para 26 minutos e 59 segundos.

Tabela 3.15 – Descrição das Atividades com dois Operadores (*Setup* de 1 cor). Fonte: Próprio autor.

Seq. Atividade	Descrição	Atual	Proposto	Tempo (min.)
		Interno/externo	Interno/externo	
01	Trocar a dupla face do	interno	externo	6'26''
02	Remover a caixa de	interno	interno	0'35''
03	Remover o clichê do	interno	externo	0'34''
04	Remover as	interno	interno	1'03''
05	Remover o cilindro	interno	interno	2'35''
06	Colocar o cilindro	interno	interno	0'51''
07	Colocar as engrenagens	interno	interno	1'20''
07	Colocar o clichê	interno	externo	1'38''
08	Retornar a caixa de tinta	interno	interno	2'33''
09	Fazer o ajuste fino	interno	interno	1'25''
10	Troca da tinta	interno	interno	7'20''
11	Ajuste da cor de	interno	interno	1'25''
12	Ajuste final no material	interno	interno	9'12''
<b>Tempo de Setup Total</b>			<b>26'59''</b>	<b>34'57''</b>

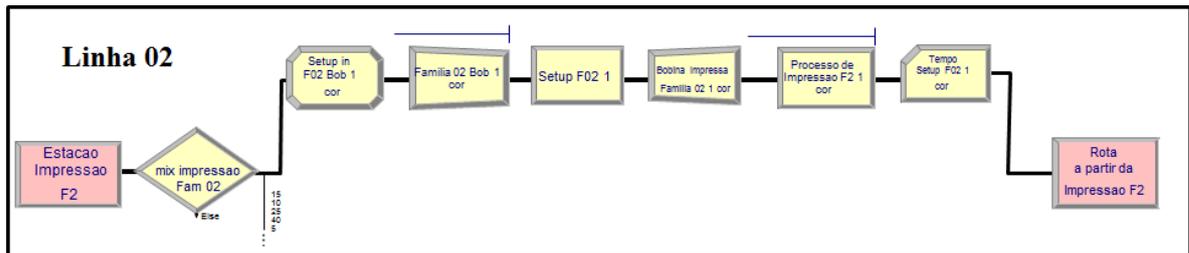
A partir dos resultados foi acoplado ao modelo de simulação computacional de eventos discretos através do uso do *software* Arena 11.00 *Professional* o procedimento do tempo de *setup* das máquinas impressoras de acordo com as Figuras 3.46 a 3.51 de acordo com as respectivas famílias dos produtos.

As Figuras 3.46 a 3.51 (sem o módulo da estação de trabalho *kanban*) mostram os blocos utilizados e a parametrização dos blocos de acordo com o tamanho do lote definido e a porcentagem relativa das quantidades de cada família de produtos a ser produzido e de acordo com a porcentagem das quantidades de cada cor a ser impressa sendo:

- 1) Impressão com 1 cor;
- 2) Impressão com 2 cores;
- 3) Impressão com 3 cores;
- 4) Impressão com 4 cores;
- 5) Impressão com 5 cores;
- 6) Impressão com 6 cores.

As Figuras 3.52 a 3.57 mostram a configuração do processo de *setup* adotado no modelo com o módulo da estação de trabalho *kanban*.

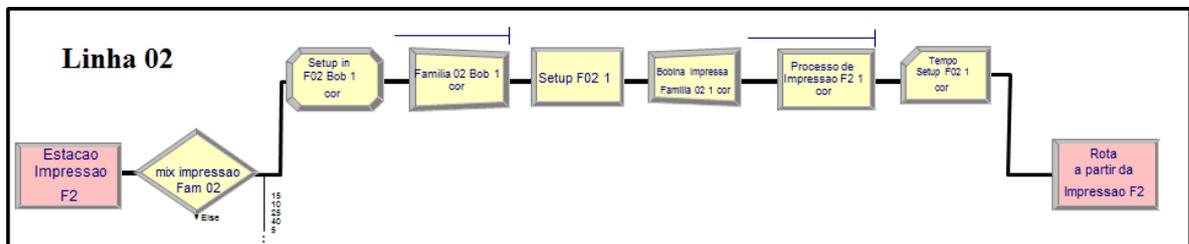
Figura 3.46 – Fluxo de produção do processo de impressão – setup – Família 2. Fonte: Próprio autor.



Cor	Decide		Assign				Batch					
	Name		Name	Attribute Name	New Value	Batch Size	Save Criterion	Attribute Name	Rule	Representative Entity Type	Type	
	mix impressao Fam 02											
1	15		Setup in F02 Bob 1 cor	Setup F02 Bob 1 cor	TNOW	500	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 1 cor	Temporary	
2	10		Setup in F02 Bob 2 cor	Setup F02 Bob 2 cor	TNOW	500	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 2 cor	Temporary	
3	25		Setup in F02 Bob 3 cor	Setup F02 Bob 3 cor	TNOW	500	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 3 cor	Temporary	
4	40		Setup in F02 Bob 4 cor	Setup F02 Bob 4 cor	TNOW	2000	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 4 cor	Temporary	
5	5		Setup in F02 Bob 5 cor	Setup F02 Bob 5 cor	TNOW	500	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 5 cor	Temporary	
6	5		Setup in F02 Bob 6 cor	Setup F02 Bob 6 cor	TNOW	500	Sum	Entity:Sequence	By Attribute	Familia 02 6 cor	Temporary	

Cor	Delay				Separate		
	Name	Allocation	Delay Time	Units	Name	Member Attributes	Type
1	Setup F02 1	Wait	1	Hours	Bobina Impressa Familia 02 1 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch
2	Setup F02 2	Wait	2	Hours	Bobina Impressa Familia 02 2 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch
3	Setup F02 3	Wait	3	Hours	Bobina Impressa Familia 02 3 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch
4	Setup F02 4	Wait	4	Hours	Bobina Impressa Familia 02 4 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch
5	Setup F02 5	Wait	5	Hours	Bobina Impressa Familia 02 5 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch
6	Setup F02 6	Wait	6	Hours	Bobina Impressa Familia 02 6 cor	Retain Original Entity Values	Split Existing Batch

Figura 3.47 – Fluxo de produção do processo de impressão – setup – Família 2. Fonte: Próprio autor.



Cor	Process													
	Name	Type	Action	Priority	Type	Set Name	Quant	Selection Rule	Save Attribute	Delay Time	Units	Allocation	Expression	
1	Processo de Impressao F2 1 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Set	Impressora	1	Cyclical	Tempo de impressao	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	
2	Processo de Impressao F2 2 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Set	Impressora	1	Cyclical	Tempo de impressao	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	
3	Processo de Impressao F2 3 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Set	Impressora	1	Cyclical	Tempo de impressao	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	
4	Processo de Impressao F2 4 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Set	Impressora	1	Cyclical	Tempo de impressao	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	
5	Processo de Impressao F2 5 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Resouce	Impressora COMT	1	-----	-----	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	
6	Processo de Impressao F2 6 cor	Standart	Seize Delay Release	Medium(2)	Resouce	Impressora COMT	1	-----	-----	Expression	sec	Value Added	Tempo de impressao	

Cor	Record				Rote					
	Name	Type	Attribute Name	Tally Name	Name	Rote Time	Units	Dest. Type	Station Name	
1	Tempo Setup F02 1 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 1 cor	Tempo Setup F02 1 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	
2	Tempo Setup F02 2 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 2 cor	Tempo Setup F02 2 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	
3	Tempo Setup F02 3 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 3 cor	Tempo Setup F02 3 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	
4	Tempo Setup F02 4 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 4 cor	Tempo Setup F02 4 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	
5	Tempo Setup F02 5 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 5 cor	Tempo Setup F02 5 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	
6	Tempo Setup F02 6 cor	Time Interval	Setup F02 Bob 6 cor	Tempo Setup F02 6 cor	Rota a partir da Impressao F2	TRIA(20,25,30)	sec	Station	Corte e Costura F2	

Figura 3.48 – Fluxo de produção do processo de impressão – setup – Família 7. Fonte: Próprio autor.

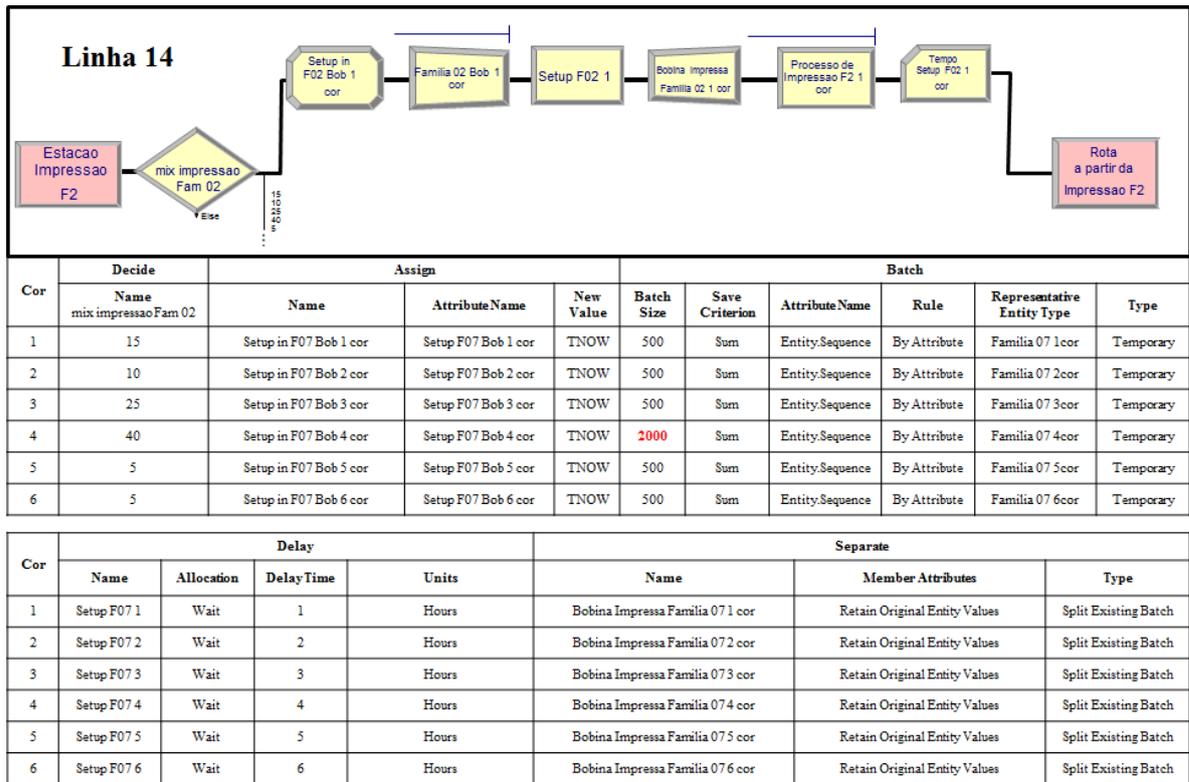


Figura 3.49 – Fluxo de produção do processo de impressão – setup – Família 7. Fonte: Próprio autor.

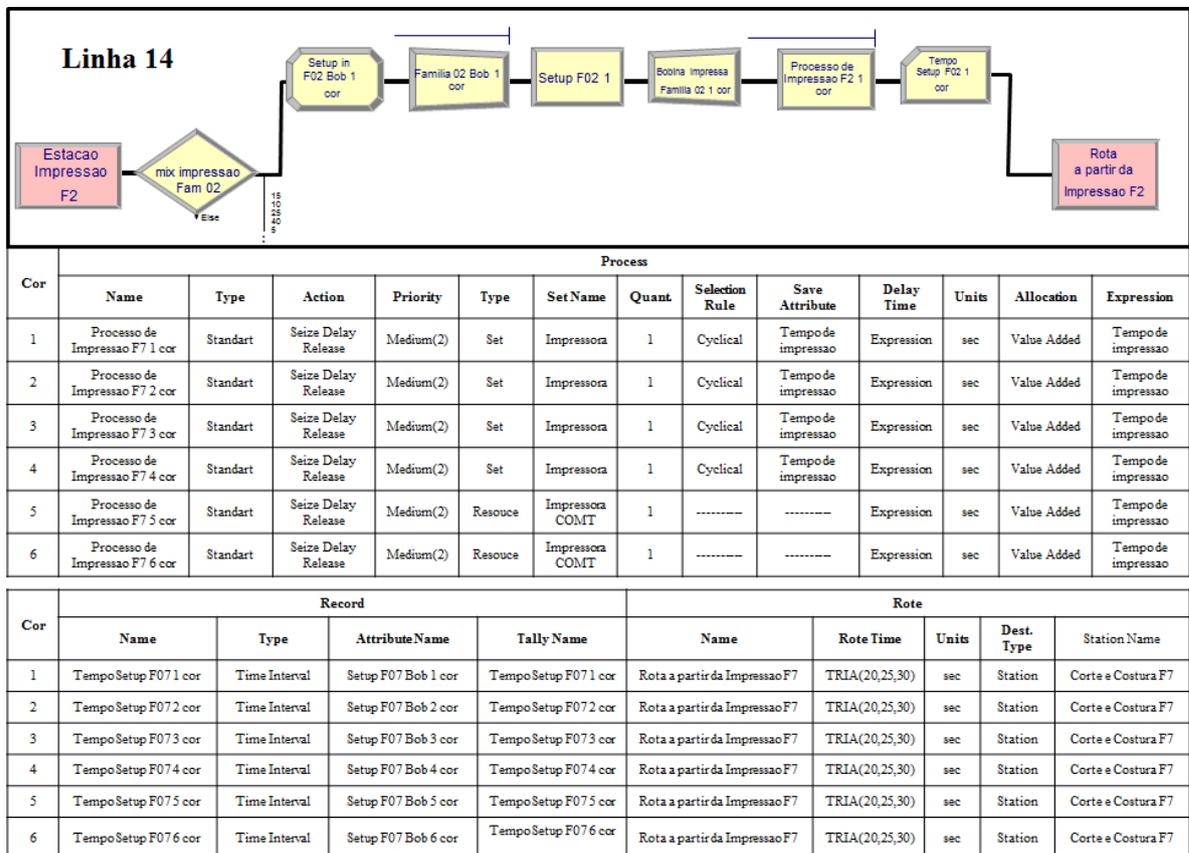


Figura 3.50 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 8. Fonte: Próprio autor.

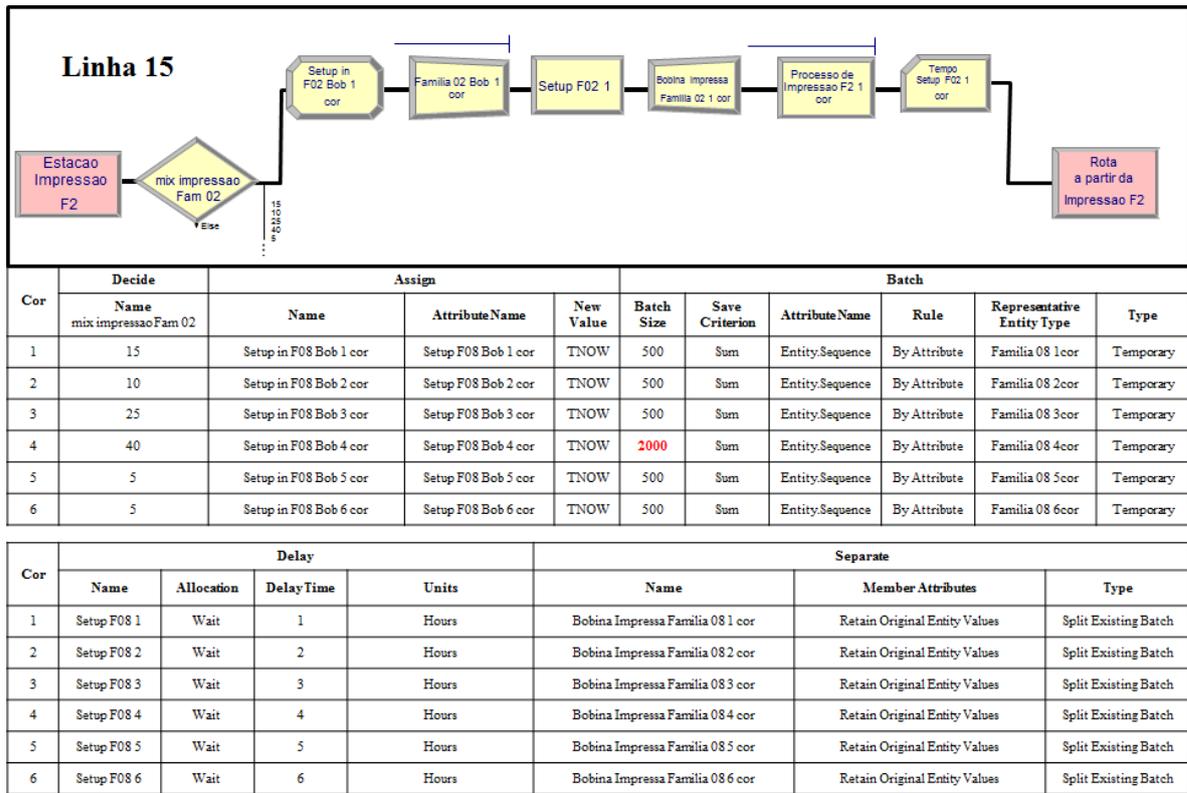


Figura 3.51 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 8. Fonte: Próprio autor.

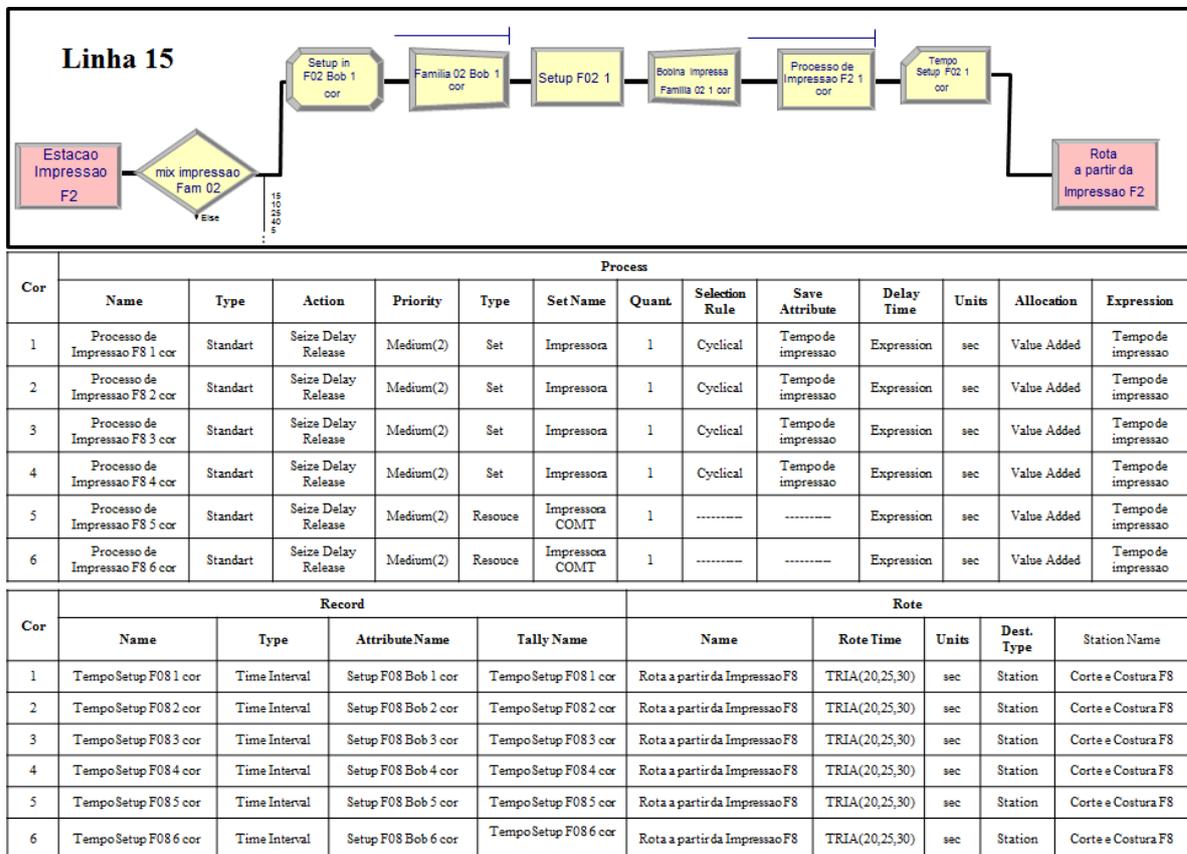


Figura 3.52 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 2 (com *kanban*). Fonte: Próprio autor.

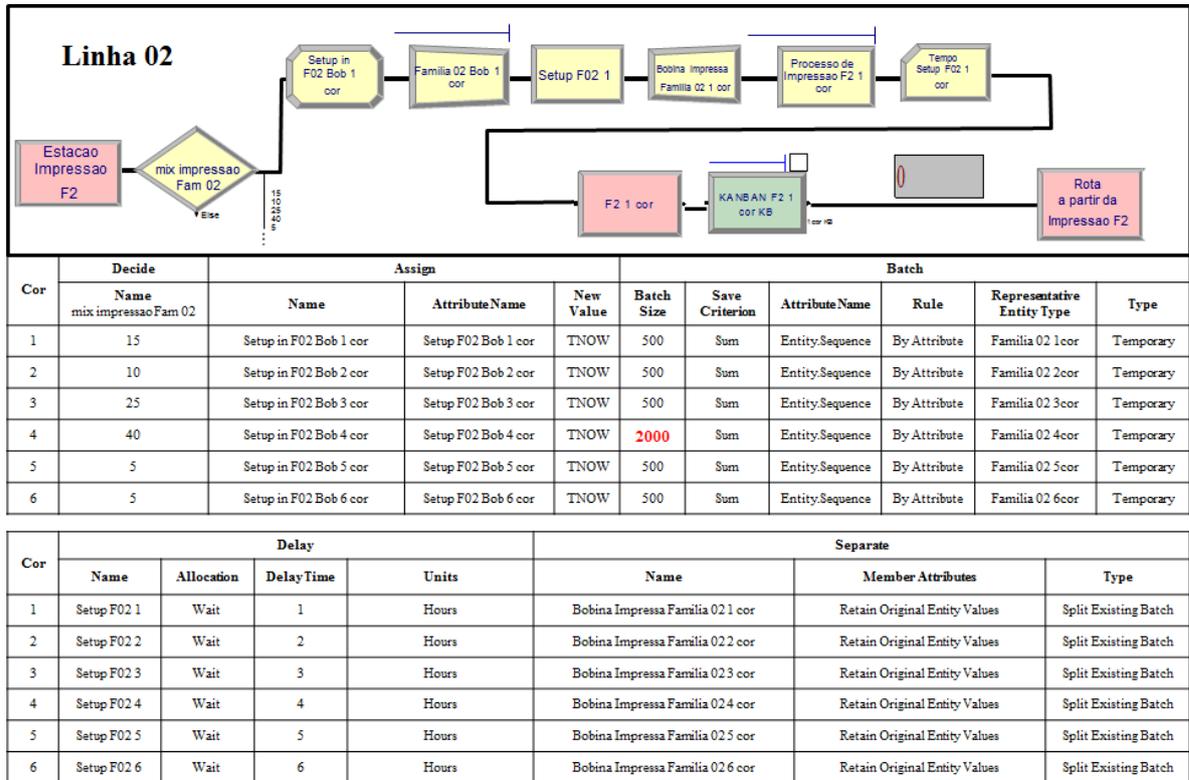


Figura 3.53 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 2 (com *kanban*). Fonte: Próprio autor.

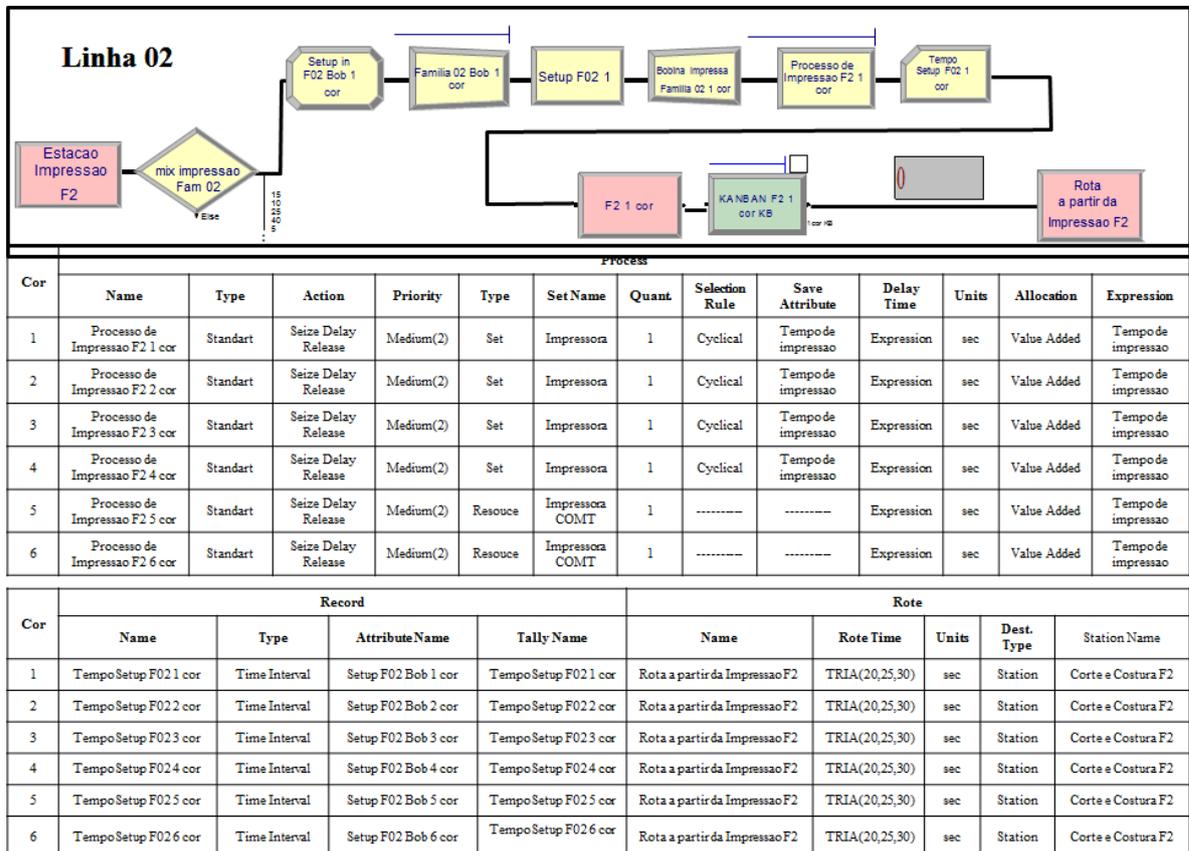


Figura 3.54 – Janela de configuração do módulo estação de trabalho *kanban*. Fonte: Próprio autor.

Figura 3.55 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 7 (com *kanban*). Fonte: Próprio autor.

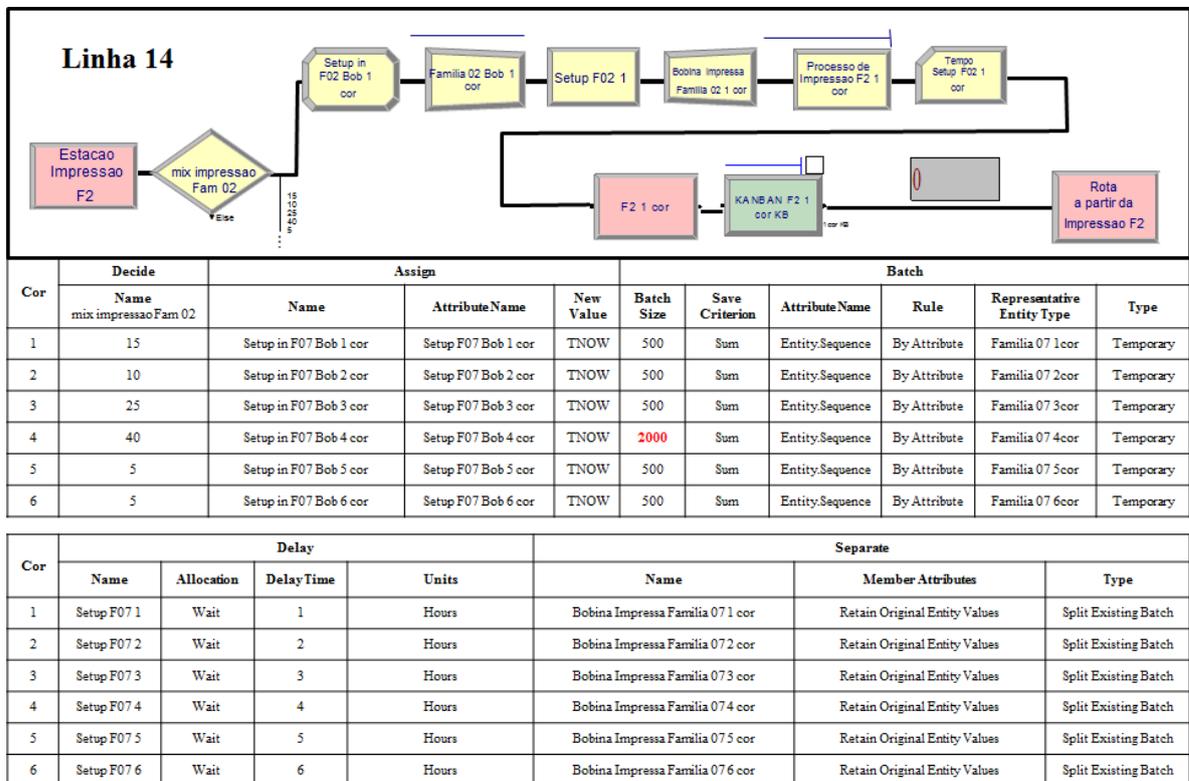


Figura 3.56 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 7 (com *kanban*). Fonte: Próprio autor.

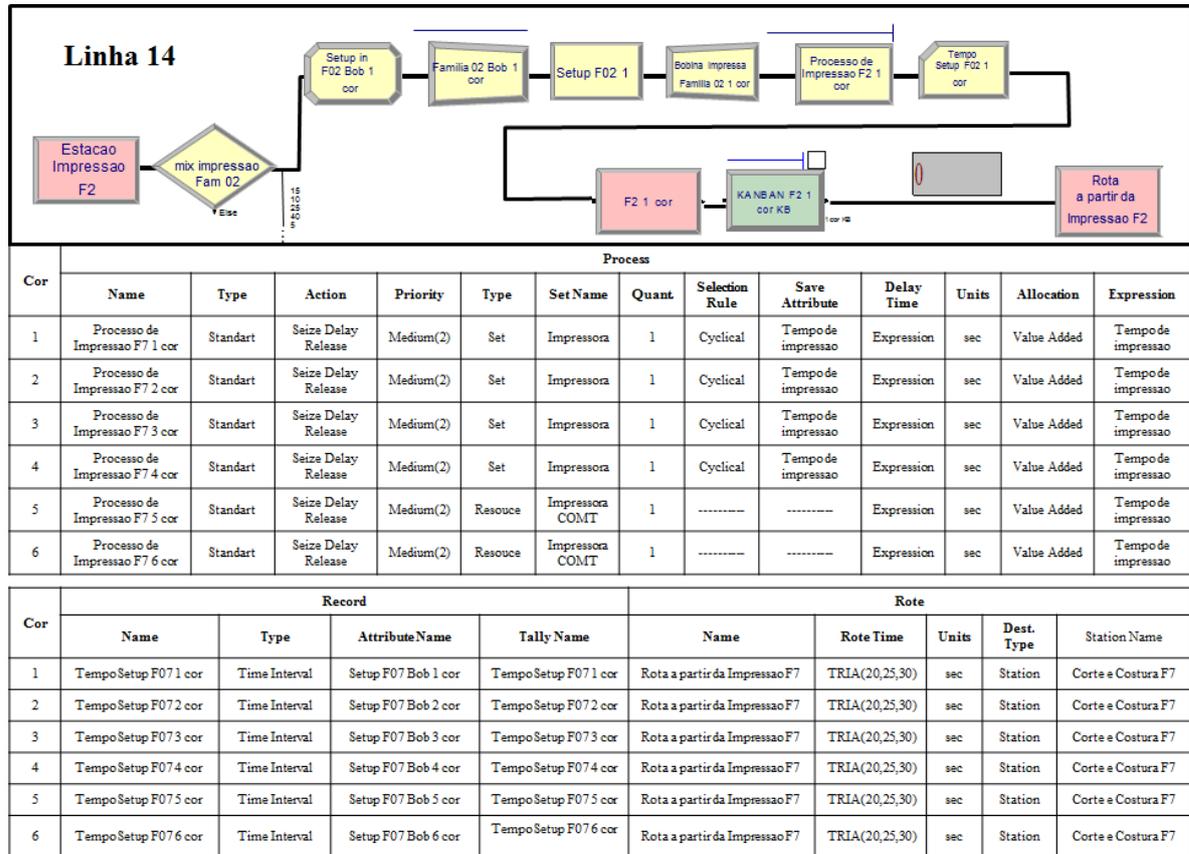
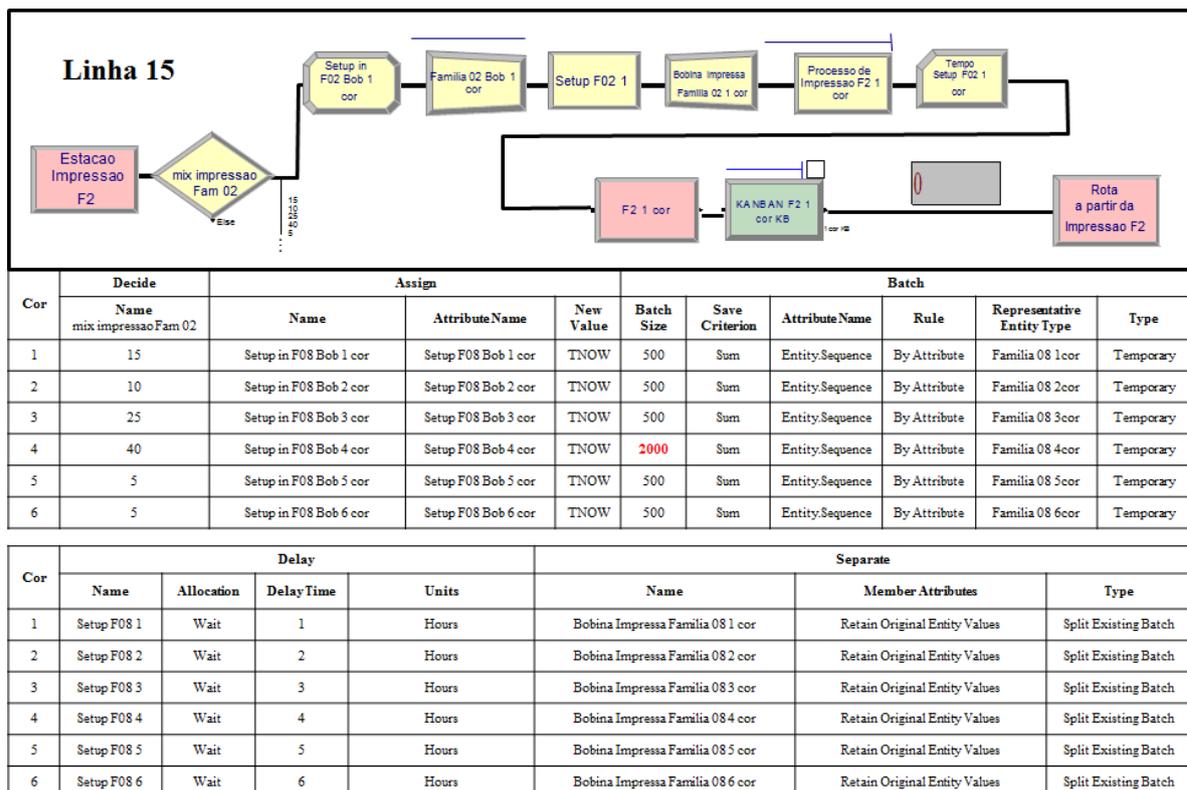


Figura 3.57 – Fluxo de produção do processo de impressão – *setup* – Família 8 (com *kanban*). Fonte: Próprio autor.



### 3.3.5.2 Proposta de Melhoria de cada Operação Básica do *Setup* Interno e Externo

Através da análise das atividades e dos tempos propomos algumas melhorias das atividades do processo de *setup*. A seguir algumas atividades são relacionadas para as melhorias propostas no processo de impressão.

- Aproximar e organizar as engrenagens;
- Aproximar tintas e melhorar o sistema de troca de tintas;
- Melhorar processo de ajuste dos rolos;
- Instalar parafusadeira pneumática próximo aos mancais para apertar e soltar os parafusos;
- Manter roldana em todos os cilindros;
- Eliminar Talhas;
- Aproximar cilindros do ponto de uso;
- Melhorar a programação da produção observando cilindros, clichês e cores para que não sejam trocados sem necessidade;
- Buscar outras maneiras de colar a fita dupla face no clichê para eliminar tempo;
- Melhorar processo de inversão do motor para impressão de 4 cores;
- Criar um suporte para a máquina de costura;
- Criar assento adequado para os operadores;
- Aproximar bobina de teste;
- Reduzir movimentação do operador;
- Melhorar carrinho para transporte do cilindro, pois é muito baixo sem ancoragem e sem suporte para empurrar, etc.

### 3.3.5.3 Definição dos cenários 5, 6 e 7 e resultados preliminares

A alteração do *setup* no modelo foi realizada em três etapas divididas em três cenários distintos: 5, 6 e 7, de acordo com a Tabela 3.16. As Tabelas 3.17 e 3.18 mostram os resultados preliminares do cenário 5 com a redução do *setup* demonstrando a redução do tempo no sistema e a redução do tempo de *setup* reduzindo o estoque em processo (WIP – *work in process*).

Além da alteração do *setup* nos cenários 6 e 7 foi alterada a taxa de abastecimento do modelo de acordo com a Tabela 3.19.

No cenário 7 foram alteradas as taxas de abastecimento e prioridades das linhas 1, 12, 13 e 16 não produzidas no cenário 6, de acordo com a Tabela 3.20.

Tabela 3.16 – Alteração do *setup* – cenários 5, 6 e 7. Fonte: Próprio autor.

	<b>Cenário 2 - 3 - 4</b>	<b>Cenário 5</b>	<b>Cenário 6</b>	<b>Cenário 7</b>
<b>1 cor</b>	1,00	0,616	0,472	0,350
<b>2 cores</b>	2,00	1,232	0,944	0,699
<b>3 cores</b>	3,00	1,277	1,416	1,049
<b>4 cores</b>	4,00	2,463	1,888	1,399
<b>5 cores</b>	5,00	3,079	2,443	1,832
<b>6 cores</b>	6,00	3,695	2,832	2,098

Tabela 3.17 – Resultados parciais do cenário 5 com a redução do *setup*. Fonte: Próprio autor.

	<b>Cenário 4</b>		<b>Cenário 5</b>	
	Impressora COMT	Impressora PADANE	Impressora COMT	Impressora PADANE
ocupação	6,268%	6,281%	6,566%	6,581%
produção	6995	3505	7328	3672
	<b>Cenário 4</b>		<b>Cenário 5</b>	
	Produção	WIP	Produção	WIP
Família 2	4000	2323,62	6683	0
Família 8	1500	2127,51	5215	0
Família 9	5000	2362,44	7441	0
Total	10500	6813,57	19339	0
	<b>Cenário 4</b>		<b>Cenário 5</b>	
	tempo no sistema	tempo de <i>setup</i>	tempo no sistema	tempo de <i>setup</i>
Família 2	12,6008	11,24 (1 2 3 4)	10,7672	10,26 (1 2 3 4)
Família 8	9,7145	9,76 (1 3)	8,5115	8,91 (1 3)
Família 9	10,7793	10,37 (1 2 3 4)	9,6964	9,59 (1 2 3 4)
Total	33,0946	31,363375	28,9751	28,763525

Tabela 3.18 – Comparação dos tempos de *setup* do modelo a partir dos cenários 4 e 5. Fonte: Próprio autor.

	<b>Cenário 4</b>	<b>Cenário 5</b>
	tempo de <i>setup</i>	tempo de <i>setup</i>
Família 2 1 cor	8,6232	7,9585
Família 2 2 cores	12,7004	12,7676
Família 2 3 cores	7,93	5,8844
Família 2 4 cores	15,7105	14,4118
Família 8 1 cor	10,1862	10,4274
Família 8 3 cores	9,3278	7,4024
Família 9 1 cor	8,0526	7,7045
Família 9 2 cores	11,8863	12,2251
Família 9 3 cores	7,1229	5,2744
Família 9 4 cores	14,3996	13,1682
	10,594	9,722

A Figura 3.58 mostra graficamente as diferenças dos tempos de *setup* entre os cenários 4 e 5.

Figura 3.58 – Diferenças do tempo de *setup* entre os cenários 4 e 5. Fonte: Próprio autor.

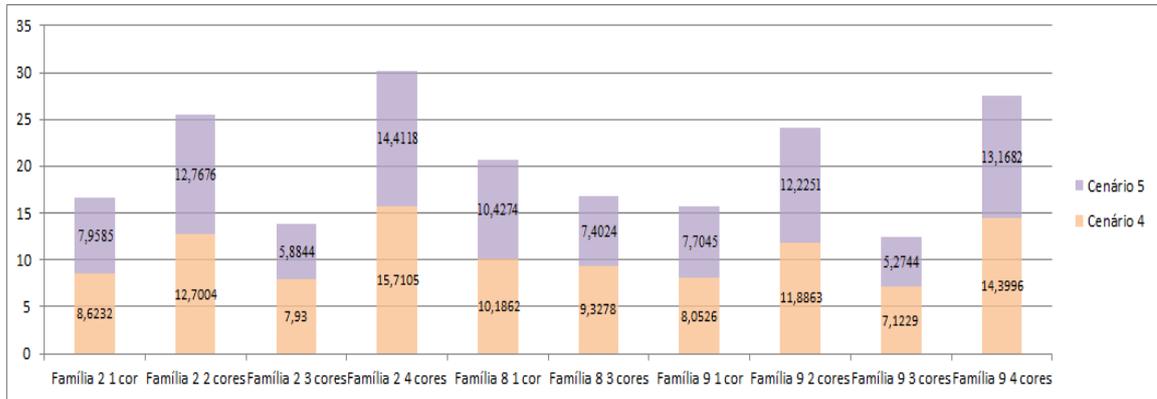


Tabela 3.19 – Alteração da taxa de abastecimento dos cenários 6 e 7. Fonte: Próprio autor.

	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
<b>linha 2</b>	<b>16,70 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>
<b>linha 14</b>	<b>21,40 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>
<b>linha 15</b>	<b>15,00 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>	<b>6,00 (minutos)</b>

Tabela 3.20 – Alteração da taxa de abastecimento e prioridade na extrusora das linhas 1, 12, 13 e 16. Fonte: Próprio autor.

Linha	Abastecimento		Prioridade extrusora
	Anterior	Simulação 7	
1	2,33	0,2	baixa
12	18,3	0,45	média
13	4,6	0,45	média
16	8,55	0,45	média

O cenário 8 teve a redução do tempo de extrusão por linha reduzido em 30% de acordo com a Tabela 3.21.

A partir das alterações realizadas no modelo e a simulação dos cenários 2 a 19 foram extraídos os respectivos dados obtidos como resultado da simulação e realizado as análises dos dados.

Os dados dos 19 cenários e a análise dos resultados a partir da medição dos indicadores adotados neste trabalho de acordo com as respectivas medições definidas na literatura, demonstrado através dos gráficos relacionados.

No final são apresentados também os mapas do fluxo de valor futuro das 16 famílias de produtos, de acordo com o exposto no desenvolvimento do presente trabalho.

Tabela 3.21 – Redução do tempo de extrusão por linha em 30% - Cenário 8. Fonte: Próprio autor.

<b>Linha</b>	<b>Tempo Extrusora</b>	<b>Tempo Extrusora redução 30%</b>
1	24,6790	17,2753
2	2,4100	1,6870
3	0,0025	0,0017
4	0,1100	0,0770
5	0,1065	0,0746
6	0,0930	0,0651
7	0,0966	0,0676
8	0,1931	0,1352
9	0,1931	0,1352
10	0,0325	0,0228
11	0,0193	0,0135
12	118,0000	82,6000
13	6,8000	4,7600
14	2,7600	1,9320
15	2,7000	1,8900
16	2,2500	1,5750

Como descrito no presente capítulo os tempos de *setup* por número de cor nas máquinas de impressão, no presente trabalho, foram adotados no modelo de simulação para o cenário 2 de acordo com os tempos apontados no mapeamento do fluxo de valor atual da empresa, desenvolvido *in loco* no sistema de produção objeto do estudo.

A partir dos cenários 5, 6 e 7 os tempos de *setup* foram alterados de acordo com os resultados do estudo de transferência das atividades de *setup* executadas internamente para a execução externa com o uso da metodologia SMED e validados pelos operadores da empresa a fim de garantir a exequibilidade do projeto de melhoria no sistema real.

Além das mudanças realizadas no *setup* das máquinas impressoras foi alterada no modelo a disposição do *layout* atual para o *layout* futuro proposto com a validação do Diretor Industrial da empresa a fim de validar a exequibilidade da proposta no sistema real.

Desse modo as mudanças propostas são exequíveis e foram testadas através do modelo de simulação de eventos discretos com os resultados demonstrados no capítulo 4 e a análise dos resultados apresentada no capítulo 5 do presente trabalho.

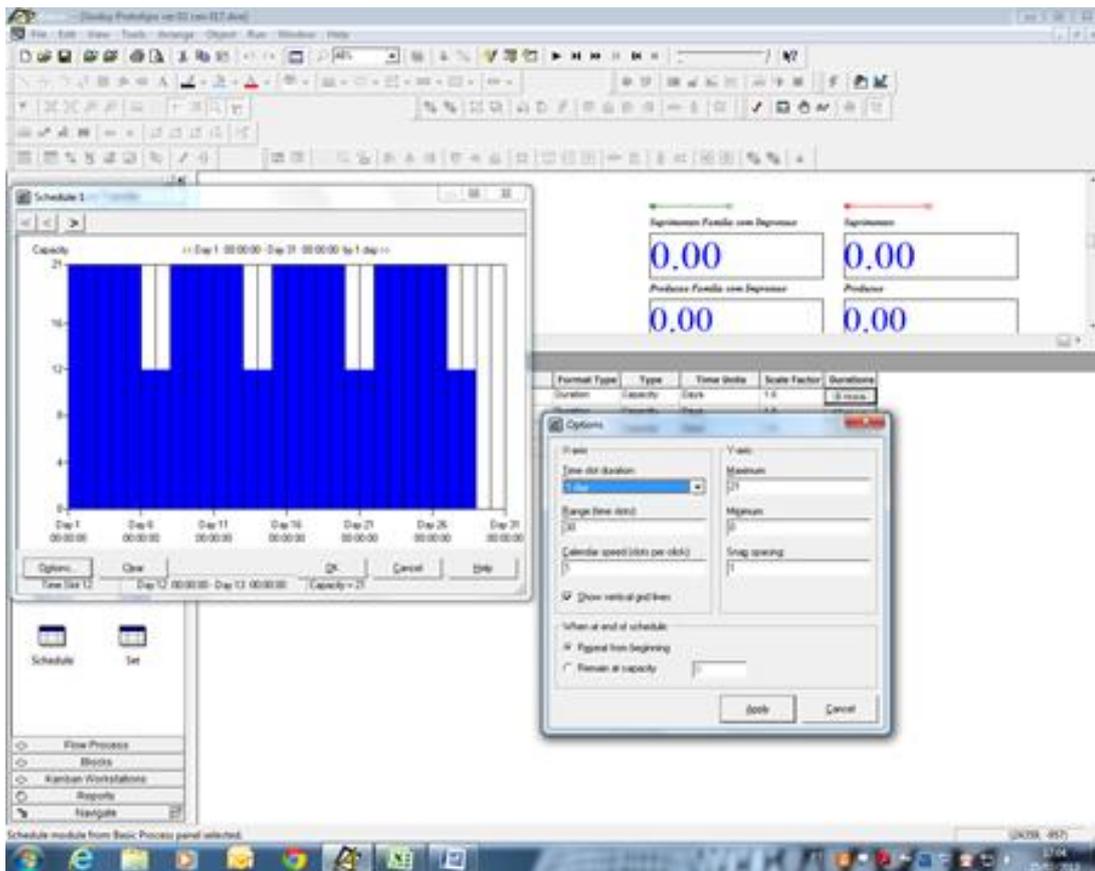
Para os cenários 18 e 19 foi definido os turnos de trabalho dos recursos da manufatura de acordo com a Tabela 3.22.

Tabela 3.22 – Schedule das Máquinas. Fonte: Próprio Autor.

<i>Schedule</i>	<i>Recursos</i>	<i>Format Type</i>	<i>Type</i>	<i>Time Units</i>	<i>Scale Factor</i>
<i>Schedule 1</i>	Extrusora e Teares	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 2</i>	Laminação, Operação manual de corte e costura e enroladeira	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 3</i>	Impressão	<i>Duration</i>	<i>Capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 4</i>	Corte & Costura	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0
<i>Schedule 5</i>	Corte & Costura	<i>Duration</i>	<i>capacity</i>	<i>Days</i>	1.0

As Figuras 3.59 a 3.62 mostram o turno de trabalho por *schedule* e consequentemente por recurso de manufatura.

Figura 3.59 – *Schedule 1*. Fonte: Próprio autor.



A Figura 3.63 mostra o respectivo *schedule* por recurso de manufatura de acordo com o turno de trabalho adotado.

Figura 3.60 – Schedule 2. Fonte: Próprio autor.

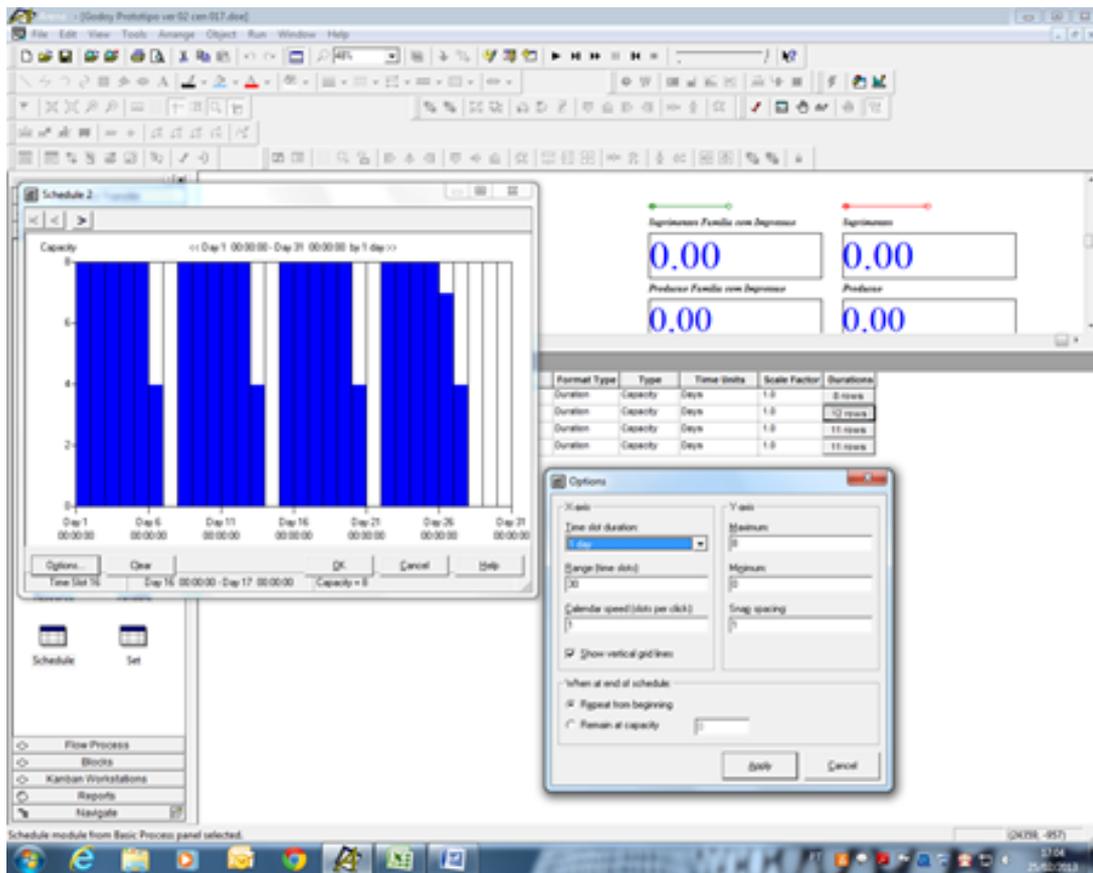


Figura 3.61 – Schedule 3. Fonte: Próprio autor.

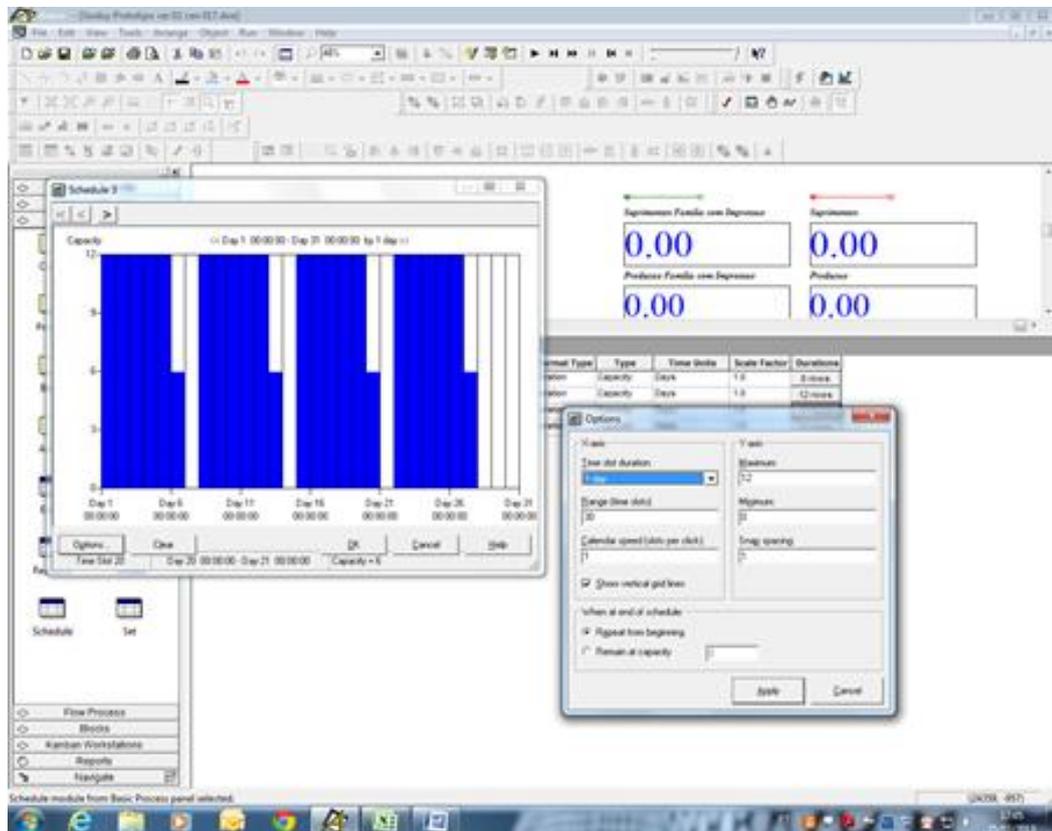


Figura 3.62 – Schedule 4. Fonte: Próprio autor.

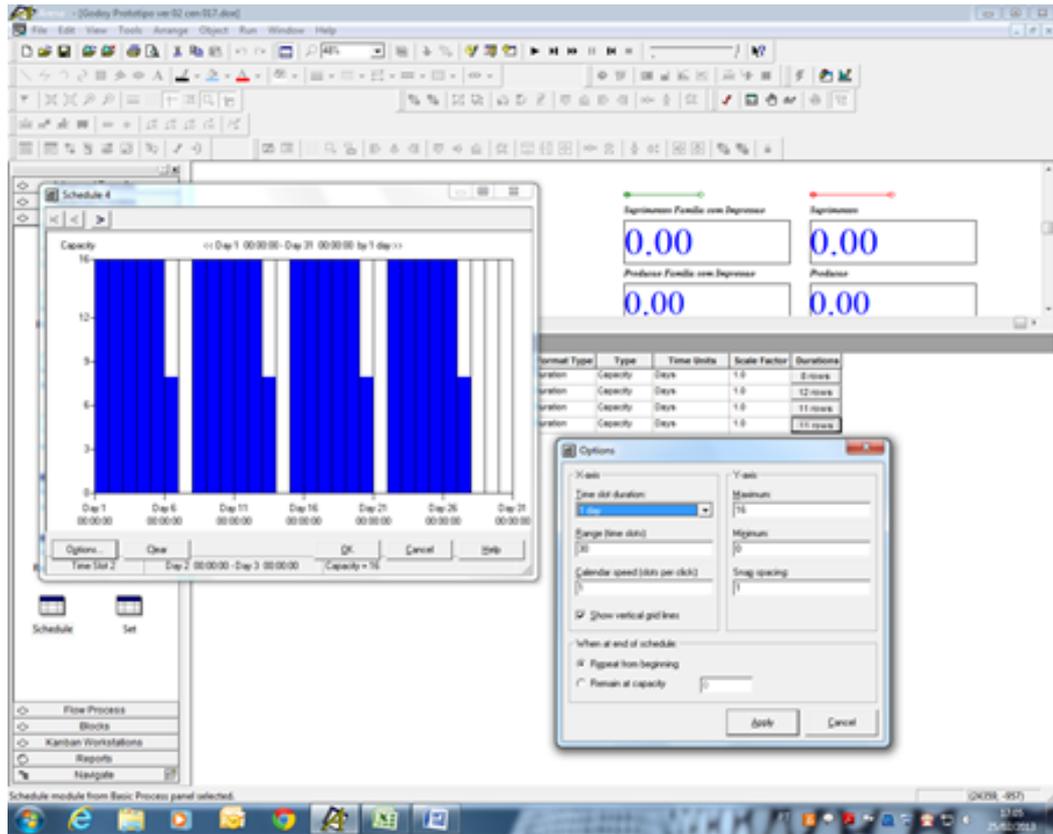
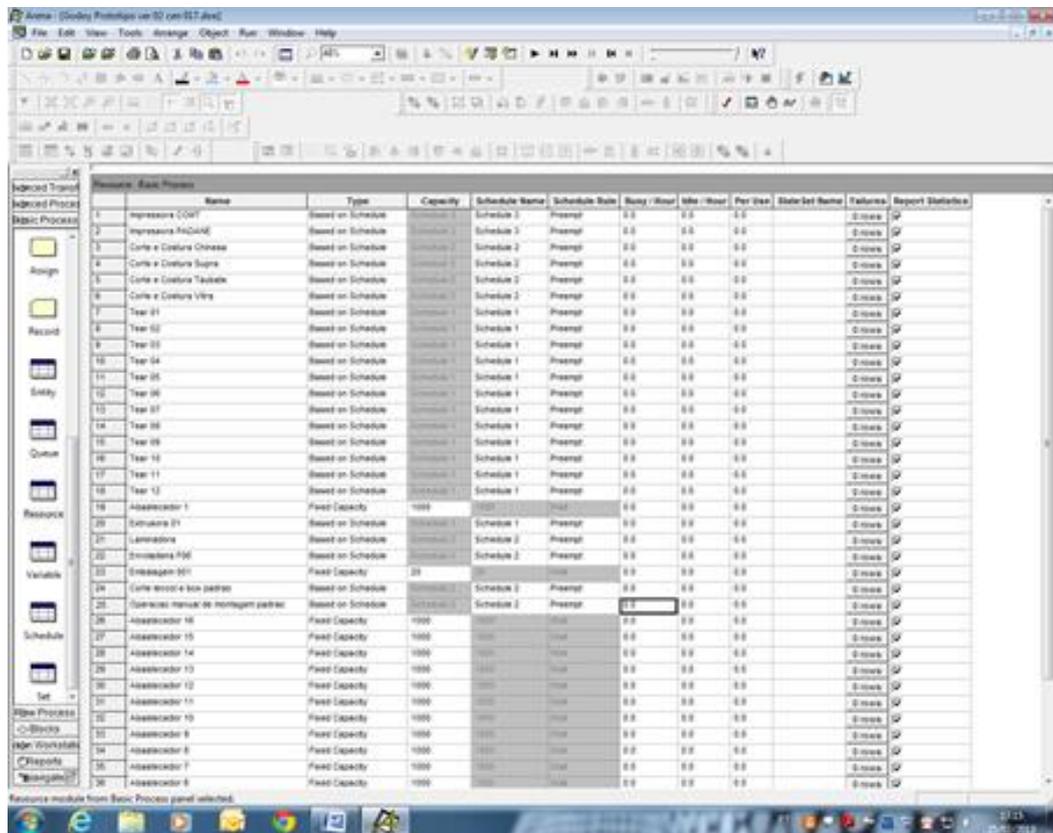


Figura 3.63 – Definição do respectivo *schedule* por recurso. Fonte: Próprio autor.



#### 4. Resultados das simulações computacionais

Como descrito no capítulo 3 foram simulados 19 cenários do sistema de produção estudado com configurações pontuais, que difere um cenário do outro quanto à operação virtual da fábrica.

As alterações são descritas no capítulo três e os resultados da simulação apresentados no presente capítulo de acordo com a divisão da alteração realizada em cada cenário.

- 1) Cenários 2 situação atual do sistema de produção;
- 2) Cenários 3 e 4 com as mudanças do *layout*);
- 3) Cenários 5 a 7 com as etapas da redução do tempo de *setup*;
- 4) Cenários 11 a 14 com a alteração do tamanho do lote de produção para as famílias de produtos que utilizam o processo de impressão,
- 5) Cenários 15 a 17 com o dimensionamento dos cartões *kanban*;
- 6) Cenários 18 e 19 com o tempo de operação de 28 dias com o propósito de demonstrar a evolução dos resultados de acordo com cada alteração realizada.

Os demais cenários devem constar apenas na avaliação geral dos resultados sem, no entanto, constar os resultados no capítulo 4.

As Figuras 4.1 a 4.20 mostram os dados resultantes da simulação do cenário 2 demonstrando.

De acordo com o gráfico da Figura 4.3 uma maior variabilidade do tempo de permanência da matéria prima no sistema das famílias 2, 7 e 8 (linhas de fabricação 2, 14 e 15), além do tempo de permanência, no caso do cenário atual ser elevado.

Quanto ao tempo de *setup*, de acordo com a Figura 4.6, há variabilidade em todos os produtos no processo de impressão com um maior tempo de *setup* entre as cores 2 e 4 em função do maior volume de unidades na produção.

Até o ponto em que as alterações foram apenas de *layout* os resultados apresentam ganho de desempenho do sistema o que pode ser considerado como a eliminação das ocorrências das perdas de tempo em função da distância entre os processos de fabricação como já mencionado.

Contudo, há que se considerar o fato de que as alterações no *layout* devem ser validadas *in loco* na fábrica a fim de validar os resultados e da necessidade de se avaliar meios de transporte mais eficazes nos casos em que a movimentação não pode ser eliminada como a movimentação entre a tecelagem e laminação e laminação e impressão.

O cenário atual caracteriza o problema da variabilidade do tempo, tanto de permanência no sistema quanto do *setup*, no sistema de produção estudado devido a principalmente dois fatores:

- 1) Distância excessiva entre os processos de fabricação extrusão, tecelagem e laminação com uma movimentação extremamente demorada em função do tipo de equipamento de movimentação utilizado e falta de sincronismo entre os processos;
- 2) Falta de procedimento e conseqüentemente instrução de trabalho do processo de preparação das máquinas na área de impressão, além de problemas de programação da produção.

Esses dois fatores causam perda significativa da eficiência da fábrica como um todo, no contexto apresentado. Nesse caso as alterações relacionadas à movimentação e ao tempo de *setup* indica a possibilidade de ajuste do sistema com ganhos significativos de desempenho.

Para a execução dos cenários foi alterado o *setup* do *software* quanto os parâmetros de memória de acordo com a Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Parâmetros de memória do *software*. Fonte: Próprio autor.

<b><i>Guider Transporter matrix size</i></b>	
ICXM	2300
<b><i>Number of elements in parse array</i></b>	
RVEC	900000
IVEC	90000
MVEC	90000
CVEC	150000
<b><i>Number of elements in runtime array</i></b>	
RSET	60000000
CSET	1500000

Em função do número de entidades geradas e movimentadas no fluxo de produção do sistema de manufatura do modelo foi necessário adequar os parâmetros com o propósito de o modelo ser executado sem interrupções por excesso de entidades no sistema e conseqüentemente falta de capacidade de memória.

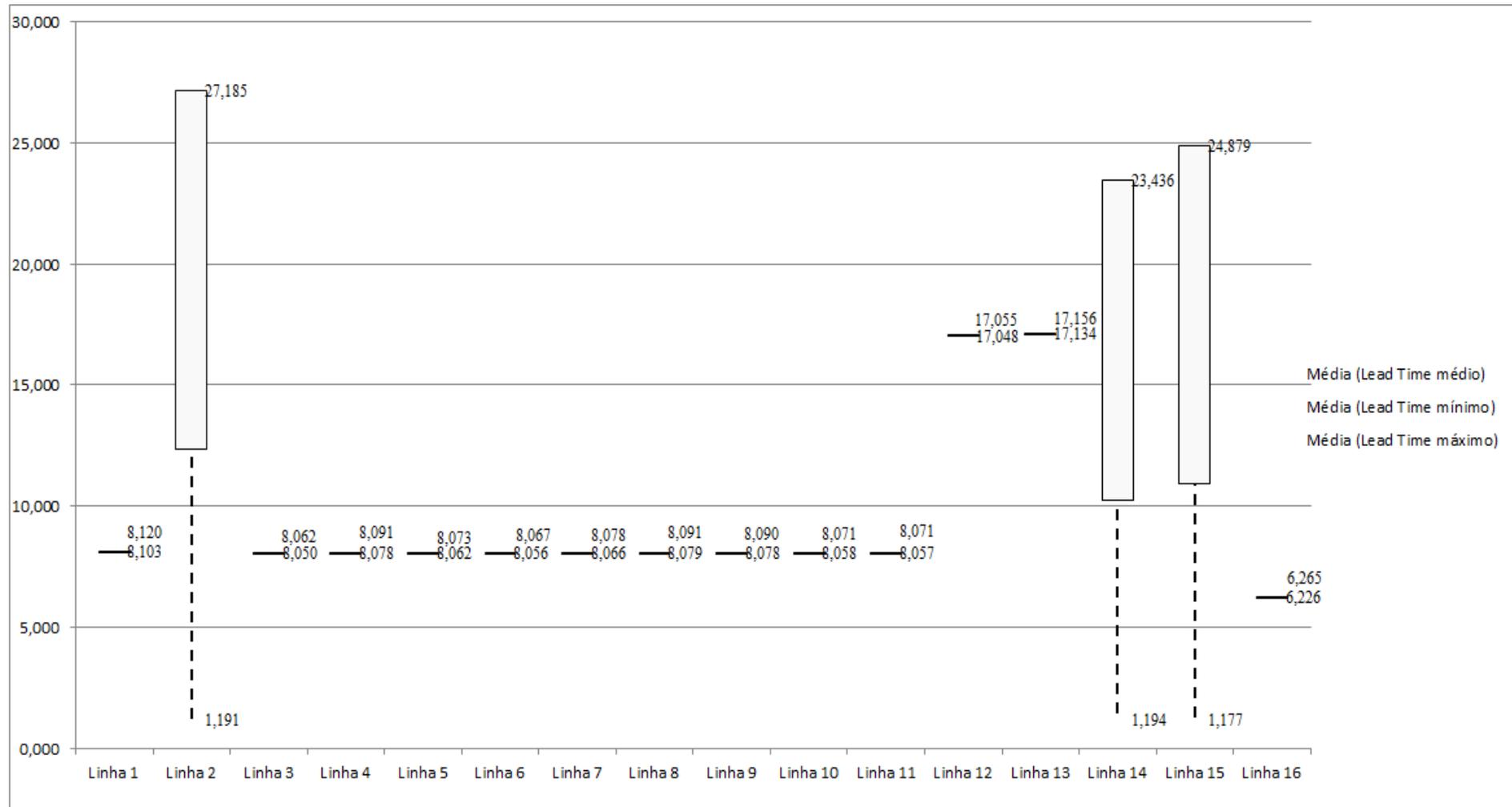
Figura 4.1 – Cenário 2 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 1	Linha 1	8,1117	8,1037	8,1197	8,1117	8,104	8,121	8,112	8,104	8,121	8,112	8,103	8,120	8,111	8,104	8,120	8,112	8,104	8,120	8,112	8,103	8,120	8,111	8,103	8,120
Familia 2	Linha 2	12,1942	1,1956	27,6051	12,7459	1,1899	26,8102	12,564	1,189	26,6294	11,7728	1,1911	27,6052	12,732	1,1906	26,8793	12,1395	1,1894	27,134	12,2194	1,1909	27,8045	11,8598	1,1859	28,0372
Familia 3	Linha 3	8,0559	8,0488	8,0615	8,0559	8,0493	8,0617	8,0559	8,0496	8,0618	8,0559	8,0499	8,0624	8,0559	8,0489	8,062	8,0559	8,0499	8,062	8,0559	8,0494	8,0619	8,0559	8,0498	8,0622
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	8,0844	8,079	8,0903	8,0843	8,0787	8,0902	8,0844	8,0784	8,0904	8,0844	8,0779	8,0897	8,0844	8,0772	8,0915	8,0844	8,078	8,09	8,0844	8,0782	8,09	8,0844	8,0772	8,0919
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	8,0676	8,0621	8,0739	8,0677	8,0619	8,0739	8,0676	8,062	8,0736	8,0676	8,0617	8,0733	8,0676	8,0618	8,0734	8,0676	8,0625	8,0738	8,0677	8,0623	8,0729	8,0677	8,0623	8,0738
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	8,0614	8,0561	8,0669	8,0613	8,0563	8,0673	8,0614	8,0553	8,0667	8,0614	8,0561	8,0665	8,0614	8,0567	8,0677	8,0614	8,0555	8,0669	8,0614	8,0562	8,0664	8,0614	8,0559	8,0662
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	8,0719	8,0662	8,0779	8,0719	8,0659	8,0776	8,0719	8,0661	8,078	8,0719	8,0659	8,0785	8,0719	8,0661	8,0777	8,0719	8,0661	8,0776	8,0719	8,0666	8,0779	8,0718	8,0665	8,0781
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	8,0844	8,0786	8,0912	8,0844	8,0787	8,09	8,0844	8,0787	8,0907	8,0844	8,0784	8,0902	8,0845	8,0783	8,0913	8,0843	8,0778	8,0908	8,0844	8,0787	8,0905	8,0843	8,0776	8,0898
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	8,0844	8,079	8,0898	8,0844	8,0783	8,0899	8,0843	8,0791	8,0903	8,0844	8,0783	8,0906	8,0844	8,0784	8,0905	8,0844	8,079	8,0911	8,0843	8,0768	8,0907	8,0845	8,079	8,0911
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	8,0643	8,0578	8,0711	8,0643	8,0589	8,0709	8,0643	8,0584	8,0717	8,0643	8,058	8,071	8,0643	8,0581	8,0704	8,0643	8,0584	8,0711	8,0643	8,0579	8,0708	8,0643	8,0578	8,0718
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	8,0639	8,057	8,0705	8,0639	8,0569	8,0708	8,0639	8,0569	8,0719	8,0639	8,0573	8,0705	8,0639	8,0572	8,0702	8,0639	8,0561	8,0709	8,0639	8,0567	8,0706	8,0639	8,0572	8,0721
Familia 5	Linha 12	17,0514	17,0483	17,0555	17,051	17,0474	17,0542	17,0512	17,0464	17,0541	17,0512	17,048	17,0561	17,0516	17,0496	17,0544	17,0519	17,0486	17,0581	17,051	17,048	17,0546	17,0513	17,0483	17,0551
Familia 6	Linha 13	17,1451	17,1345	17,154	17,1444	17,1341	17,1546	17,1444	17,135	17,1555	17,1451	17,1344	17,1553	17,1445	17,1352	17,1552	17,1447	17,1344	17,155	17,1449	17,1335	17,1558	17,1445	17,134	17,1546
Familia 7	Linha 14	9,9165	1,1921	22,0473	9,8336	1,1923	20,4559	9,8466	1,1962	20,2875	11,1718	1,1927	30,031	11,9017	1,1945	30,3514	9,9471	1,1937	21,5979	9,5972	1,1914	20,7319	9,7546	1,1959	21,9803
Familia 8	Linha 15	10,9067	1,1767	24,7944	10,9377	1,1751	24,8009	10,8739	1,1767	24,5196	10,881	1,1778	24,5848	10,8882	1,1765	24,8544	10,8495	1,1797	24,5502	10,9329	1,1759	24,7888	11,0678	1,1773	25,0443
Familia 9	Linha 16	6,2445	6,2267	6,2632	6,246	6,226	6,2629	6,2455	6,2261	6,2633	6,2449	6,2273	6,2652	6,244	6,2241	6,2659	6,2454	6,2268	6,2656	6,2454	6,226	6,2645	6,2443	6,2254	6,2627
		<b>17,1451</b>	<b>17,1345</b>	<b>27,6051</b>																					

Figura 4.2 – Cenário 2 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação					
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo			
Familia 1	Linha 1	8,112	8,103	8,120	8,112	8,104	8,120	8,112	8,103	8,121	8,112	8,103	8,122	8,112	8,104	8,120	8,111	8,103	8,121	8,112	8,103	8,121			
Familia 2	Linha 2	12,6009	1,1918	26,9382	12,1382	1,1897	27,0284	12,8045	1,1889	27,3796	12,2183	1,1898	27,4056	12,0473	1,1933	26,6614	12,6409	1,1914	27,15	12,7854	1,1933	26,7132			
Familia 3	Linha 3	8,0559	8,0497	8,0634	8,0559	8,0497	8,0621	8,0559	8,0493	8,062	8,0559	8,05	8,0616	8,0559	8,0496	8,062	8,0559	8,0499	8,0623	8,0559	8,0499	8,0623	8,0559	8,0493	8,0625
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	8,0843	8,0791	8,0899	8,0844	8,0782	8,09	8,0843	8,0785	8,0898	8,0843	8,079	8,0914	8,0843	8,0786	8,0905	8,0844	8,0789	8,0905	8,0844	8,0789	8,0905	8,0842	8,078	8,0921
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	8,0676	8,0619	8,0731	8,0677	8,0626	8,0732	8,0676	8,0624	8,0731	8,0676	8,0623	8,0729	8,0676	8,0609	8,0731	8,0677	8,0624	8,0733	8,0676	8,0615	8,0731			
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	8,0614	8,0552	8,0667	8,0614	8,0563	8,0664	8,0613	8,0555	8,068	8,0614	8,0557	8,0671	8,0614	8,0557	8,0664	8,0614	8,0558	8,0663	8,0613	8,056	8,0664			
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	8,0719	8,0657	8,0778	8,0718	8,0663	8,078	8,0718	8,0662	8,0779	8,0719	8,0663	8,0785	8,0719	8,0668	8,078	8,0718	8,0663	8,0777	8,0719	8,0649	8,0782			
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	8,0844	8,0783	8,0902	8,0844	8,0788	8,09	8,0843	8,0783	8,0898	8,0844	8,079	8,091	8,0844	8,0787	8,0903	8,0844	8,0793	8,0918	8,0845	8,0791	8,0903			
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	8,0844	8,0786	8,0897	8,0844	8,0772	8,09	8,0843	8,0774	8,0902	8,0844	8,0792	8,09	8,0843	8,0788	8,0915	8,0844	8,0782	8,0896	8,0843	8,0786	8,0913			
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	8,0643	8,0581	8,071	8,0643	8,0579	8,071	8,0643	8,0574	8,0707	8,0643	8,0579	8,0724	8,0643	8,0578	8,0709	8,0643	8,0584	8,0703	8,0643	8,0579	8,0716			
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	8,0639	8,0567	8,0713	8,0639	8,0562	8,0715	8,0639	8,0567	8,0705	8,0639	8,0569	8,0708	8,0639	8,0565	8,0712	8,0639	8,0571	8,0702	8,0639	8,056	8,0705			
Familia 5	Linha 12	17,0511	17,0477	17,0547	17,0513	17,0485	17,0551	17,0516	17,047	17,055	17,0512	17,0489	17,054	17,0518	17,049	17,0553	17,0514	17,0483	17,0575	17,0513	17,0485	17,0548			
Familia 6	Linha 13	17,1448	17,1322	17,1545	17,1454	17,1335	17,1577	17,1447	17,1346	17,1568	17,1453	17,1333	17,1571	17,1444	17,1345	17,1558	17,1452	17,1347	17,1559	17,1442	17,135	17,1553			
Familia 7	Linha 14	9,531	1,1929	19,4456	9,7534	1,1998	19,9154	11,4343	1,1941	29,9536	9,921	1,1945	21,8484	9,4929	1,1945	19,6244	9,9733	1,1921	22,6325	11,5753	1,1925	30,6403			
Familia 8	Linha 15	10,858	1,1759	24,8167	11,0156	1,1771	24,9644	10,9315	1,1758	24,9911	10,9292	1,1759	25,0448	11,0054	1,1769	25,1457	11,0437	1,179	25,1034	10,9302	1,1778	25,174			
Familia 9	Linha 16	6,2444	6,2268	6,2671	6,2449	6,2267	6,2687	6,2454	6,225	6,2644	6,2456	6,2279	6,2651	6,2449	6,2259	6,2635	6,2445	6,2273	6,2617	6,2459	6,2286	6,2646			

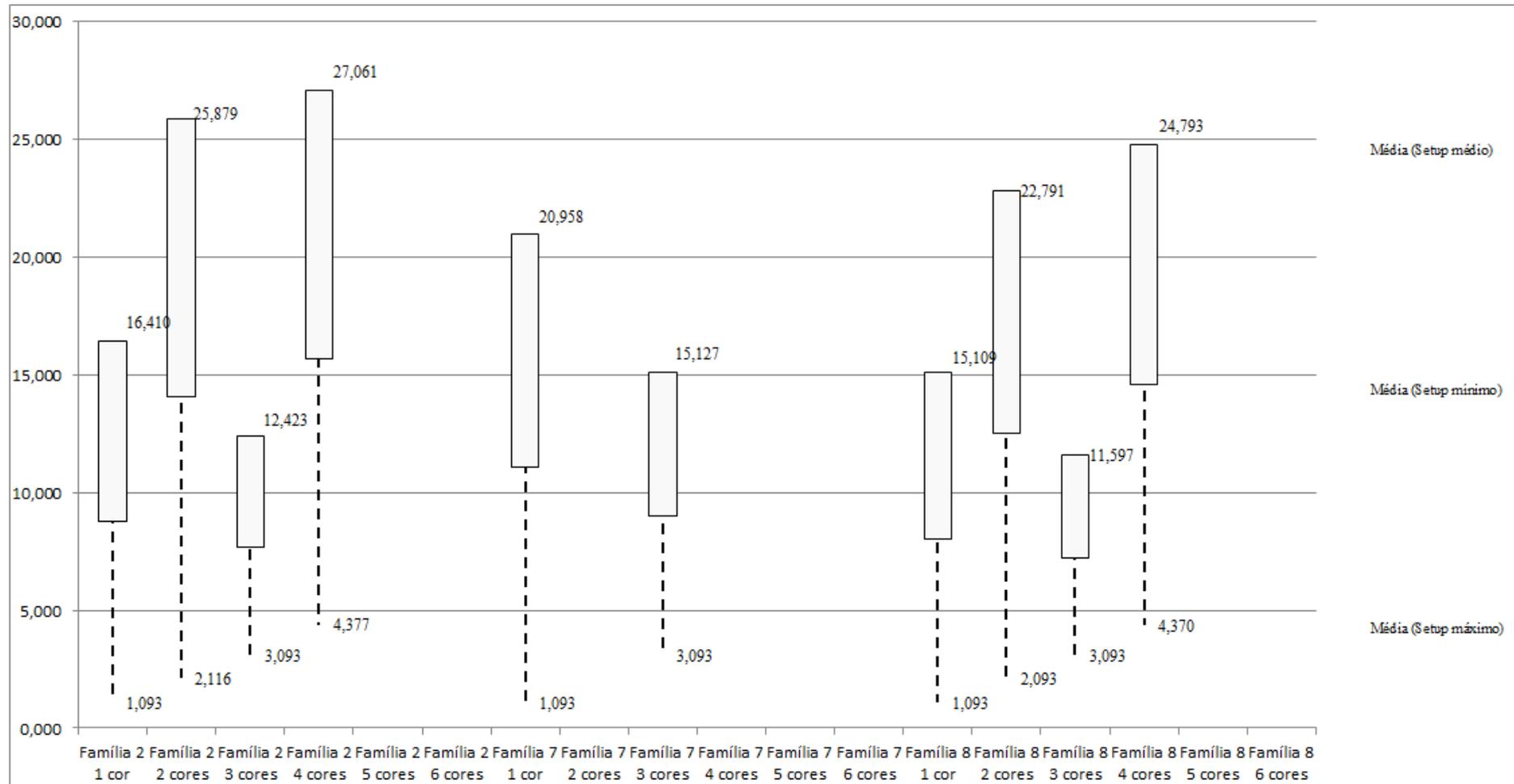
Figura 4.3 – Cenário 2 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



O tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção no cenário atual, cenário 2, é elevado podendo atingir até 27 horas dentro do sistema.



Figura 4.6 – Cenário 2 – *Setup* – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



O tempo de *setup* do processo de impressão também é elevado podendo variar de aproximadamente 1 hora até 27 horas de acordo com a Figura 4.6.

Figura 4.7 – Cenário 2 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP																
Família 1	Linha 1	27,31	799	590	181,69	27,31	799	590	181,69	27,31	799	590	181,69	27,31	799	590	181,69	27,32	799	590	181,68
Família 2	Linha 2	0	6683	4500	2183	333,34	6683	4000	2349,66	372,89	6683	4000	2310,11	-644,21	6683	5000	2327,21	323,47	6683	4000	2359,53
Família 3	Linha 3	4414,15	23250	11500	7335,85	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,15	23250	11500	7335,85	4414,14	23250	11500	7335,86
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	157,2	4650	3440	1052,8	157,19	4650	3440	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,35	1551	1146	351,65
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	314,25	9300	6881	2104,75	315,26	9300	6880	2104,74	314,25	9300	6881	2104,75	314,26	9300	6881	2104,74	315,25	9300	6880	2104,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	554,76	15501	11421	3525,24	555,75	15501	11420	3525,25	556,76	15501	11419	3525,24	555,76	15501	11420	3525,24	555,75	15501	11420	3525,25
Família 5	Linha 12	15,194	102	46	40,806	15,1946	102	46	40,8054	15,1943	102	46	40,8057	15,1943	102	46	40,8057	15,1938	102	46	40,8062
Família 6	Linha 13	61,93	405	181	162,07	61,94	405	181	162,06	61,94	405	181	162,06	61,93	405	181	162,07	61,94	405	181	162,06
Família 7	Linha 14	1579,38	5215	1500	2135,62	1580,53	5215	1500	2134,47	1582,22	5215	1500	2132,8	1118,94	5215	2000	2096,06	1054,48	5215	2000	2160,52
Família 8	Linha 15	69,03	7441	5000	2371,97	74,65	7441	5000	2366,35	74,48	7441	5000	2366,52	50,05	7441	5000	2390,95	84,76	7441	5000	2356,24
Família 9	Linha 16	4,4919	218	174	39,5081	4,4832	218	174	39,5168	4,4861	218	174	39,5139	4,4893	218	174	39,5107	4,4944	218	174	39,5056
		7641,0159	86588	54864	24082,9841	7983,1078	86588	54362	24242,8922	8023,1604	86588	54363	24201,8396	6517,3836	86588	55864	24206,6164	7456,2982	86588	54863	24268,7018
		8,822%	100,00%	63,36%	27,81%	9,222%	100,00%	62,78%	28,00%	9,27%	100,00%	62,78%	27,95%	7,53%	100,00%	64,52%	27,96%	8,61%	100,00%	63,36%	28,03%

Figura 4.8 – Cenário 2 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP												
Família 1	Linha 1	27,31	799	590	181,69	27,32	799	590	181,68	27,32	799	590	181,68	27,32	799	590	181,68	27,31	799	590	181,69
Família 2	Linha 2	-146,48	6683	4500	2329,48	-171,66	6683	4513	2341,66	-656,44	6683	5000	2339,44	364,66	6683	4000	2318,34	-151,88	6683	4500	2334,88
Família 3	Linha 3	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,15	23250	11500	7335,85	4414,15	23250	11500	7335,85	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,14	23250	11500	7335,86
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	157,2	4650	3440	1052,8	157,19	4650	3440	1052,81	157,19	4650	3440	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	155,89	4650	3442	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	155,89	4650	3442	1052,11
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,36	3721	2752	842,64	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,35	1551	1146	351,65	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	314,25	9300	6881	2104,75	314,25	9300	6881	2104,75	314,25	9300	6881	2104,75	313,26	9300	6882	2104,74	314,25	9300	6881	2104,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	556,75	15501	11419	3525,25	555,76	15501	11420	3525,24	555,75	15501	11420	3525,25	555,76	15501	11420	3525,24	555,76	15501	11420	3525,24
Família 5	Linha 12	15,1933	102	46	40,8067	15,1946	102	46	40,8054	15,1942	102	46	40,8058	15,1944	102	46	40,8056	15,1942	102	46	40,8058
Família 6	Linha 13	61,94	405	181	162,06	61,93	405	181	162,07	61,94	405	181	162,06	61,94	405	181	162,06	61,93	405	181	162,07
Família 7	Linha 14	1591,43	5215	1500	2123,57	1594,04	5215	1500	2120,96	1596,56	5215	1500	2118,44	1598,98	5215	1500	2116,02	1603,22	5215	1500	2111,78
Família 8	Linha 15	82,07	7441	5000	2358,93	77	7441	5000	2364	40,19	7441	5000	2400,81	88,57	7441	5000	2352,43	55,58	7441	5000	2385,42
Família 9	Linha 16	4,4865	218	174	39,5135	4,4867	218	174	39,5133	4,4926	218	174	39,5074	4,492	218	174	39,508	4,4896	218	174	39,5104
		7521,6098	86588	54862	24204,3902	7492,9813	86588	54876	24219,0187	6972,9168	86588	55364	24251,0832	8043,8264	86588	54365	24179,1736	7498,5038	86588	54865	24224,4962
		8,69%	100,00%	63,36%	27,95%	8,65%	100,00%	63,38%	27,97%	8,05%	100,00%	63,94%	28,01%	9,29%	100,00%	62,79%	27,92%	8,66%	100,00%	63,36%	27,98%

Figura 4.9 – Cenário 2 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP																
Família 1	Linha 1	27,31	799	590	181,69	27,32	799	590	181,68	27,32	799	590	181,68	27,32	799	590	181,68	27,32	799	590	181,68
Família 2	Linha 2	334,98	6683	4000	2348,02	-143,38	6683	4500	2326,38	-127,33	6683	4500	2310,33	350,26	6683	4000	2332,74	351	6683	4000	2332
Família 3	Linha 3	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,15	23250	11500	7335,85	4414,14	23250	11500	7335,86	4414,15	23250	11500	7335,85
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	157,19	4650	3440	1052,81	157,2	4650	3440	1052,8	157,19	4650	3440	1052,81	156,19	4650	3441	1052,81	157,19	4650	3440	1052,81
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	155,89	4650	3442	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11	156,89	4650	3441	1052,11
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65	126,35	3721	2752	842,65
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,35	1551	1146	351,65
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64	53,36	1551	1146	351,64
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	314,25	9300	6881	2104,75	313,26	9300	6882	2104,74	314,25	9300	6881	2104,75	314,25	9300	6881	2104,75	314,25	9300	6881	2104,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	554,76	15501	11421	3525,24	554,75	15501	11421	3525,25	555,76	15501	11420	3525,24	555,76	15501	11420	3525,24	555,75	15501	11420	3525,25
Família 5	Linha 12	15,1938	102	46	40,8062	15,1944	102	46	40,8056	15,1935	102	46	40,8065	15,1941	102	46	40,8059	15,1942	102	46	40,8058
Família 6	Linha 13	61,94	405	181	162,06	61,93	405	181	162,07	61,94	405	181	162,06	61,93	405	181	162,07	61,94	405	181	162,06
Família 7	Linha 14	1108,84	5215	2000	2106,16	1595,78	5215	1500	2119,22	1614,19	5215	1500	2100,81	1565,87	5215	1500	2149,13	1093,07	5215	2000	2121,93
Família 8	Linha 15	60,48	7441	5000	2380,52	68,98	7441	5000	2372,02	45,01	7441	5000	2395,99	39,65	7441	5000	2401,35	74,69	7441	5000	2366,31
Família 9	Linha 16	4,4864	218	174	39,5136	4,4857	218	174	39,5143	4,4893	218	174	39,5107	4,4916	218	174	39,5084	4,4841	218	174	39,5159
		7496,8902	86588	54864	24227,1098	7512,9801	86588	54865	24210,0199	7524,4828	86588	54864	24199,5172	7948,3757	86588	54364	24275,6243	7512,3483	86588	54863	24212,6517
		8,66%	100,00%	63,36%	27,98%	8,68%	100,00%	63,36%	27,96%	8,69%	100,00%	63,36%	27,95%	9,18%	100,00%	62,78%	28,04%	8,68%	100,00%	63,36%	27,96%

A Figura 4.10 indica a variabilidade do estoque em processo (*work in process*) e consequentemente do volume em unidades do produto acabado fabricadas na produção causada pela falta de sincronismo entre os processos de fabricação a partir de uma visão e análise sistêmica. A simulação nesse caso permite avaliar de modo mais preciso as incongruências do fluxo de produção baseado na falta de balanceamento e programação da produção conjugada nesse caso, o que pode ser considerado como o maior problema operacional da fábrica objeto do estudo do presente trabalho.

Embora a simulação possa não incorporar parte das restrições do processo, nesse momento, em função da necessidade de se executar ajustes e experimentações além do que já foi realizado, é sem dúvida um balizador consistente quanto aos problemas existentes no modelo atual da fábrica.

Como já exposto fábricas do setor têxtil de embalagens de rafia são complexas quanto à operação e desenvolver um modelo de simulação computacional que trata da manufatura porta a porta não é uma tarefa fácil, a qual o presente trabalho pode ser considerado como um grande avanço devendo obviamente ser aprimorado a fim de delinear uma proposta exequível e oportuna para trabalhos futuros, que possa vir a estudar profundamente esse tipo de sistema de produção e operações.

Figura 4.10 – Cenário 2 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

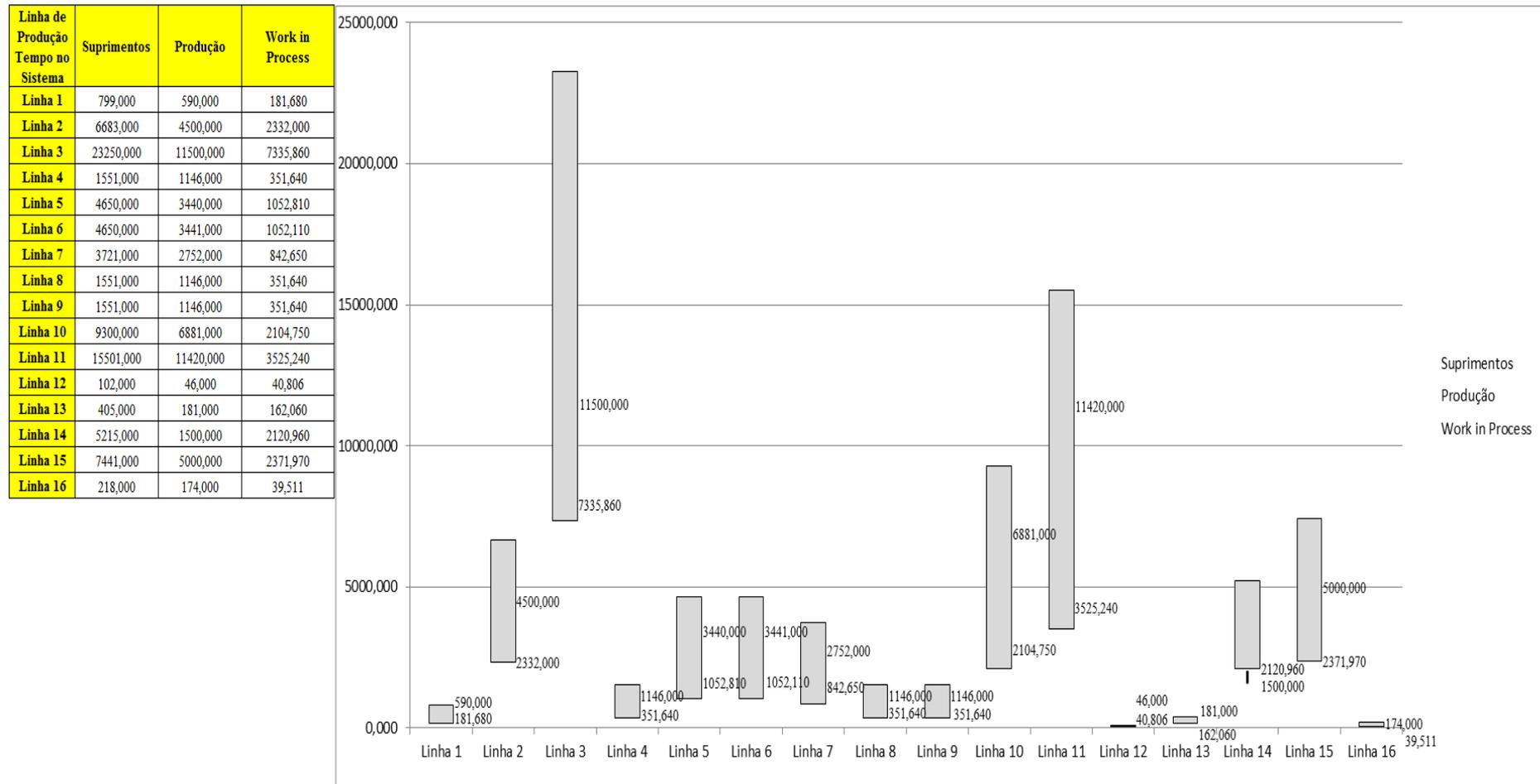
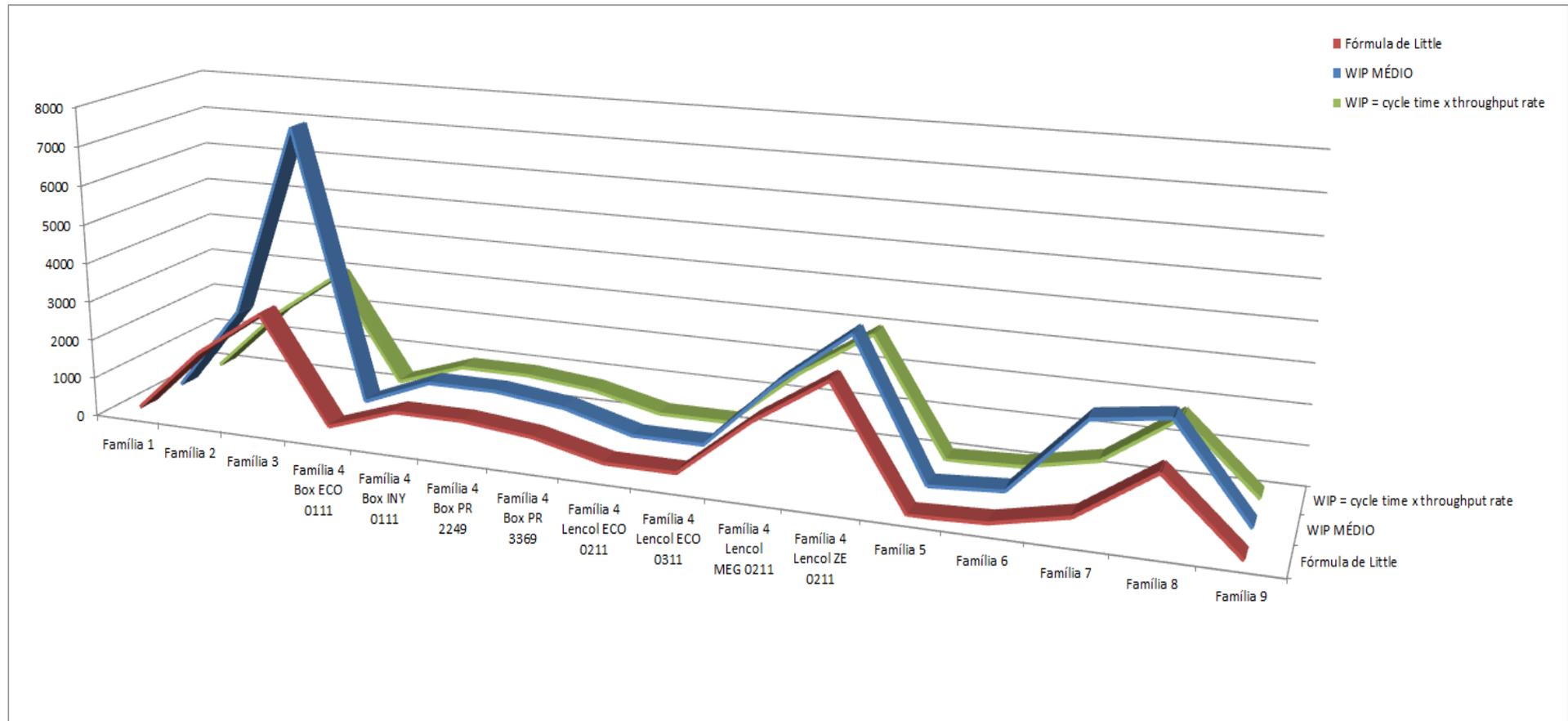


Figura 4.11 – Cenário 2 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.11 o estoque em processo médio no caso da família três não é similar com o previsto pela fórmula de *Little* e o WIP calculado pela fórmula *cycle time x throughput rate*.

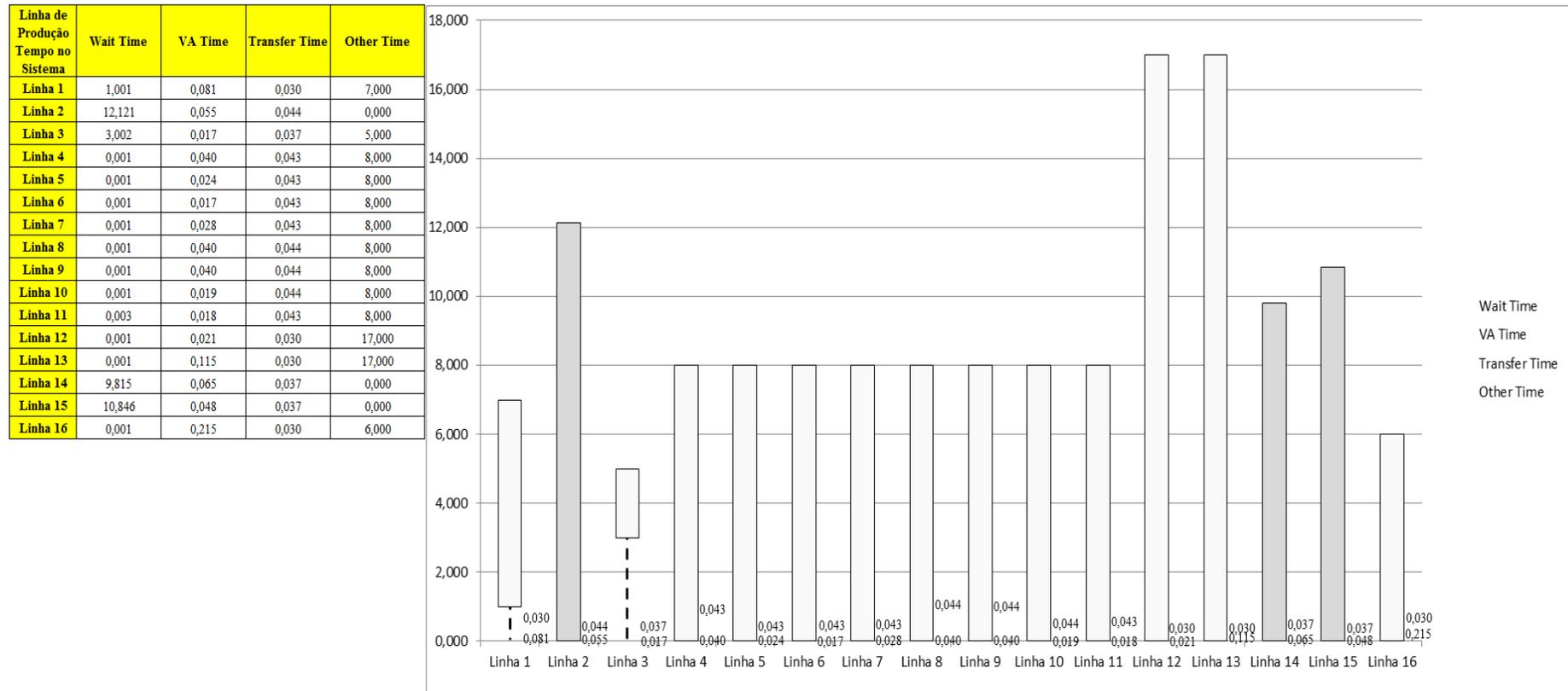
Figura 4.12 – Cenário 2 – *Wait Time* –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	1,0008	1,0008	1,0008	1,0007	1,0008	1,0008	1,0008	1,0007	1,0007	1,0008	1,0008	1,0008	1,0007	1,0007	1,0007	1,0008
Família 2	Linha 2	12,0958	12,6477	12,4656	11,6745	12,6338	12,0412	12,121	11,7615	12,5026	12,0398	12,7062	12,1199	11,9489	12,5426	12,6871	12,121
Família 3	Linha 3	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023	3,0023
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,00073	0,00072	0,00071	0,0007	0,00072	0,00073	0,00072	0,00068	0,00072	0,00073	0,0007	0,0007	0,00071	0,00071	0,00069	0,000709
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,00063	0,00064	0,00063	0,00063	0,00064	0,00063	0,00064	0,00064	0,00063	0,00063	0,00063	0,00063	0,00063	0,00063	0,00063	0,000631
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,00064	0,01723	0,00064	0,00064	0,00065	0,00064	0,00066	0,00064	0,00065	0,00065	0,00066	0,00064	0,00065	0,00065	0,00064	0,000647
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,00063	0,00062	0,00063	0,00062	0,00062	0,00063	0,00063	0,00062	0,00062	0,00062	0,00062	0,00062	0,00063	0,00063	0,00063	0,000624
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,0007	0,00071	0,00074	0,00072	0,00071	0,00072	0,00071	0,00071	0,00071	0,00074	0,00072	0,0007	0,00072	0,00073	0,00071	0,000712
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,00071	0,00069	0,00073	0,00069	0,00072	0,00072	0,00071	0,00073	0,00071	0,00072	0,00069	0,00069	0,00071	0,00069	0,00069	0,000712
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,0014	0,00141	0,00141	0,00141	0,00142	0,00141	0,00141	0,00141	0,00142	0,00142	0,00142	0,00141	0,00142	0,00141	0,00141	0,001413
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,00273	0,00274	0,00273	0,00273	0,00273	0,00274	0,00273	0,00273	0,00273	0,00274	0,00274	0,00273	0,00274	0,00274	0,00273	0,002735
Família 5	Linha 12	0,00078	0,00065	0,00058	0,00091	0,0009	0,00108	0,00056	0,00055	0,00059	0,00065	0,00105	0,00061	0,00087	0,00087	0,00063	0,000652
Família 6	Linha 13	0,00059	0,00056	0,00055	0,00068	0,00059	0,0006	0,00045	0,00056	0,00071	0,00065	0,00059	0,00063	0,0006	0,00055	0,00055	0,00059
Família 7	Linha 14	9,8149	9,732	9,7449	11,0701	11,8	9,8456	9,4956	9,6529	9,4292	9,6518	11,3326	9,8192	9,3913	9,8716	11,4735	9,8149
Família 8	Linha 15	10,8222	10,8533	10,7894	10,7966	10,8038	10,7651	10,8485	10,9833	10,7736	10,9312	10,847	10,8448	10,921	10,9592	10,8458	10,8458
Família 9	Linha 16	0,0006	0,00074	0,0007	0,00062	0,00057	0,00057	0,00057	0,00057	0,00062	0,00067	0,00052	0,00063	0,00062	0,00065	0,00052	0,000617
		12,0958	12,6477	12,4656	11,6745	12,6338	12,0412	12,121	11,7615	12,5026	12,0398	12,7062	12,1199	11,9489	12,5426	12,6871	
		37,1588	44,1919	41,804	32,2	44,0073	36,4961	37,4666	33,1949	42,2838	36,4792	44,9731	37,4532	35,3894	42,8056	44,7173	39,3747

O tempo de espera, de acordo com a Figura 4.13 é relativamente alto para todas as linhas de fabricação com exceção das linhas 2, 12, 13, 14 e 15 que se destacam quanto a um tempo de espera superior as demais linhas de fabricação.

As linhas 2, 14 e 15 apresentam um tempo de espera maior do que as demais linhas em função do processo de impressão e as linhas 12 e 13 em função do produto na operação manual de corte e costura, o qual requer atividades manuais que necessitam de um tempo maior de manipulação do tecido de rafia. No caso das linhas 12 e 13 o volume em unidades de produção dos produtos das respectivas famílias de produtos fabricados por essa linha, é maior do que dos demais produtos da família 4.

Figura 4.13 – Cenário 2 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.13 o tempo de espera para os produtos da família 4 é similar. A família 4 corresponde aos produtos acabados fabricados a partir das linhas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Figura 4.14 – Cenário 2 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

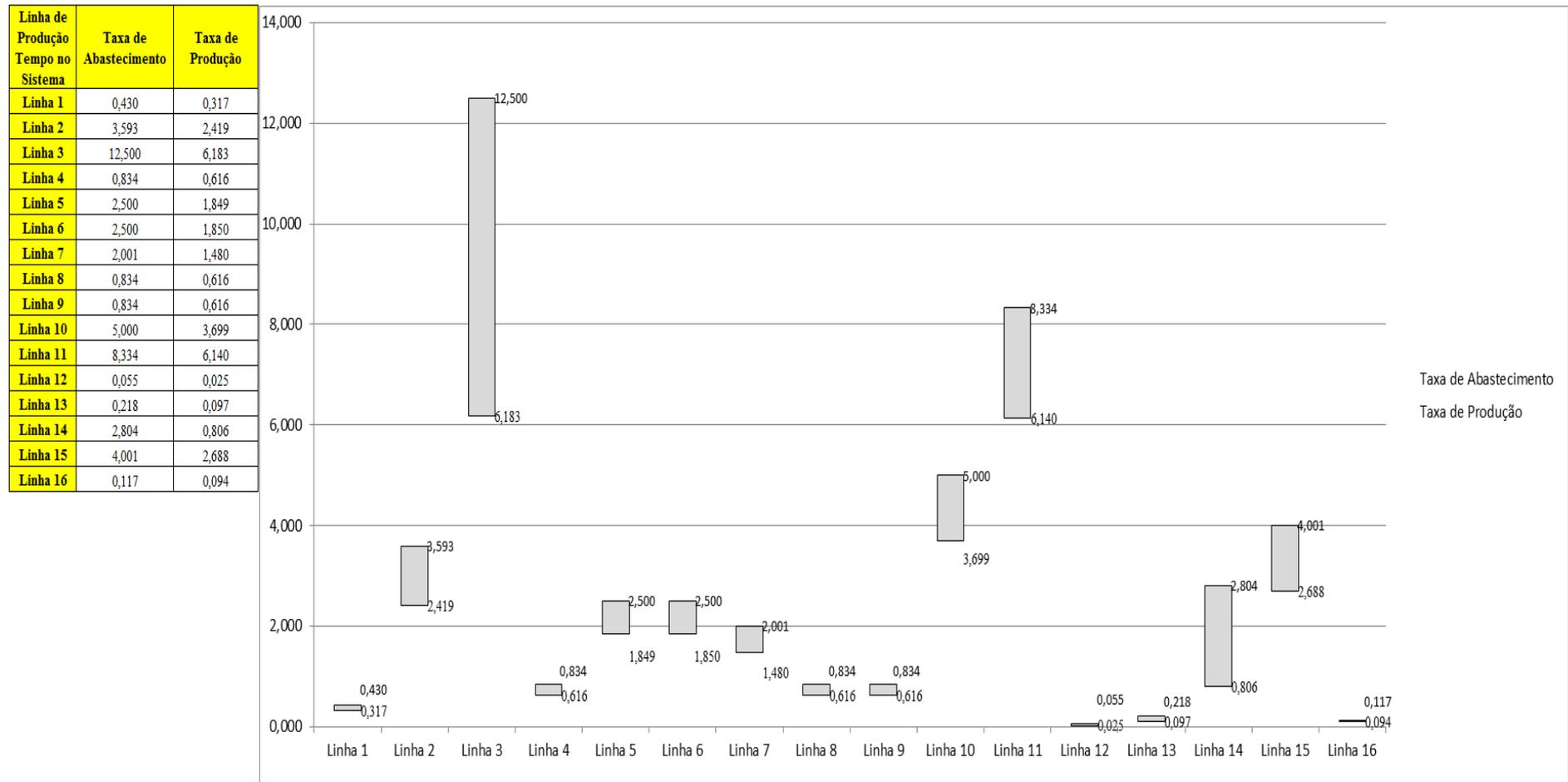
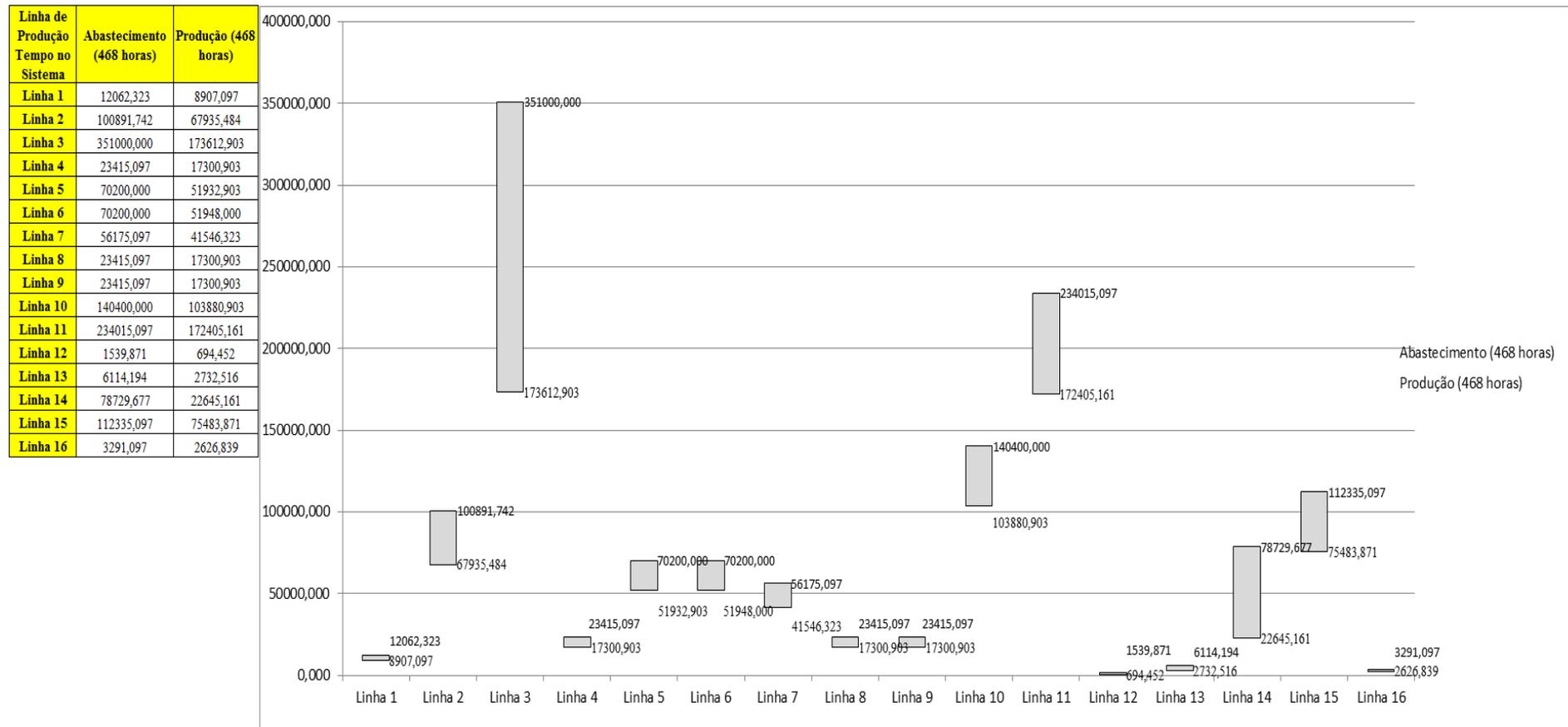


Figura 4.15 – Cenário 2 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.16 a ocupação dos recursos é muito baixa, havendo ociosidade significativa de acordo com a situação real atual da fábrica, em função do excesso de movimentação, tempo elevado de *setup* no processo de impressão e descontrole do chão de fábrica quanto ao desempenho dos processos, assim como a falta de um plano de produção consistente, exequível e adotado como direcionador do que fazer na fábrica pelas responsáveis pela fabricação dos produtos acabados.

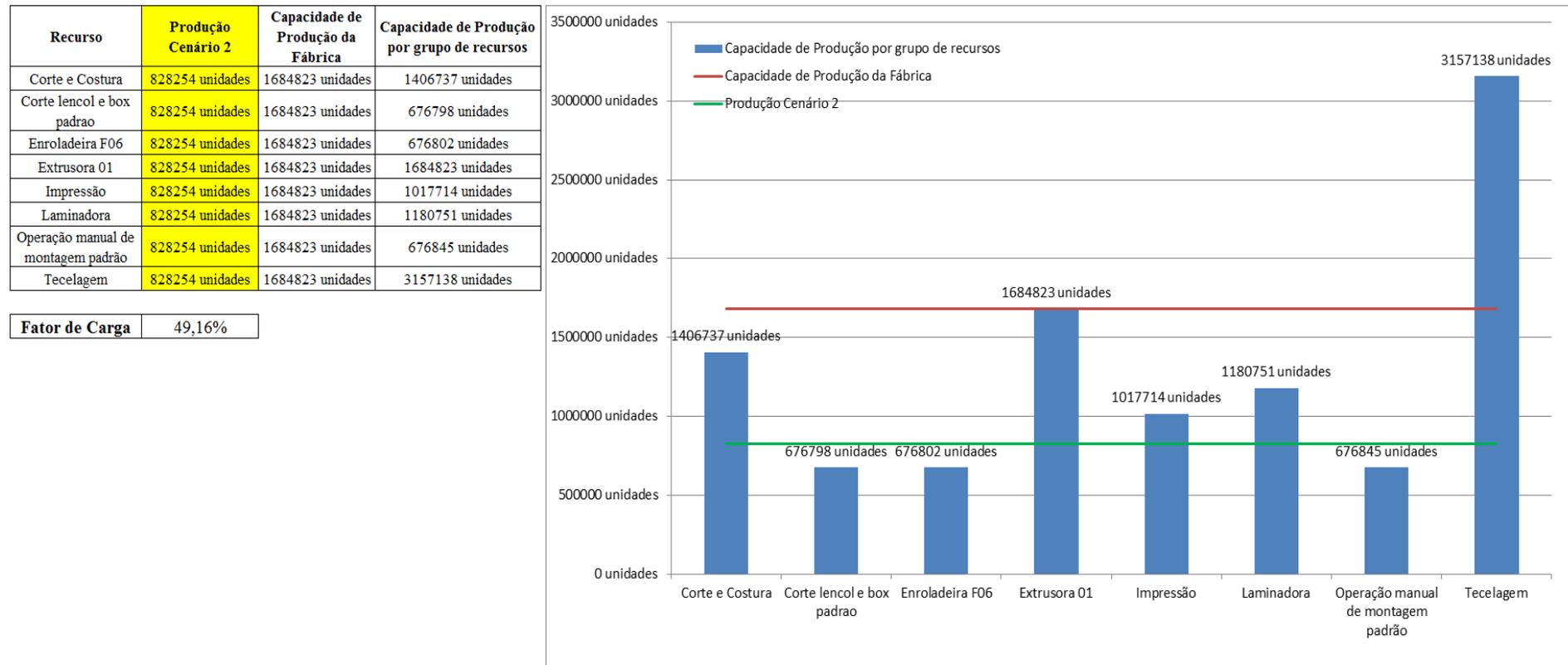
Figura 4.16 – Cenário 2 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	7,01027%	6,90771%	6,77957%	6,82975%	7,43190%	7,01434%	7,04928%	6,98298%	7,27957%
Corte e Costura Supra	1	10,22400%	10,28000%	10,01000%	10,01000%	10,68000%	10,25000%	10,23000%	10,26000%	10,46000%
Corte e Costura Taubate	1	12,89800%	13,02000%	12,74000%	12,69000%	13,37000%	12,92000%	12,90000%	13,01000%	13,05000%
Corte e Costura Vítrea	1	15,47467%	15,72000%	15,35000%	15,23000%	15,93000%	15,49000%	15,41000%	15,65000%	15,63000%
Corte lencol e box padrão	1	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%
Embalagem 001	20	48,39279%	49,16000%	48,00293%	47,62766%	49,81672%	48,44074%	48,19056%	48,94109%	48,87855%
Enroladeira F06	1	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%
Extrusora 01	1	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%
Impressora COMT	1	6,55016%	6,56631%	6,26792%	6,26792%	7,16308%	6,56631%	6,56631%	6,62152%	6,86470%
Impressora PADANE	1	6,56425%	6,58065%	6,28136%	6,28136%	7,17921%	6,58065%	6,58065%	6,63585%	6,87993%
Laminadora	1	44,98933%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,98000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%
Operação manual de montagem padrão	1	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%
Tear 01	1	5,97126%	5,96595%	5,98208%	5,95430%	5,97670%	5,97491%	5,96864%	5,96505%	5,96685%
Tear 02	1	11,52867%	11,50000%	11,58000%	11,59000%	11,56000%	11,51000%	11,53000%	11,52000%	11,53000%
Tear 03	1	16,67267%	16,74000%	16,56000%	16,63000%	16,62000%	16,69000%	16,67000%	16,70000%	16,68000%
Tear 04	1	6,12390%	6,13365%	6,14606%	6,11649%	6,10932%	6,11380%	6,09946%	6,14337%	6,10484%
Tear 05	1	11,78267%	11,82000%	11,79000%	11,74000%	11,83000%	11,79000%	11,86000%	11,70000%	11,77000%
Tear 06	1	16,64400%	16,71000%	16,61000%	16,58000%	16,65000%	16,59000%	16,73000%	16,71000%	16,55000%
Tear 07	1	20,84600%	20,97000%	20,89000%	20,89000%	20,87000%	20,89000%	20,84000%	20,77000%	20,84000%
Tear 08	1	24,47533%	24,51000%	24,42000%	24,60000%	24,57000%	24,43000%	24,44000%	24,45000%	24,55000%
Tear 09	1	27,65933%	27,53000%	27,61000%	27,69000%	27,51000%	27,60000%	27,57000%	27,82000%	28,01000%
Tear 10	1	30,45867%	30,35000%	30,61000%	30,40000%	30,39000%	30,56000%	30,52000%	30,51000%	30,41000%
Tear 11	1	32,86333%	32,60000%	32,88000%	32,94000%	32,89000%	32,97000%	32,69000%	32,80000%	32,66000%
Tear 12	1	34,94867%	34,78000%	34,68000%	35,04000%	34,92000%	34,98000%	34,90000%	34,94000%	35,08000%

Figura 4.17 – Cenário 2 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

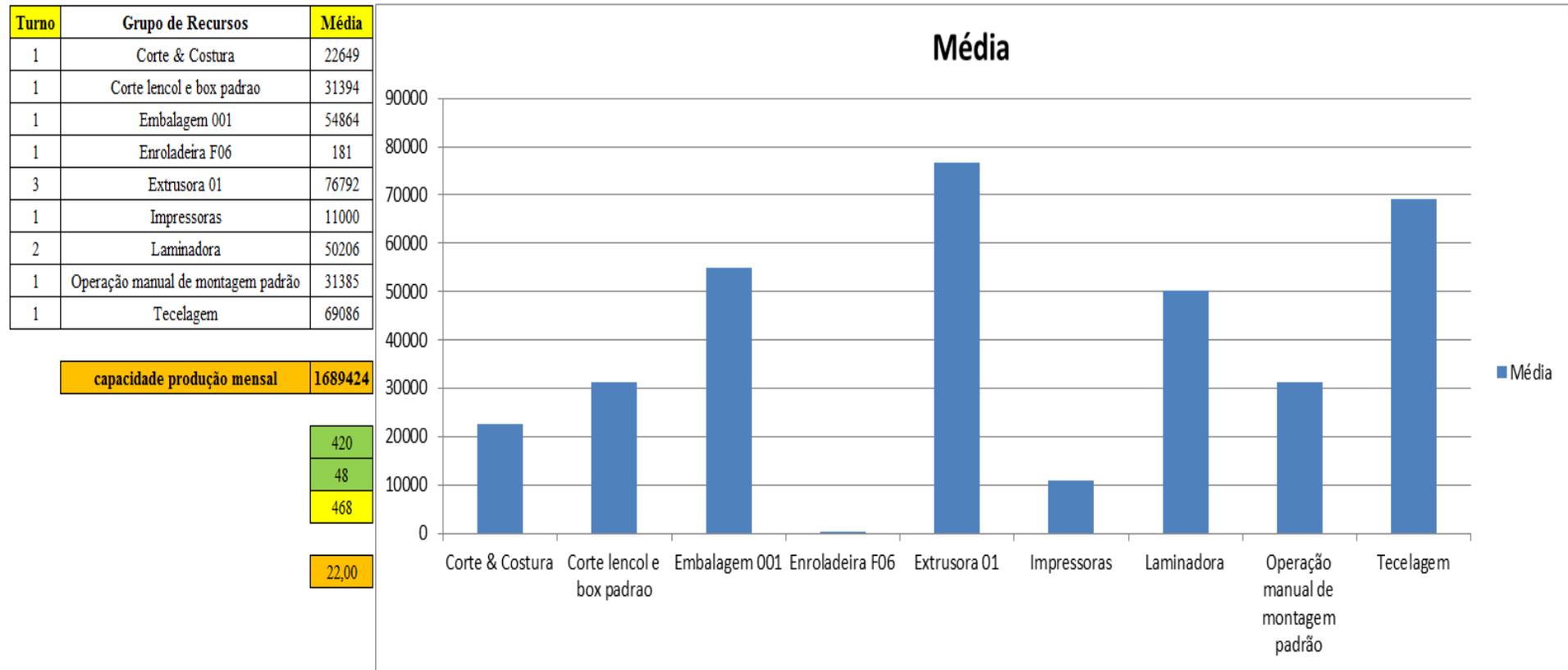
Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	7,01027%	6,75448%	7,08513%	7,03763%	7,03584%	7,06900%	6,89964%	6,99731%
Corte e Costura Supra	1	10,22400%	10,04000%	10,24000%	10,23000%	10,25000%	10,20000%	9,98000%	10,24000%
Corte e Costura Taubate	1	12,89800%	12,74000%	12,84000%	12,92000%	12,87000%	12,87000%	12,60000%	12,93000%
Corte e Costura Vitra	1	15,47467%	15,39000%	15,32000%	15,42000%	15,46000%	15,43000%	15,13000%	15,56000%
Corte lencol e box padrão	1	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%	28,13000%
Embalagem 001	20	48,39279%	48,12802%	47,90911%	48,22183%	48,34692%	48,25310%	47,31494%	48,65964%
Enroladeira F06	1	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%	0,16219%
Extrusora 01	1	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%	68,81000%
Impressora COMT	1	6,55016%	6,26792%	6,56631%	6,56631%	6,56631%	6,56631%	6,26882%	6,56631%
Impressora PADANE	1	6,56425%	6,28136%	6,58065%	6,58065%	6,58065%	6,58065%	6,27957%	6,58065%
Laminadora	1	44,98933%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%	44,99000%
Operação manual de montagem padrão	1	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%	28,12000%
Tear 01	1	5,97126%	5,96953%	5,98656%	5,99194%	5,97043%	5,96404%	5,96864%	5,96326%
Tear 02	1	11,52867%	11,54000%	11,50000%	11,47000%	11,52000%	11,52000%	11,53000%	11,53000%
Tear 03	1	16,67267%	16,66000%	16,67000%	16,70000%	16,68000%	16,71000%	16,68000%	16,70000%
Tear 04	1	6,12390%	6,16039%	6,08244%	6,14606%	6,14606%	6,11828%	6,09050%	6,14785%
Tear 05	1	11,78267%	11,82000%	11,78000%	11,75000%	11,75000%	11,76000%	11,74000%	11,84000%
Tear 06	1	16,64400%	16,60000%	16,60000%	16,69000%	16,71000%	16,58000%	16,69000%	16,66000%
Tear 07	1	20,84600%	20,81000%	20,77000%	20,97000%	20,72000%	20,84000%	20,90000%	20,72000%
Tear 08	1	24,47533%	24,37000%	24,46000%	24,43000%	24,45000%	24,70000%	24,40000%	24,35000%
Tear 09	1	27,65933%	27,66000%	27,68000%	27,43000%	27,67000%	27,70000%	27,68000%	27,73000%
Tear 10	1	30,45867%	30,34000%	30,78000%	30,53000%	30,46000%	30,34000%	30,44000%	30,24000%
Tear 11	1	32,86333%	32,70000%	33,15000%	32,78000%	32,82000%	32,87000%	33,17000%	33,03000%
Tear 12	1	34,94867%	35,18000%	34,89000%	34,92000%	35,04000%	34,97000%	34,98000%	34,93000%

Figura 4.18 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



É importante destacar no cenário atual da fábrica (cenário 2) que o fator de carga aproximado é da ordem de 49,16%, de acordo com as Figuras 4.18 e 4.19, o que define o nível da vulnerabilidade da empresa quanto a sua rentabilidade e exequibilidade. Empresas do setor têxtil fabricantes de embalagens de rafia necessitam para a sobrevivência de um fluxo contínuo de produção, o qual deve garantir um maior volume de produtos fabricados e conseqüentemente menor custo operacional, a fim de ter um maior aproveitamento dos recursos da manufatura. Tal resultado somente pode ser alcançado a partir de um controle efetivo dos processos de fabricação e da qualidade da matéria utilizada.

Figura 4.19 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



A Figura 4.20 apresenta um resumo geral do desempenho do cenário 2, o qual permite avaliar o baixo aproveitamento da matéria prima quanto a relação do volume de matéria prima que entra no sistema, e o volume de produto acabado que sai do sistema.

Figura 4.20 – Cenário 2 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	27,32	181,68	799	590	1	1,0008	8,1116	0,0812	0,0296	7,00	2,328 minutos	3,153 minutos	0,430 (unid./minuto)	0,317 (unid./minuto)	12062,323	0,92%	8907,097	1,08%	
2	-149	2332	6683	4500	2	12,121	12,2193	0,0548	0,0435	0,00	0,278 minutos	0,413 minutos	3,593 (unid./minuto)	2,419 (unid./minuto)	100891,742	7,72%	67935,484	8,20%	
3	4414,14	7335,86	23250	11500	3	3,0023	8,0559	0,0170	0,0365	5,00	0,080 minutos	0,162 minutos	12,500 (unid./minuto)	6,183 (unid./minuto)	351000,000	26,85%	173612,903	20,96%	
4	53,36	351,64	1551	1146	4	0,00071	8,0844	0,0402	0,0435	8,00	1,199 minutos	1,623 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,616 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	17300,903	2,09%	
5	157,19	1052,81	4650	3440	5	0,00063	8,0676	0,0235	0,0435	8,00	0,400 minutos	0,541 minutos	2,500 (unid./minuto)	1,849 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	51932,903	6,27%	
6	156,89	1052,11	4650	3441	6	0,00065	8,0614	0,0172	0,0435	8,00	0,400 minutos	0,541 minutos	2,500 (unid./minuto)	1,850 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	51948,000	6,27%	
7	126,35	842,65	3721	2752	7	0,00062	8,0719	0,0278	0,0435	8,00	0,500 minutos	0,676 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,480 (unid./minuto)	56175,097	4,30%	41546,323	5,02%	
8	53,36	351,64	1551	1146	8	0,00071	8,0844	0,0402	0,0435	8,00	1,199 minutos	1,623 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,616 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	17300,903	2,09%	
9	53,36	351,64	1551	1146	9	0,00071	8,0844	0,0402	0,0435	8,00	1,199 minutos	1,623 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,616 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	17300,903	2,09%	
10	314,25	2104,75	9300	6881	10	0,00141	8,0643	0,0194	0,0435	8,00	0,200 minutos	0,270 minutos	5,000 (unid./minuto)	3,699 (unid./minuto)	140400,000	10,74%	103880,903	12,54%	
11	555,76	3525,24	15501	11420	11	0,00273	8,0639	0,0177	0,0435	8,00	0,120 minutos	0,163 minutos	8,334 (unid./minuto)	6,140 (unid./minuto)	234015,097	17,90%	172405,161	20,82%	
12	15,1942	40,8058	102	46	12	0,00065	17,0513	0,0210	0,0297	17,00	18,235 minutos	40,435 minutos	0,055 (unid./minuto)	0,025 (unid./minuto)	1539,871	0,12%	694,452	0,08%	
13	61,94	162,06	405	181	13	0,00059	17,1447	0,1145	0,0296	17,00	4,593 minutos	10,276 minutos	0,218 (unid./minuto)	0,097 (unid./minuto)	6114,194	0,47%	2732,516	0,33%	
14	1594,04	2120,96	5215	1500	14	9,8149	9,9166	0,0651	0,0366	0,00	0,357 minutos	1,240 minutos	2,804 (unid./minuto)	0,806 (unid./minuto)	78729,677	6,02%	22645,161	2,73%	
15	69,03	2371,97	7441	5000	15	10,8458	10,9302	0,0479	0,0366	0,00	0,250 minutos	0,372 minutos	4,001 (unid./minuto)	2,688 (unid./minuto)	112335,097	8,59%	75483,871	9,11%	
16	4,4893	39,5107	218	174	16	0,00062	6,2450	0,2148	0,0296	6,00	8,532 minutos	10,690 minutos	0,117 (unid./minuto)	0,094 (unid./minuto)	3291,097	0,25%	2626,839	0,32%	
	7507,674	24217,33	86588	54863		36,7948	154,2568	0,8423	0,6196	0,00			46,553 (unid./minuto)	29,496 (unid./minuto)	1307199,484		828254,323		
	8,67%	27,97%	100,00%	63,36%		23,85%	100,00%	0,55%	0,40%	0,00%					63,361%				

Como exposto os demais cenários que devem ter os dados demonstrados na sequência do presente texto representam as seguintes alterações:

- 1) Cenários 3 e 4 – alterações do *layout*;
- 2) Cenários 5, 6 e 7 – alterações do tempo de *setup* das máquinas impressoras;
- 3) Cenários 11, 12, 13 e 14 – compreende os ajustes finais do tamanho do lote dos produtos;
- 4) Cenários 15, 16 e 17 – dimensionamento dos cartões *kanbans*;
- 5) Cenários 18 e 19 – ajuste final do sistema de produção.



Figura 4.23 – Cenário 3 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

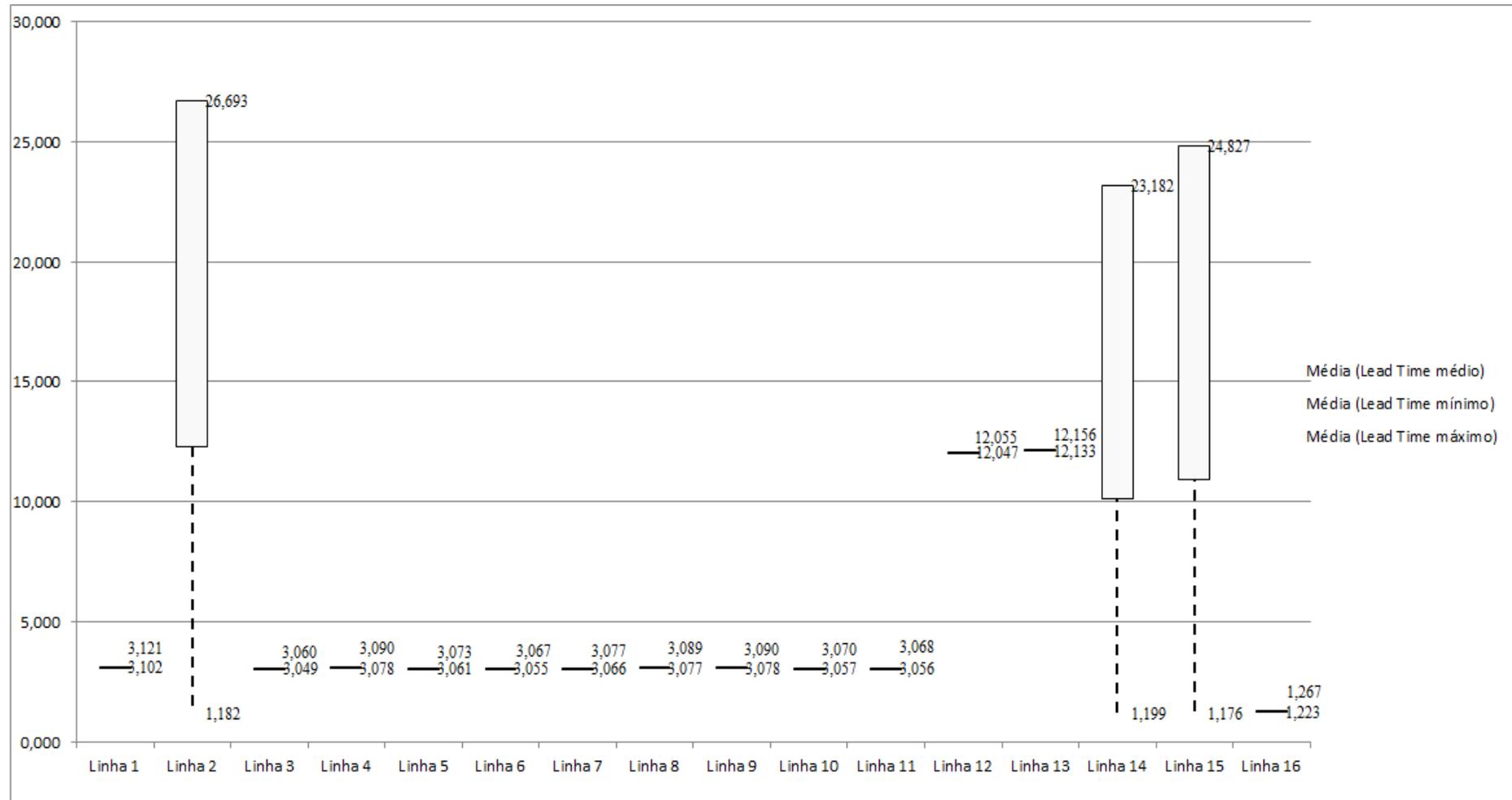




Figura 4.26 – Cenário 3 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

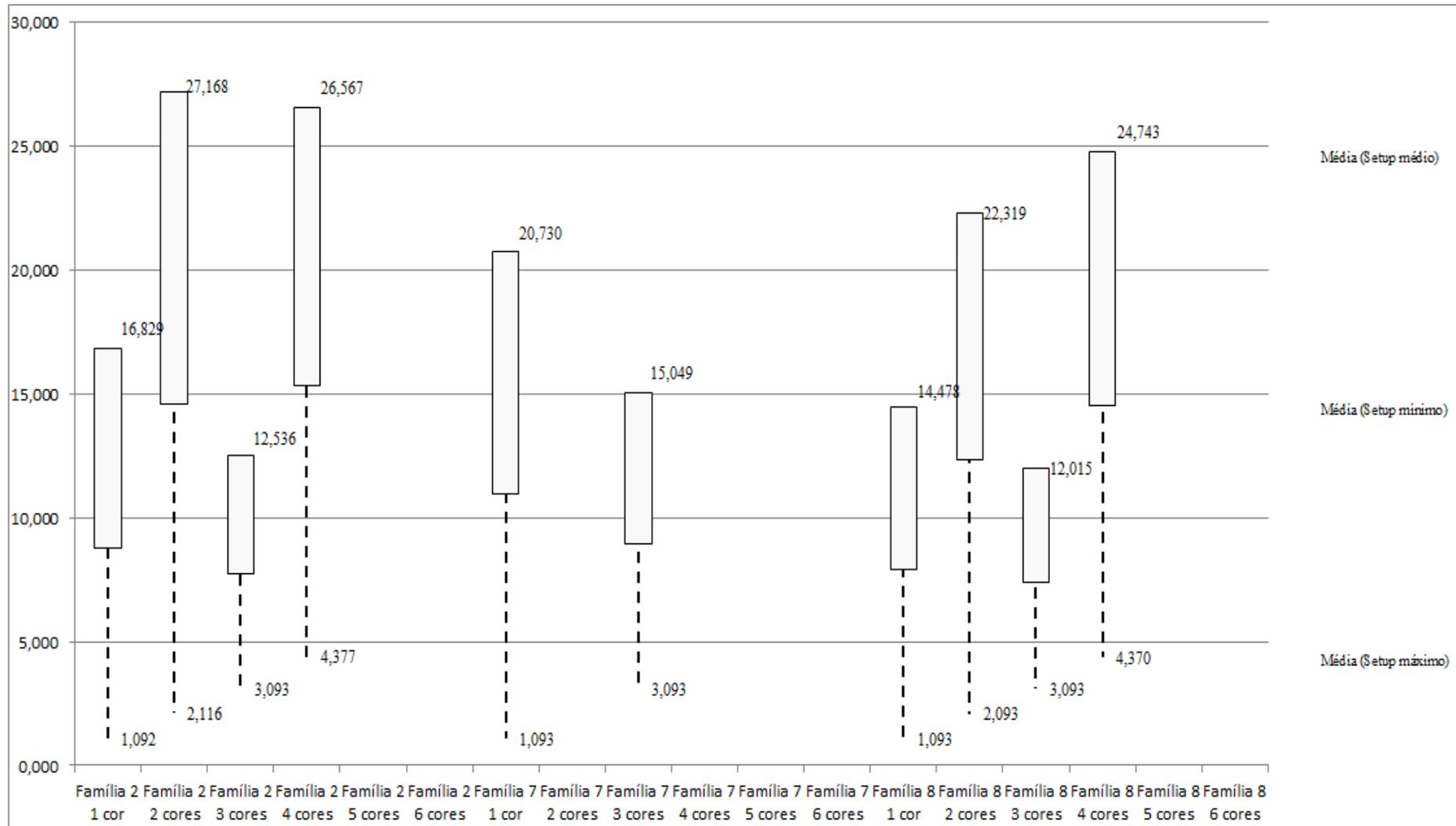




Figura 4.29 – Cenário 3 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14
Família 2	Linha 2	334,98	6683,00	4000,00	2348,02	0,00	6683,00	4500,00	2183,00	0,00	6683,00	4500,00	2183,00	350,26	6683,00	4000,00	2332,74	351,00	6683,00	4000,00	2332,00
Família 3	Linha 3	112,22	23250,00	20960,00	2177,78	112,22	23250,00	20960,00	2177,78	112,22	23250,00	20960,00	2177,78	112,22	23250,00	20960,00	2177,78	112,22	23250,00	20960,00	2177,78
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	22,64	4650,00	4190,00	437,36	22,64	4650,00	4190,00	437,36	22,64	4650,00	4190,00	437,36	21,42	4650,00	4191,22	437,36	22,64	4650,00	4190,00	437,36
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	22,50	4650,00	4191,00	436,50	22,50	4650,00	4191,00	436,50	21,28	4650,00	4192,22	436,50	22,50	4650,00	4191,00	436,50	22,50	4650,00	4191,00	436,50
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	18,67	3721,00	3352,00	350,33	18,67	3721,00	3352,00	350,33	18,67	3721,00	3352,00	350,33	18,67	3721,00	3352,00	350,33	18,67	3721,00	3352,00	350,33
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	8,44	1551,00	1396,00	146,56	8,44	1551,00	1396,00	146,56	8,44	1551,00	1396,00	146,56	8,44	1551,00	1396,00	146,56	8,44	1551,00	1396,00	146,56
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57	8,43	1551,00	1396,00	146,57
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	45,35	9300,00	8381,00	873,65	44,14	9300,00	8382,22	873,65	45,35	9300,00	8381,00	873,65	45,35	9300,00	8381,00	873,65	45,35	9300,00	8381,00	873,65
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	76,64	15501,00	13969,00	1455,36	76,64	15501,00	13969,00	1455,36	77,86	15501,00	13967,78	1455,36	77,86	15501,00	13967,78	1455,36	77,86	15501,00	13967,78	1455,36
Família 5	Linha 12	6,97	102,00	63,00	32,03	6,97	102,00	63,00	32,03	6,97	102,00	63,00	32,03	6,97	102,00	63,00	32,03	6,97	102,00	63,00	32,03
Família 6	Linha 13	31,44	405,00	246,00	127,56	31,43	405,00	246,00	127,57	31,44	405,00	246,00	127,56	31,43	405,00	246,00	127,57	31,44	405,00	246,00	127,56
Família 7	Linha 14	1117,41	5215,00	2000,00	2097,59	1604,40	5215,00	1500,00	2110,60	1622,74	5215,00	1500,00	2092,26	1574,61	5215,00	1500,00	2140,39	1101,70	5215,00	2000,00	2113,30
Família 8	Linha 15	51,82	7441,00	5000,00	2389,18	60,35	7441,00	5000,00	2380,65	36,29	7441,00	5000,00	2404,71	30,91	7441,00	5000,00	2410,09	66,08	7441,00	5000,00	2374,92
Família 9	Linha 16	0,42	218,00	209,00	8,58	0,42	218,00	209,00	8,58	0,42	218,00	209,00	8,58	0,42	218,00	209,00	8,58	0,42	218,00	209,00	8,58
		1870,211615	86588	71468	13249,78839	2029,538506	86588	71469,21799	13089,2435	2025,046252	86588	71467,99486	13094,95889	2321,793435	86588	70967,99493	13298,21164	1886,00926	86588	71466,7769	13235,21384
		2,16%	100,00%	82,54%	15,30%	2,34%	100,00%	82,54%	15,12%	2,34%	100,00%	82,54%	15,12%	2,68%	100,00%	81,96%	15,36%	2,18%	100,00%	82,54%	15,29%

Há de acordo com a Figura 4.30 uma redução do *work in process* em função da primeira alteração do *layout* o que mostra a necessidade da redução do tempo de movimentação entre os processos, assim como uma programação da produção mais efetiva de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

No caso do cenário 3 a alteração proposta deve minimizar as perdas de tempo no fluxo de produção com a movimentação dos materiais minimizada de acordo com o objetivo a ser alcançado de maximizar o uso dos recursos de manufatura a fim de aumentar a ocupação dos recursos de modo equilibrado, e consistente com a capacidade de produção de cada um.

Figura 4.30 – Cenário 3 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

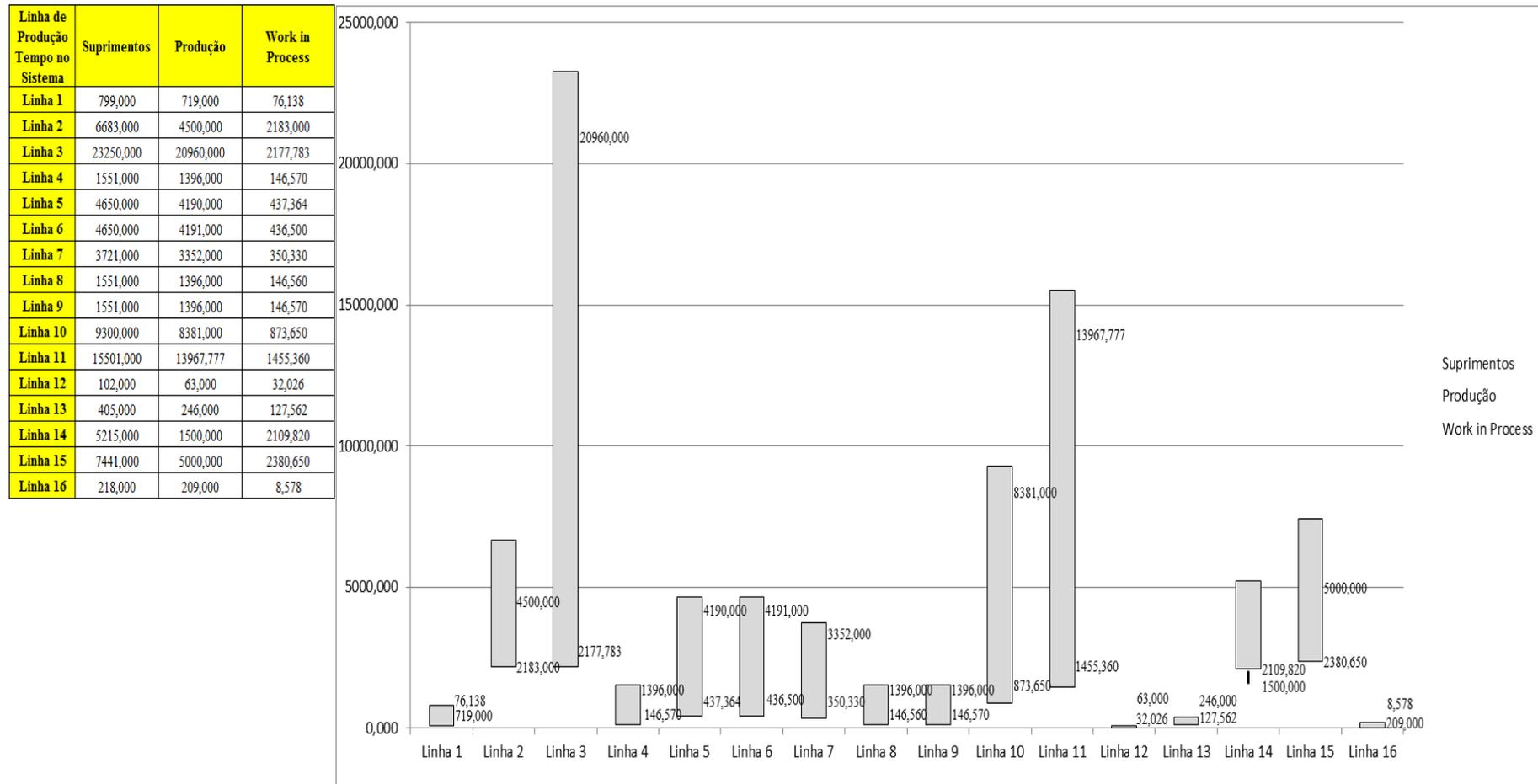
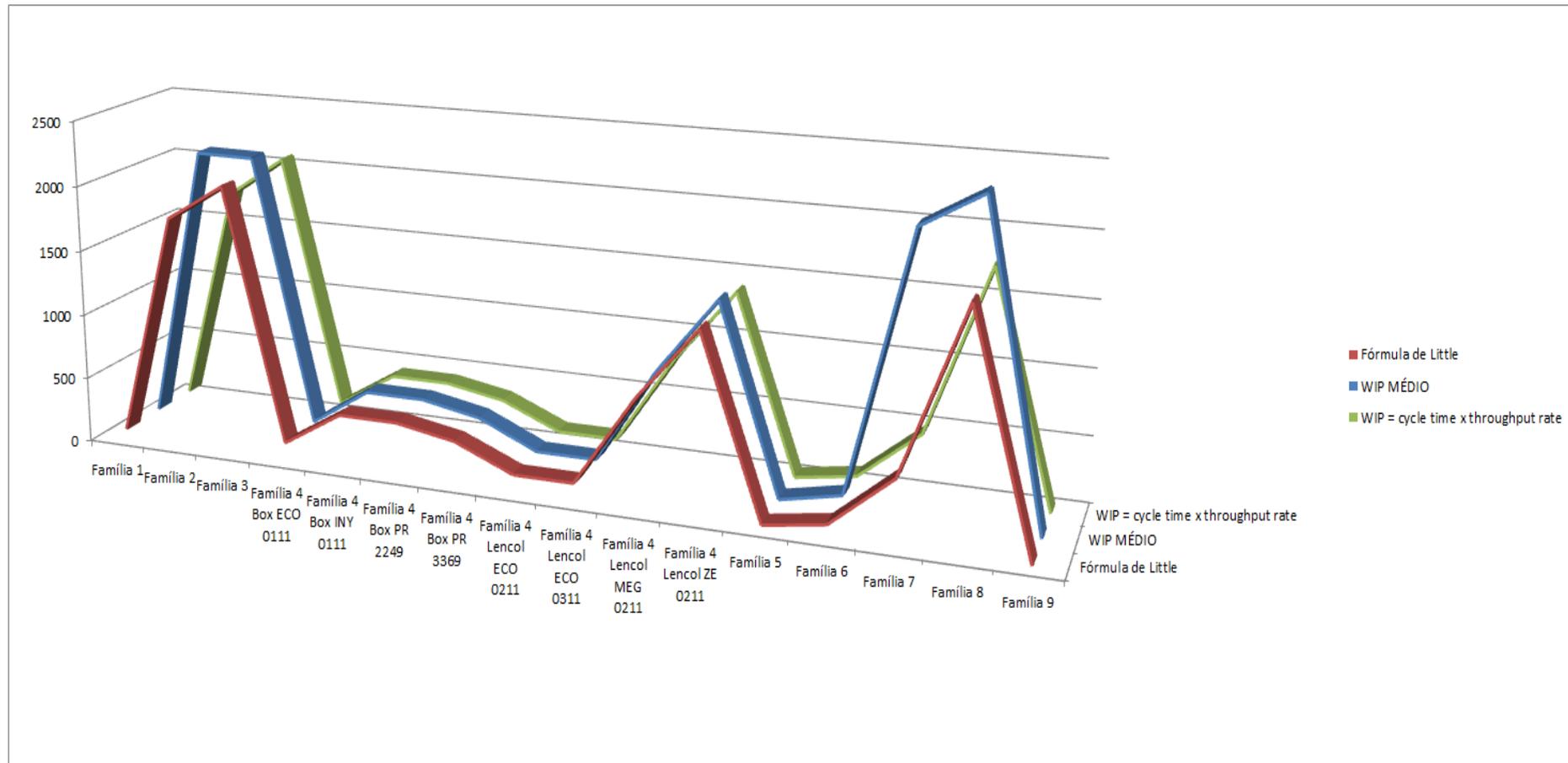


Figura 4.31 – Cenário 3 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

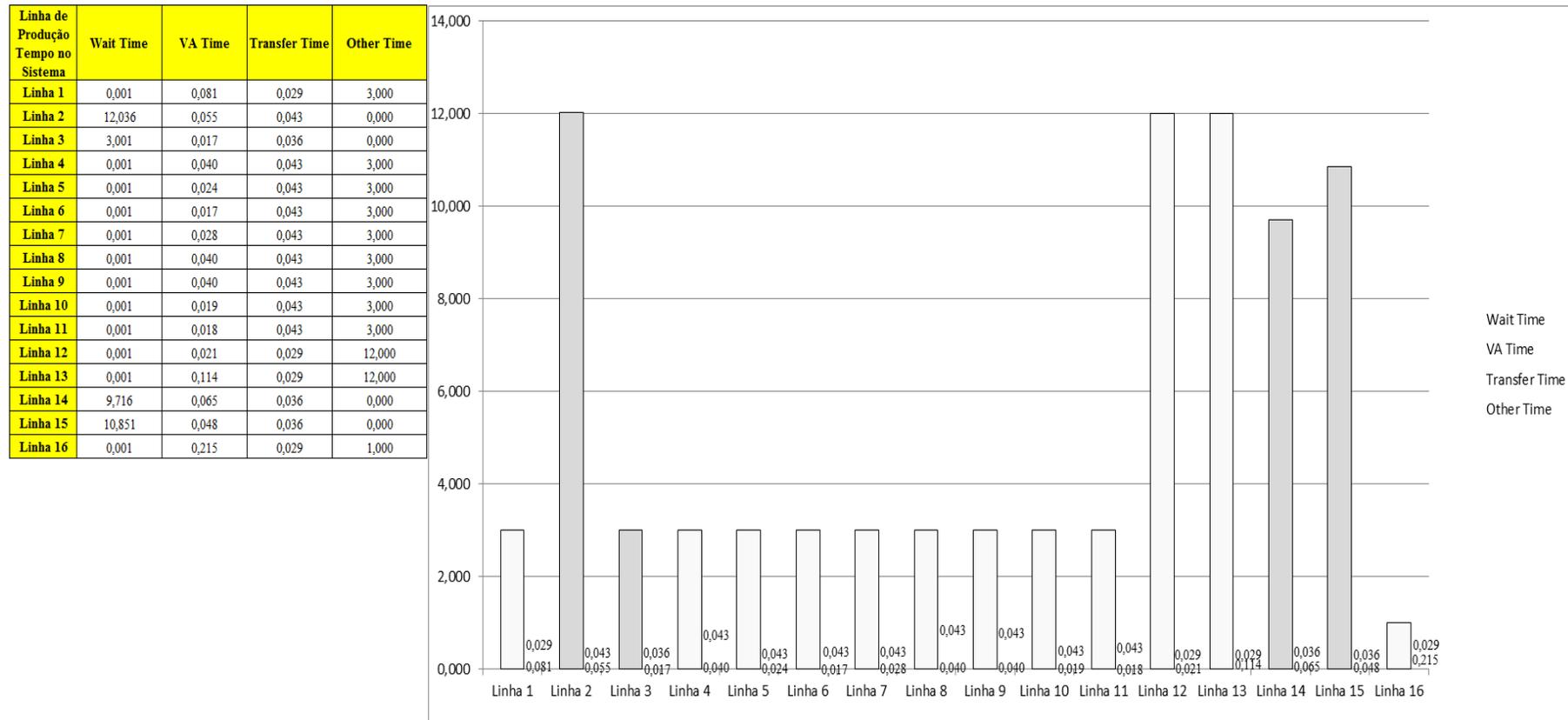
A Figura 4.32 indica uma redução do tempo de espera no processo de fabricação de modo geral, mesmo com apenas a 1ª alteração do *layout* realizada no cenário 3. A Figura 4.31 mostra um perfil similar do estoque em processo medido a partir da fórmula de *Little*, WIP médio E *cycle time x throughput rate*, com exceção das famílias 14 e 15 (linha 7 e linha 8) com impressão.

A Figura 4.32 mostra a redução do tempo de espera no sistema de produção com exceção das famílias de produto com processo de impressão, relacionado no roteiro de fabricação.

Figura 4.32 – Cenário 3 – *Wait Time* – tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098	0,00098
Família 2	Linha 2	12,0106	12,5586	12,3778	11,5923	12,5448	11,9564	12,0356	11,6787	12,4145	11,955	12,6167	12,0345	11,8647	12,4543	12,5977	12,03562
Família 3	Linha 3	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012	3,0012
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,00071	0,0007	0,00068	0,00067	0,0007	0,0007	0,00069	0,00066	0,0007	0,00071	0,00067	0,00067	0,00068	0,00068	0,00067	0,000684
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,00079	0,0008	0,00078	0,00079	0,00079	0,00078	0,0008	0,00079	0,00078	0,00079	0,00079	0,00078	0,00079	0,00078	0,00078	0,000787
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,0008	0,00102	0,00081	0,00081	0,00082	0,00081	0,00083	0,00081	0,00082	0,00082	0,00083	0,00081	0,00082	0,00082	0,00081	0,000818
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,00059	0,00058	0,00059	0,00059	0,00059	0,0006	0,00059	0,00059	0,00058	0,00058	0,00059	0,00059	0,0006	0,00059	0,00059	0,000589
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,00074	0,00075	0,00078	0,00076	0,00075	0,00076	0,00075	0,00075	0,00075	0,00078	0,00076	0,00074	0,00076	0,00078	0,00075	0,000755
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,00073	0,00071	0,00075	0,00071	0,00074	0,00074	0,00073	0,00075	0,00073	0,00074	0,0007	0,00071	0,00073	0,00071	0,0007	0,00073
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,00118	0,00119	0,00119	0,00119	0,0012	0,00119	0,00119	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,00119	0,0012	0,0012	0,00119	0,001195
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00138	0,00137	0,00138	0,00138	0,00138	0,001378
Família 5	Linha 12	0,00107	0,00089	0,00079	0,00125	0,00123	0,00148	0,00077	0,00076	0,00081	0,00089	0,00144	0,00084	0,00119	0,00119	0,00087	0,000892
Família 6	Linha 13	0,00076	0,00072	0,0007	0,00087	0,00075	0,00077	0,00058	0,00071	0,00091	0,00083	0,00076	0,00081	0,00077	0,0007	0,00071	0,000756
Família 7	Linha 14	9,7159	9,63384	9,64661	10,9584	11,681	9,74629	9,39982	9,55553	9,33409	9,55445	11,2183	9,72016	9,29657	9,77203	11,3578	9,7159
Família 8	Linha 15	10,8271	10,8582	10,7943	10,8015	10,8087	10,77	10,8534	10,9883	10,7785	10,9361	10,8519	10,8497	10,9259	10,9642	10,8507	10,85071
Família 9	Linha 16	0,0008	0,00099	0,00093	0,00083	0,00076	0,00076	0,00076	0,00076	0,00083	0,00089	0,00069	0,00084	0,00082	0,00086	0,0007	0,000822
		12,0106	12,5586	12,3778	11,5923	12,5448	11,9564	12,0356	11,6787	12,4145	11,955	12,6167	12,0345	11,8647	12,4543	12,5977	
		36,1273	43,0154	40,6763	31,2735	42,8345	35,4785	36,4287	32,2471	41,1463	35,462	43,7807	36,4156	34,3951	41,6574	43,5301	38,2979

Figura 4.33 – Cenário 3 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



Como mencionado a 1ª alteração do *layout* não altera as condições do fluxo de produção para as linhas de produto que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.34 – Cenário 3 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

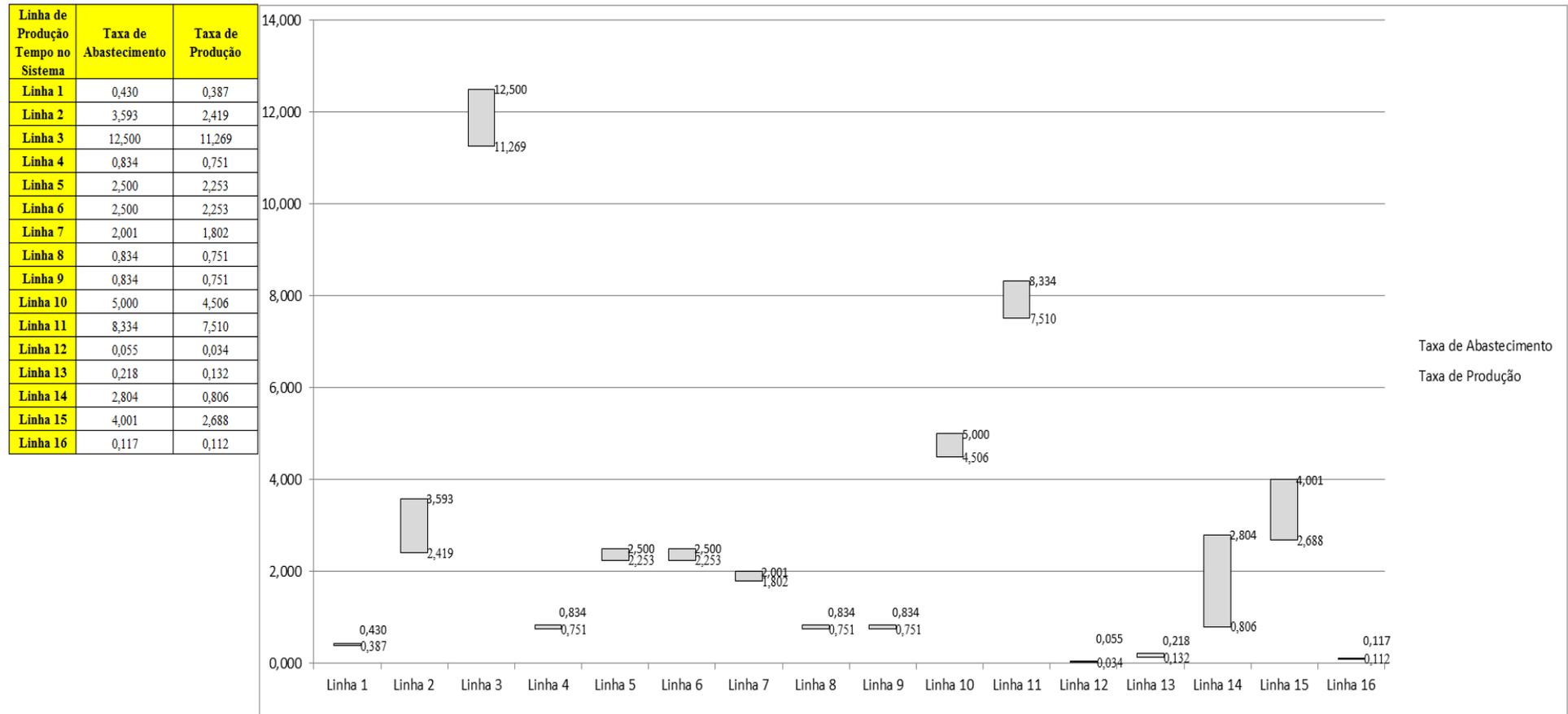
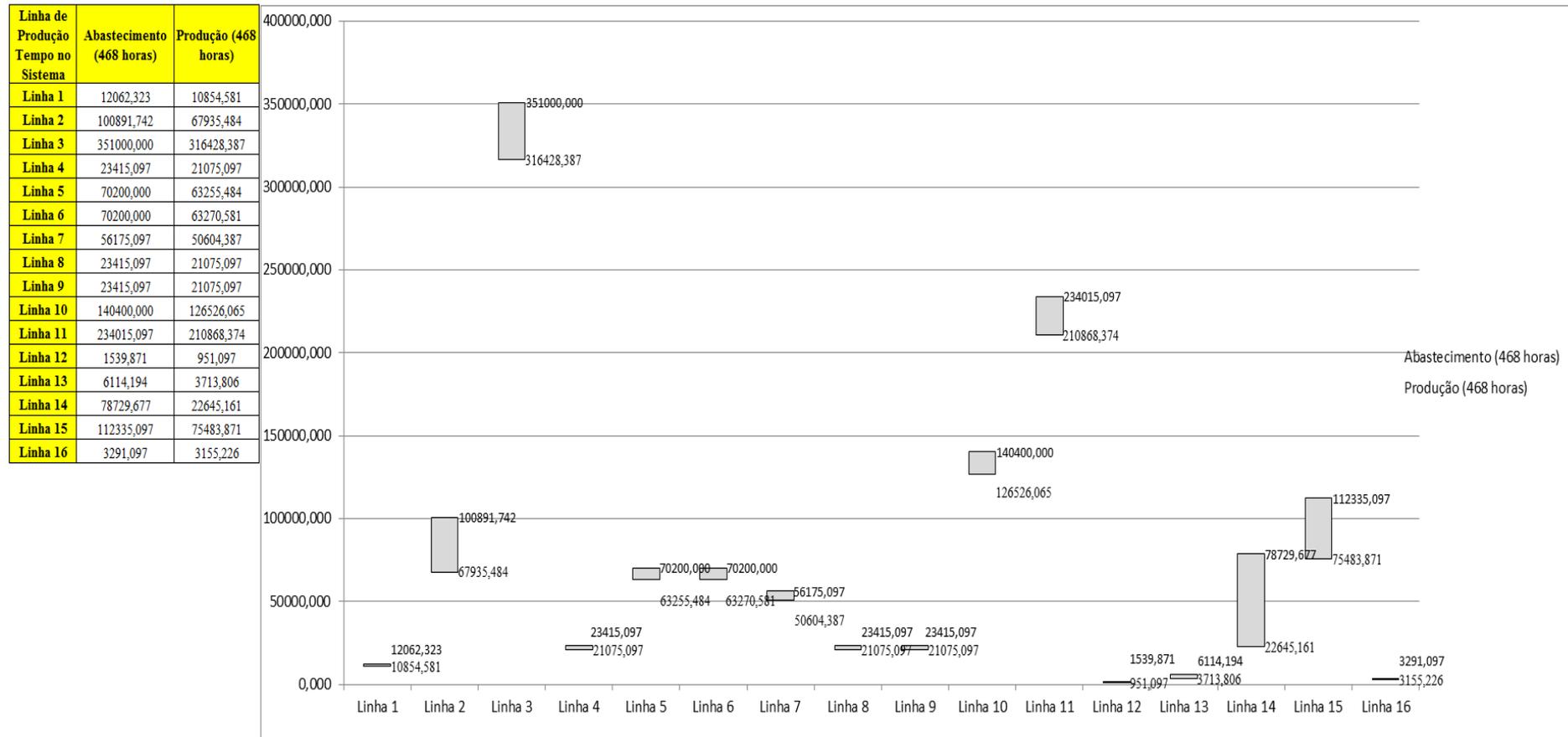


Figura 4.35 – Cenário 3 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



Conseqüentemente a quantidade de produtos que o sistema foi capaz de produzir foi maior com a redução da movimentação dos materiais ao longo do fluxo de produção, devendo ser maior com a 2ª alteração do *layout*, o que deve tornar necessário alterar a taxa de abastecimento da matéria prima em algum momento ou cenário a ser simulado havendo um aumento na ocupação dos recursos de manufatura de acordo com as Figuras 4.36 e 4.37.

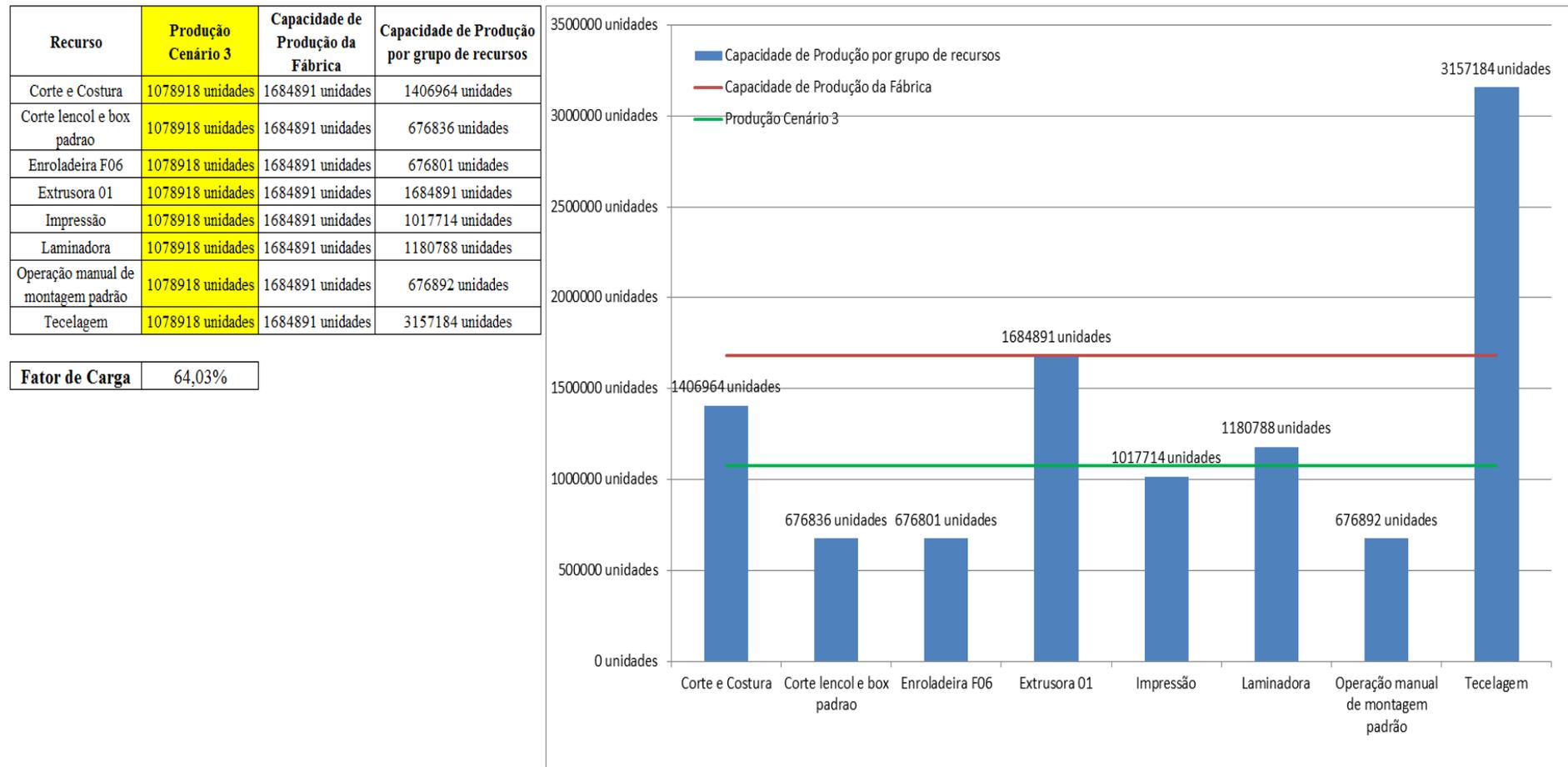
Figura 4.36 – Cenário 3 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	9,47868%	9,34000%	9,16675%	9,23459%	10,04877%	9,48418%	9,53143%	9,44177%	9,84280%
Corte e Costura Supra	1	14,36134%	14,44000%	14,06074%	14,06074%	15,00187%	14,39786%	14,36977%	14,41191%	14,69284%
Corte e Costura Taubate	1	18,91112%	19,09000%	18,67946%	18,60615%	19,60317%	18,94338%	18,91406%	19,07534%	19,13399%
Corte e Costura Vítora	1	23,25138%	23,62000%	23,06406%	22,88375%	23,93553%	23,27441%	23,15421%	23,51482%	23,48477%
Corte lencol e box padrão	1	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%
Embalagem 001	20	63,55222%	63,59000%	63,00813%	63,00930%	64,74903%	63,58884%	63,58767%	63,60485%	64,16951%
Enroladeira F06	1	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,55016%	6,56631%	6,26792%	6,26792%	7,16308%	6,56631%	6,56631%	6,62152%	6,86470%
Impressora PADANE	1	6,56425%	6,58065%	6,28136%	6,28136%	7,17921%	6,58065%	6,58065%	6,63585%	6,87993%
Laminadora	1	59,78911%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,77671%	59,79000%	59,79000%	59,79000%
Operação manual de montagem padrão	1	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%
Tear 01	1	5,96857%	5,96326%	5,97938%	5,95162%	5,97401%	5,97222%	5,96595%	5,96237%	5,96416%
Tear 02	1	11,53869%	11,51000%	11,59007%	11,60008%	11,57005%	11,52001%	11,54003%	11,53002%	11,54003%
Tear 03	1	16,66271%	16,73000%	16,55011%	16,62007%	16,61007%	16,68003%	16,66004%	16,69002%	16,67004%
Tear 04	1	8,38092%	8,39427%	8,41124%	8,37077%	8,36096%	8,36709%	8,34747%	8,40756%	8,35483%
Tear 05	1	16,06909%	16,12000%	16,07909%	16,01090%	16,13364%	16,07909%	16,17455%	15,95635%	16,05181%
Tear 06	1	22,80955%	22,90000%	22,76296%	22,72184%	22,81777%	22,73555%	22,92741%	22,90000%	22,68073%
Tear 07	1	28,12272%	28,29000%	28,18207%	28,18207%	28,15509%	28,18207%	28,11462%	28,02019%	28,11462%
Tear 08	1	32,79355%	32,84000%	32,71941%	32,96059%	32,92039%	32,73281%	32,74621%	32,75961%	32,89359%
Tear 09	1	37,15373%	36,98000%	37,08746%	37,19492%	36,95313%	37,07403%	37,03373%	37,36955%	37,62477%
Tear 10	1	40,60487%	40,46000%	40,80661%	40,52666%	40,51332%	40,73995%	40,68663%	40,67330%	40,53999%
Tear 11	1	43,64976%	43,30000%	43,67190%	43,75160%	43,68518%	43,79144%	43,41954%	43,56564%	43,37969%
Tear 12	1	46,26327%	46,04000%	45,90763%	46,38417%	46,22532%	46,30475%	46,19885%	46,25180%	46,43712%

Figura 4.37 – Cenário 3 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	9,47868%	9,13282%	9,57989%	9,51568%	9,51325%	9,55808%	9,32910%	9,46116%
Corte e Costura Supra	1	14,36134%	14,10288%	14,38381%	14,36977%	14,39786%	14,32763%	14,01860%	14,38381%
Corte e Costura Taubate	1	18,91112%	18,67946%	18,82608%	18,94338%	18,87007%	18,87007%	18,47419%	18,95804%
Corte e Costura Vitra	1	23,25138%	23,12416%	23,01898%	23,16924%	23,22934%	23,18426%	22,73350%	23,37959%
Corte lencol e box padrao	1	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%	34,31000%
Embalagem 001	20	63,55222%	63,01163%	63,59114%	63,59000%	63,59114%	63,59000%	63,01051%	63,59158%
Enroladeira F06	1	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%	0,22133%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,55016%	6,26792%	6,56631%	6,56631%	6,56631%	6,56631%	6,26882%	6,56631%
Impressora PADANE	1	6,56425%	6,28136%	6,58065%	6,58065%	6,58065%	6,58065%	6,27957%	6,58065%
Laminadora	1	59,78911%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,79000%	59,79000%
Operação manual de montagem padrão	1	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%	34,30000%
Tear 01	1	5,96857%	5,96684%	5,98386%	5,98924%	5,96774%	5,96135%	5,96595%	5,96058%
Tear 02	1	11,53869%	11,55003%	11,51000%	11,47997%	11,53002%	11,53002%	11,54003%	11,54003%
Tear 03	1	16,66271%	16,65005%	16,66004%	16,69002%	16,67004%	16,70002%	16,67004%	16,69002%
Tear 04	1	8,38092%	8,43086%	8,32417%	8,41124%	8,41124%	8,37323%	8,33521%	8,41369%
Tear 05	1	16,06909%	16,12000%	16,06545%	16,02453%	16,02453%	16,03817%	16,01090%	16,14728%
Tear 06	1	22,80955%	22,74925%	22,74925%	22,87259%	22,90000%	22,72184%	22,87259%	22,83148%
Tear 07	1	28,12272%	28,07415%	28,02019%	28,29000%	27,95273%	28,11462%	28,19557%	27,95273%
Tear 08	1	32,79355%	32,65242%	32,77301%	32,73281%	32,75961%	33,09457%	32,69262%	32,62562%
Tear 09	1	37,15373%	37,15462%	37,18149%	36,84567%	37,16806%	37,20835%	37,18149%	37,24865%
Tear 10	1	40,60487%	40,44667%	41,03324%	40,69996%	40,60664%	40,44667%	40,57998%	40,31336%
Tear 11	1	43,64976%	43,43282%	44,03052%	43,53908%	43,59221%	43,65862%	44,05709%	43,87113%
Tear 12	1	46,26327%	46,56950%	46,18561%	46,22532%	46,38417%	46,29151%	46,30475%	46,23856%

Figura 4.38 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.38 somente com a 1ª alteração do *layout* da fábrica foi possível alterar o fator de carga de 49,16% para 64,03%, o que é significativo. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva.

Figura 4.39 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

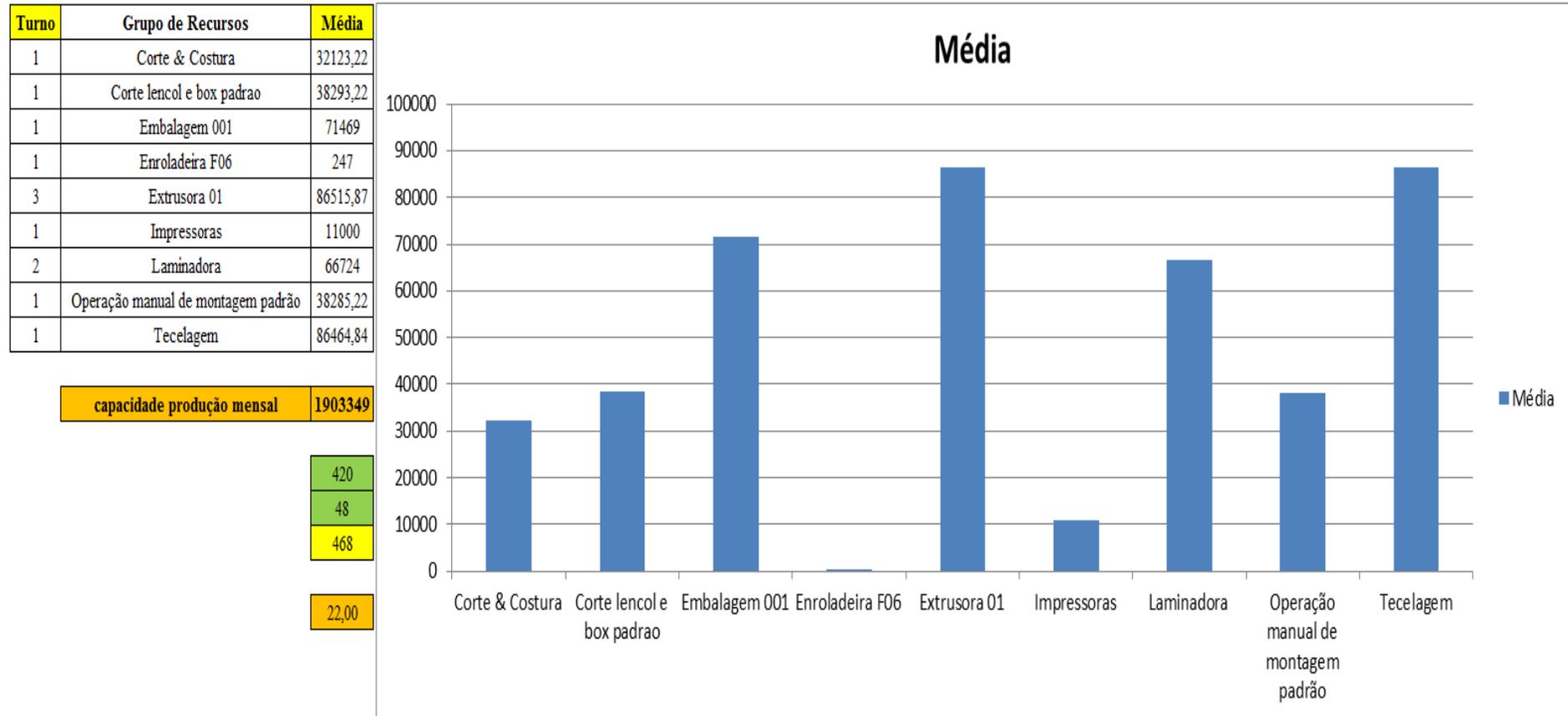


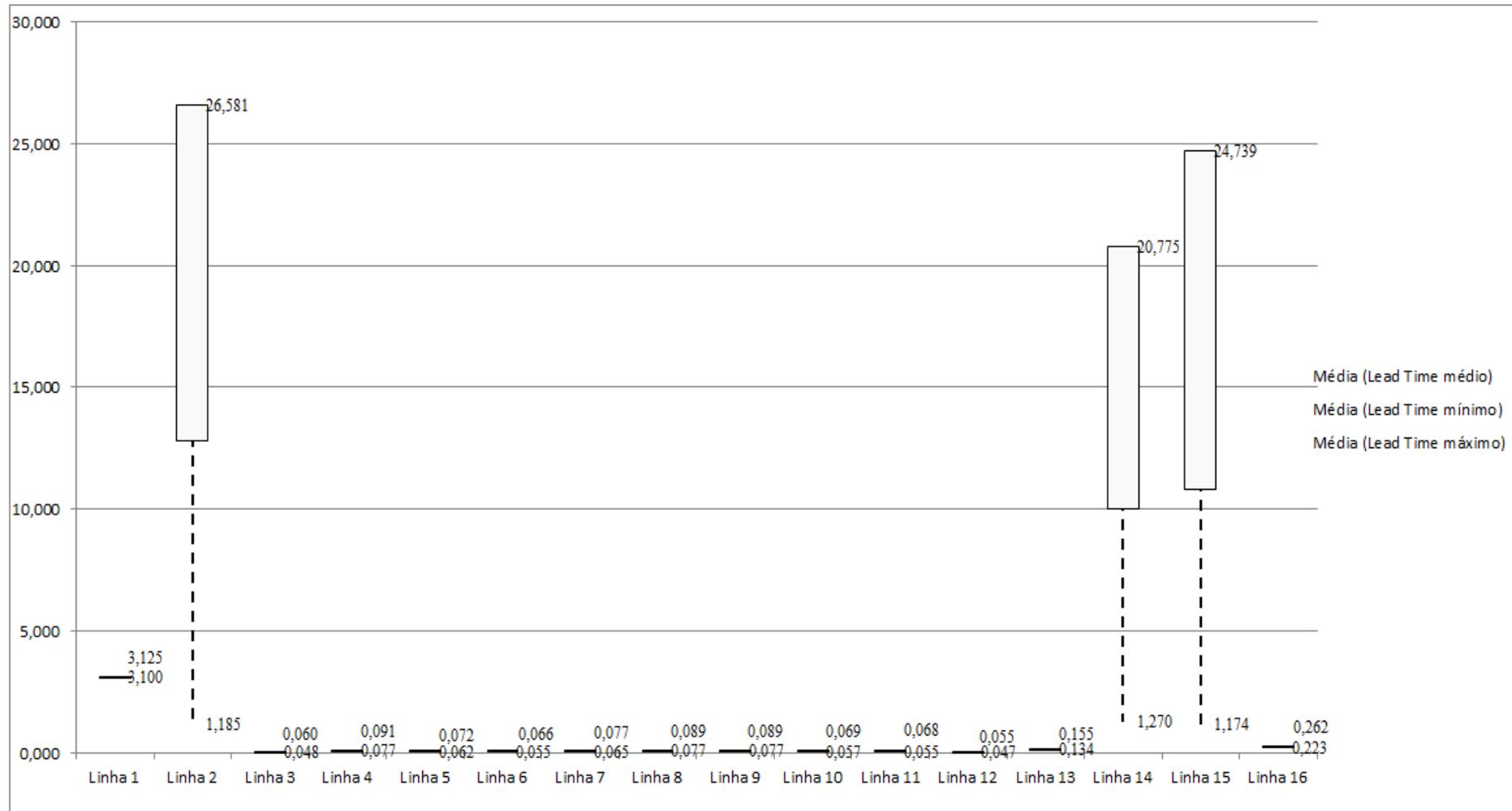
Figura 4.40 – Cenário 3 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	3,861691	76,1383	799	719	1	0,00098	3,1110	0,0811	0,0289	3,00	2,328 minutos	2,587 minutos	0,430 (unid./minuto)	0,387 (unid./minuto)	12062,323	0,92%	10854,581	1,01%	
2	0	2183	6683	4500	2	12,0356	12,1332	0,0548	0,0428	0,00	0,278 minutos	0,413 minutos	3,593 (unid./minuto)	2,419 (unid./minuto)	100891,742	7,72%	67935,484	6,30%	
3	112,217	2177,78	23250	20960	3	3,0012	3,0541	0,0170	0,0359	0,00	0,080 minutos	0,089 minutos	12,500 (unid./minuto)	11,269 (unid./minuto)	351000,000	26,85%	316428,387	29,33%	
4	8,43	146,57	1551	1396	4	0,00068	3,0837	0,0402	0,0428	3,00	1,199 minutos	1,332 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,751 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	21075,097	1,95%	
5	22,63585	437,364	4650	4190	5	0,00079	3,0671	0,0235	0,0429	3,00	0,400 minutos	0,444 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,253 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	63255,484	5,86%	
6	22,5	436,5	4650	4191	6	0,00082	3,0608	0,0172	0,0427	3,00	0,400 minutos	0,444 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,253 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	63270,581	5,86%	
7	18,67	350,33	3721	3352	7	0,00059	3,0711	0,0277	0,0428	3,00	0,500 minutos	0,555 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,802 (unid./minuto)	56175,097	4,30%	50604,387	4,69%	
8	8,44	146,56	1551	1396	8	0,00075	3,0836	0,0401	0,0428	3,00	1,199 minutos	1,332 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,751 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	21075,097	1,95%	
9	8,43	146,57	1551	1396	9	0,00073	3,0836	0,0401	0,0428	3,00	1,199 minutos	1,332 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,751 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	21075,097	1,95%	
10	45,35	873,65	9300	8381	10	0,00119	3,0634	0,0194	0,0428	3,00	0,200 minutos	0,222 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,506 (unid./minuto)	140400,000	10,74%	126526,065	11,73%	
11	77,8631	1455,36	15501	13968	11	0,00138	3,0618	0,0177	0,0428	3,00	0,120 minutos	0,133 minutos	8,334 (unid./minuto)	7,510 (unid./minuto)	234015,097	17,90%	210868,374	19,54%	
12	6,973757	32,0262	102	63	12	0,00089	12,0507	0,0210	0,0288	12,00	18,235 minutos	29,524 minutos	0,055 (unid./minuto)	0,034 (unid./minuto)	1539,871	0,12%	951,097	0,09%	
13	31,43787	127,562	405	246	13	0,00076	12,1436	0,1139	0,0290	12,00	4,593 minutos	7,561 minutos	0,218 (unid./minuto)	0,132 (unid./minuto)	6114,194	0,47%	3713,806	0,34%	
14	1602,67	2112,33	5215	1500	14	9,7159	9,8168	0,0651	0,0358	0,00	0,357 minutos	1,240 minutos	2,804 (unid./minuto)	0,806 (unid./minuto)	78729,677	6,02%	22645,161	2,10%	
15	60,4	2380,6	7441	5000	15	10,8507	10,9345	0,0479	0,0359	0,00	0,250 minutos	0,372 minutos	4,001 (unid./minuto)	2,688 (unid./minuto)	112335,097	8,59%	75483,871	7,00%	
16	0,421535	8,57846	218	209	16	0,00082	1,2451	0,2154	0,0288	1,00	8,532 minutos	8,900 minutos	0,117 (unid./minuto)	0,112 (unid./minuto)	3291,097	0,25%	3155,226	0,29%	
	2030,301	13090,9	86588	71467		35,6138	89,0641	0,8421	0,6082	0,00			46,553 (unid./minuto)	38,423 (unid./minuto)	1307199,484		1078917,793		
	2,34%	15,12%	100,00%	82,54%		39,99%	100,00%	0,95%	0,68%	0,00%					82,537%				

De acordo com os resultados da Figura 4.40 a produção do cenário 3 é de 1.078.918 o que corresponde a 82,53% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção, contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% do mesmo volume de matéria prima do abastecimento realizada para ambos os cenários. O volume de matéria prima do abastecimento pode não ser suficiente para manter os recursos ocupados dentro de um equilíbrio de capacidade, mas o volume de matéria prima inserido no sistema foi mais bem aproveitado no cenário 3 transformando em torno de 20% a mais de matéria prima em produtos acabados do que no cenário 2, somente em função da adequação do *layout*. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado não chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo.



Figura 4.43 – Cenário 4 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.43 uma redução significativa do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção foi alcançada a partir das mudanças de *layout* propostas.



Figura 4.46 – Cenário 4 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

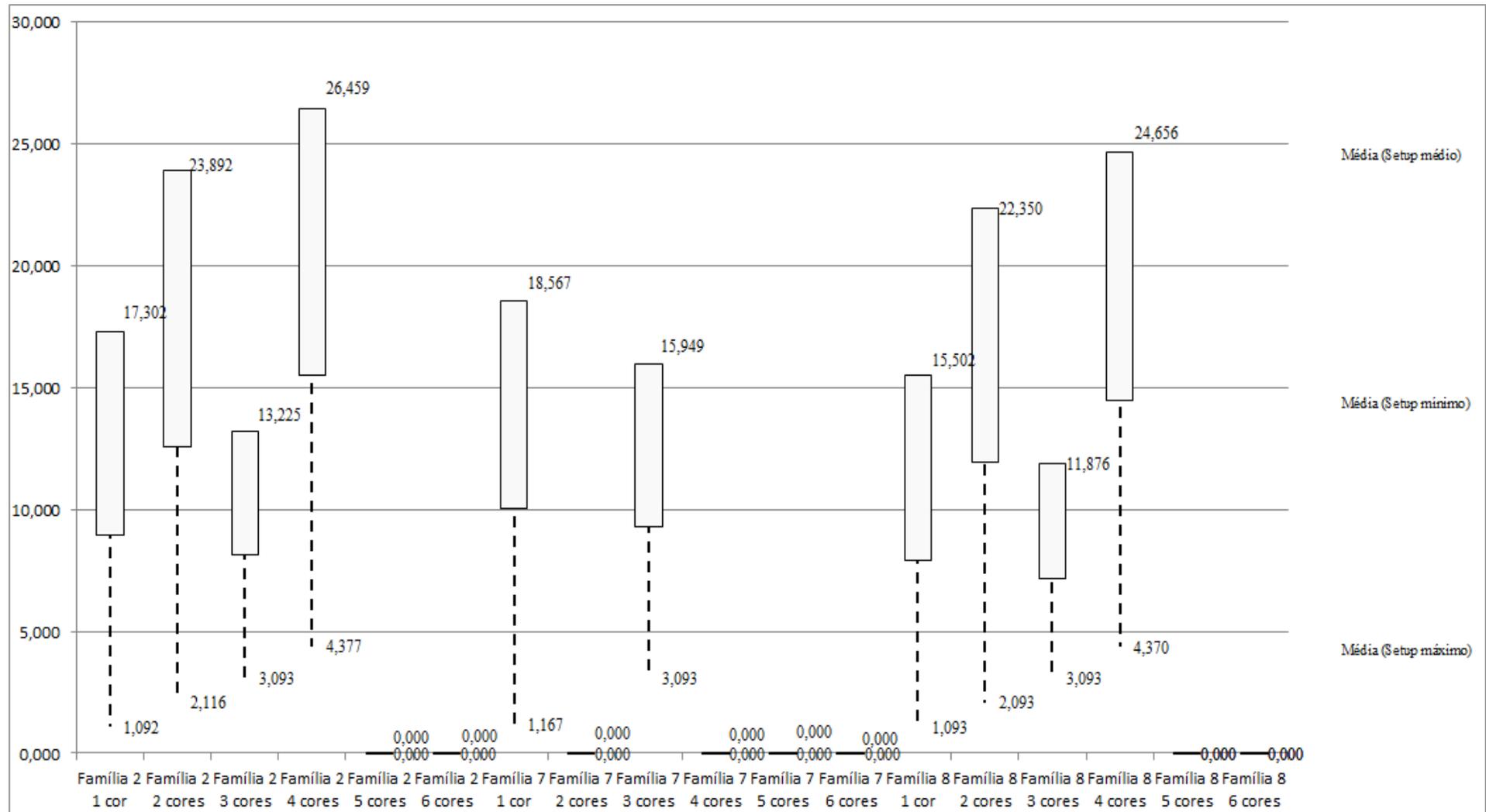




Figura 4.49 – Cenário 4 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14	3,86	799,00	719,00	76,14
Família 2	Linha 2	628,17	6683,00	3555,56	2499,27	350,14	6683,00	4000,00	2332,86	351,18	6683,00	4000,00	2331,82	644,44	6683,00	3555,56	2483,01	645,23	6683,00	3555,56	2482,22
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	-1,35	4650,00	4642,35	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	-1,35	4650,00	4642,35	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,00	9300,00	9282,00	18,00	-1,35	9300,00	9283,35	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	1,35	15501,00	15469,00	30,65	1,35	15501,00	15469,00	30,65	2,70	15501,00	15467,65	30,65	2,70	15501,00	15467,65	30,65	2,70	15501,00	15467,65	30,65
Família 5	Linha 12	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00
Família 6	Linha 13	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87
Família 7	Linha 14	1116,84	5215,00	2000,00	2098,16	1603,83	5215,00	1500,00	2111,17	1622,17	5215,00	1500,00	2092,83	1574,03	5215,00	1500,00	2140,97	1101,13	5215,00	2000,00	2113,87
Família 8	Linha 15	70,04	7441,00	5000,00	2370,96	78,51	7441,00	5000,00	2362,49	54,64	7441,00	5000,00	2386,36	49,30	7441,00	5000,00	2391,70	84,20	7441,00	5000,00	2356,80
Família 9	Linha 16	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71
		1823,67284	86588	77588,55556	7175,771604	2039,752998	86588	77534,34893	7013,89807	2036,608141	86588	77532,9943	7018,397558	2276,393592	86588	77088,55025	7223,056159	1840,525953	86588	77587,20112	7160,272926
		2,11%	100,00%	89,61%	8,29%	2,36%	100,00%	89,54%	8,10%	2,35%	100,00%	89,54%	8,11%	2,63%	100,00%	89,03%	8,34%	2,13%	100,00%	89,61%	8,27%

Há de acordo com a Figura 4.50 uma redução do *work in process* em função da primeira e da segunda alteração do *layout* o que mostra a necessidade da redução do tempo de movimentação entre os processos, assim como uma programação da produção mais efetiva de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

No caso do cenário 4 a alteração proposta deve minimizar as perdas de tempo no fluxo de produção com a movimentação dos materiais a ser minimizado de acordo com o objetivo a ser alcançado das mudanças propostas em tornar o uso dos recursos de manufatura mais efetivo a fim de aumentar a produtividade da manufatura a partir da eficiência e da eficácia de cada um dos recursos utilizados na produção de modo equilibrado, e consistente com a capacidade de produção de cada um.

A Figura 4.50 mostra a redução do tempo de espera no sistema de produção com exceção das famílias de produto com processo de impressão, relacionado no roteiro de fabricação.

Figura 4.50 – Cenário 4 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

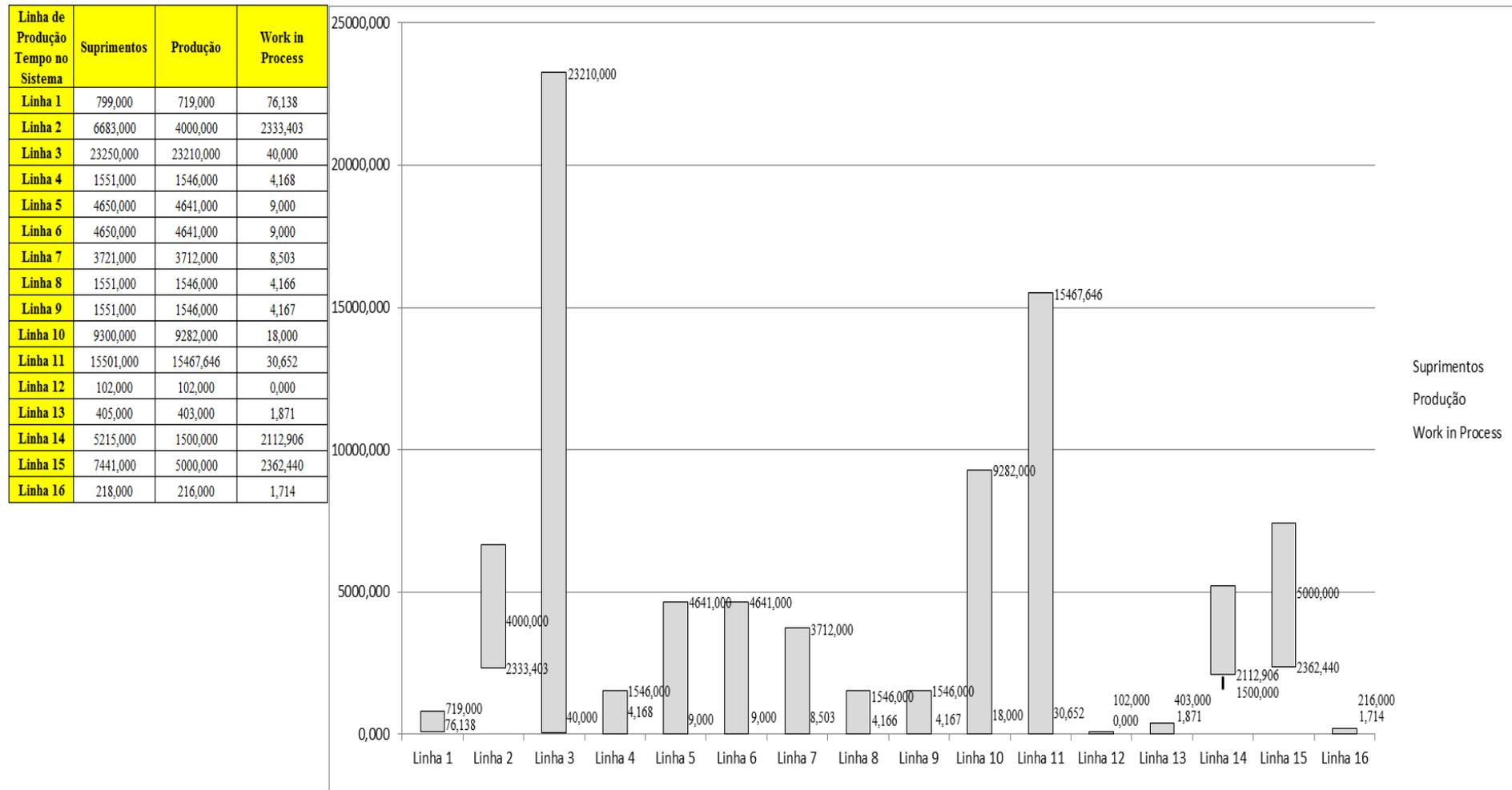
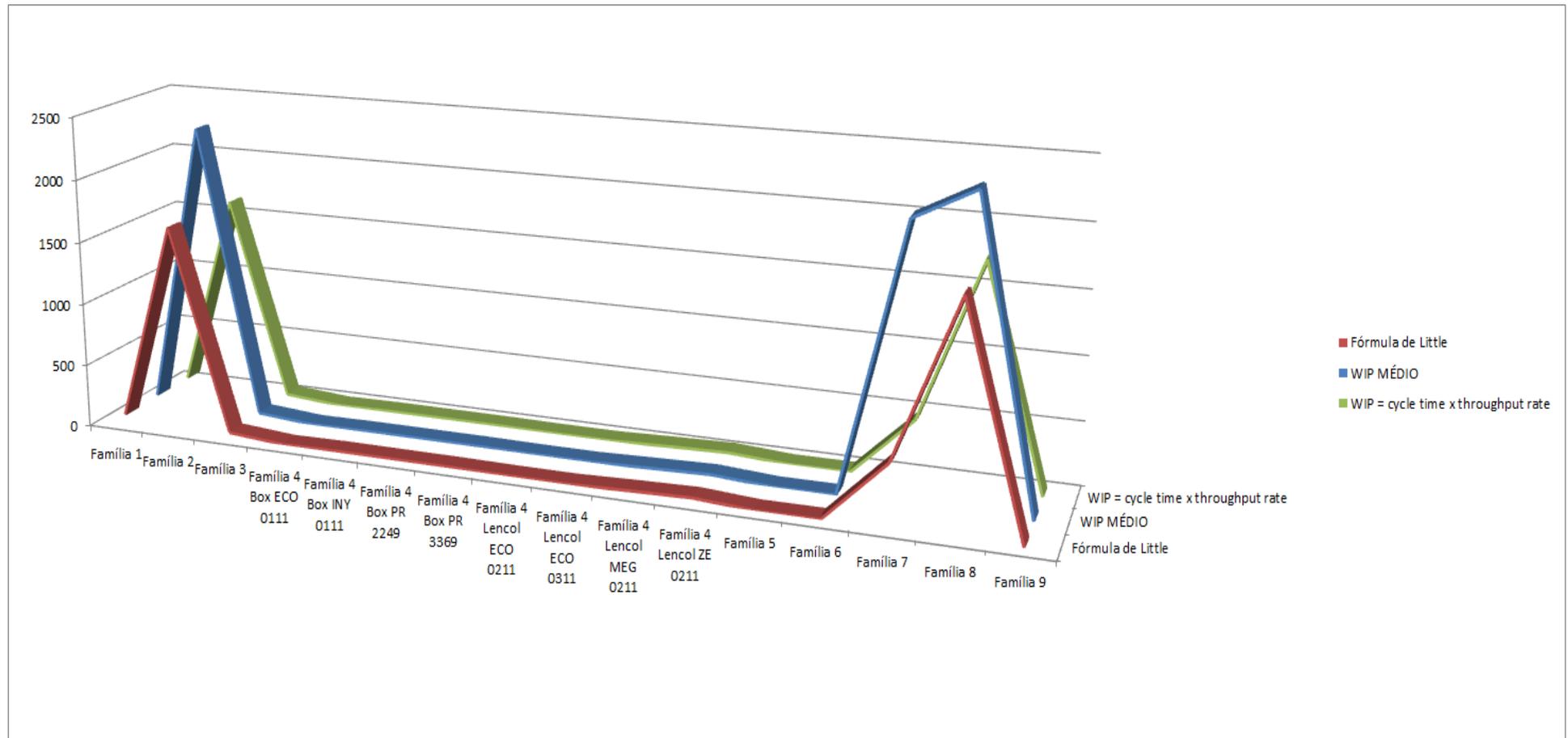


Figura 4.51 – Cenário 4 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



A Figura 4.51 mostra o desvio do estoque em processo médio com relação à fórmula de *Little* e *cycle time x throughput rate*, no caso das linhas de produção 2, 7 e 8.

De acordo com a Figura 4.52 houve uma significativa redução do tempo de espera com as alterações do *layout* para as famílias 1, 3, 4, 5, 6 e 9. As famílias 2, 7 e 8 não foram beneficiadas pela redução, sendo importante considerar que as famílias de produtos citadas passam pelo processo de impressão.

Figura 4.52 – Cenário 4 – *Wait Time* –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093	0,000932
Família 2	Linha 2	12,5034	13,0739	12,8857	12,0679	13,0595	12,447	12,5294	12,1578	12,9239	12,4455	13,1344	12,5283	12,3515	12,9653	13,1146	12,52945
Família 3	Linha 3	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,000994
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,00075	0,00074	0,00073	0,00071	0,00074	0,00075	0,00073	0,0007	0,00074	0,00075	0,00072	0,00071	0,00073	0,00072	0,00071	0,000727
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,0008	0,00082	0,0008	0,00081	0,00081	0,0008	0,00082	0,00081	0,0008	0,0008	0,00081	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,000804
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,00082	0,00104	0,00082	0,00082	0,00083	0,00082	0,00084	0,00082	0,00083	0,00083	0,00084	0,00082	0,00083	0,00083	0,00082	0,000829
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,00065	0,00064	0,00065	0,00065	0,00065	0,00066	0,00065	0,00065	0,00064	0,00064	0,00064	0,00065	0,00066	0,00065	0,00065	0,000648
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,00075	0,00076	0,0008	0,00077	0,00076	0,00078	0,00076	0,00076	0,00077	0,00079	0,00077	0,00076	0,00077	0,00079	0,00077	0,000767
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,00076	0,00074	0,00078	0,00074	0,00077	0,00077	0,00076	0,00078	0,00076	0,00077	0,00073	0,00074	0,00076	0,00074	0,00073	0,000761
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,00105	0,00106	0,00106	0,00106	0,00107	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,00107	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,001062
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119
Família 5	Linha 12	0,00081	0,00067	0,0006	0,00095	0,00093	0,00112	0,00058	0,00057	0,00061	0,00068	0,00109	0,00063	0,0009	0,0009	0,00066	0,000675
Família 6	Linha 13	0,00081	0,00077	0,00075	0,00093	0,00081	0,00083	0,00062	0,00076	0,00098	0,00089	0,00082	0,00087	0,00083	0,00075	0,00076	0,00081
Família 7	Linha 14	9,614	9,5328	9,54543	10,8435	11,5585	9,64407	9,30124	9,45532	9,23619	9,45424	11,1006	9,61821	9,19907	9,66954	11,2387	9,614
Família 8	Linha 15	10,6959	10,7266	10,6635	10,6706	10,6777	10,6395	10,7219	10,8551	10,6479	10,8036	10,7204	10,7182	10,7935	10,8313	10,7192	10,71922
Família 9	Linha 16	0,00085	0,00104	0,00098	0,00087	0,00081	0,0008	0,00081	0,0008	0,00088	0,00094	0,00073	0,00089	0,00087	0,00091	0,00074	0,00087
		12,5034	13,0739	12,8857	12,0679	13,0595	12,447	12,5294	12,1578	12,9239	12,4455	13,1344	12,5283	12,3515	12,9653	13,1146	
		42,2942	50,04	47,4123	36,8194	49,837	41,5633	42,6337	37,9189	47,9405	41,5446	50,8992	42,6189	40,3422	48,5148	50,6179	44,7331

Figura 4.53 – Cenário 4 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

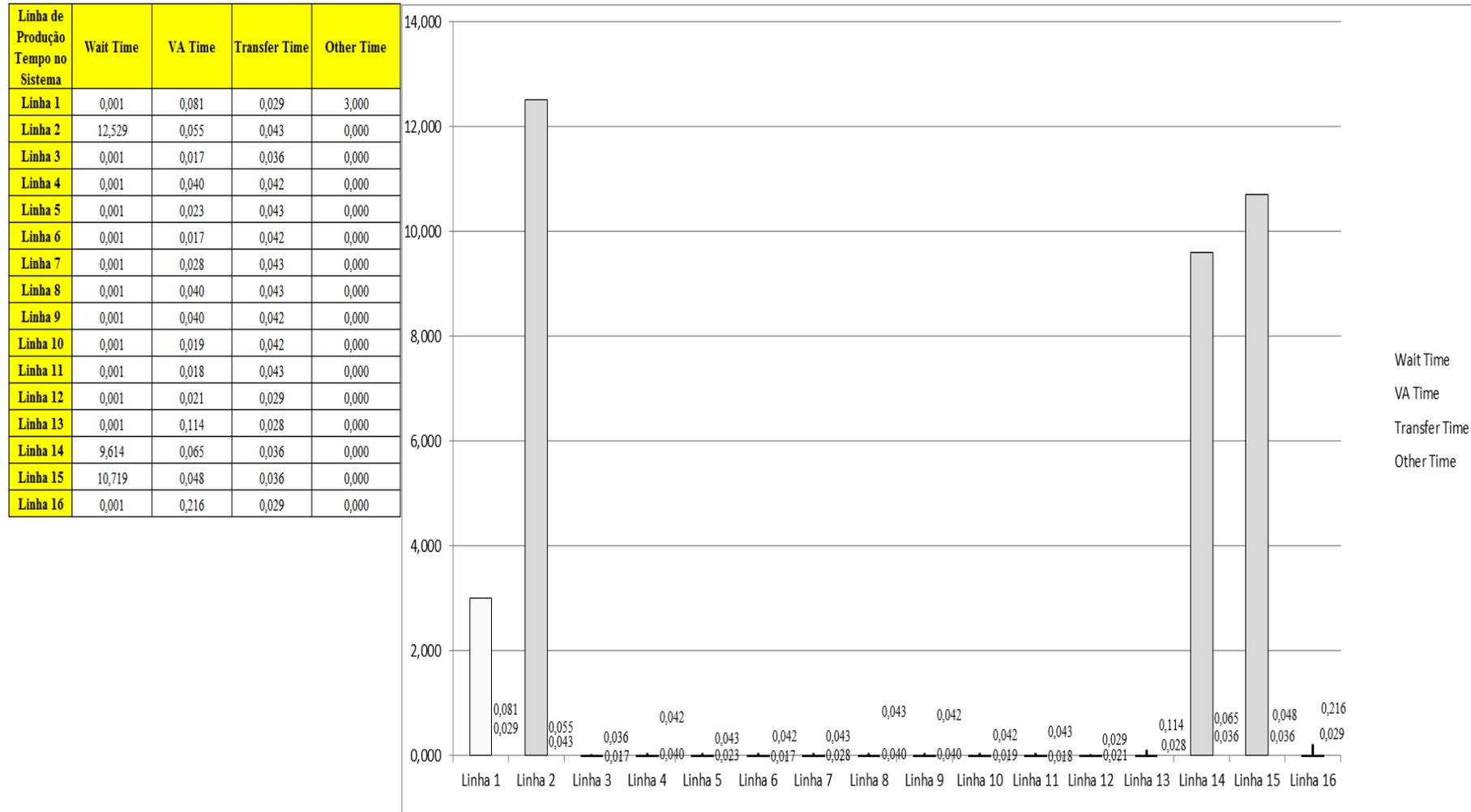
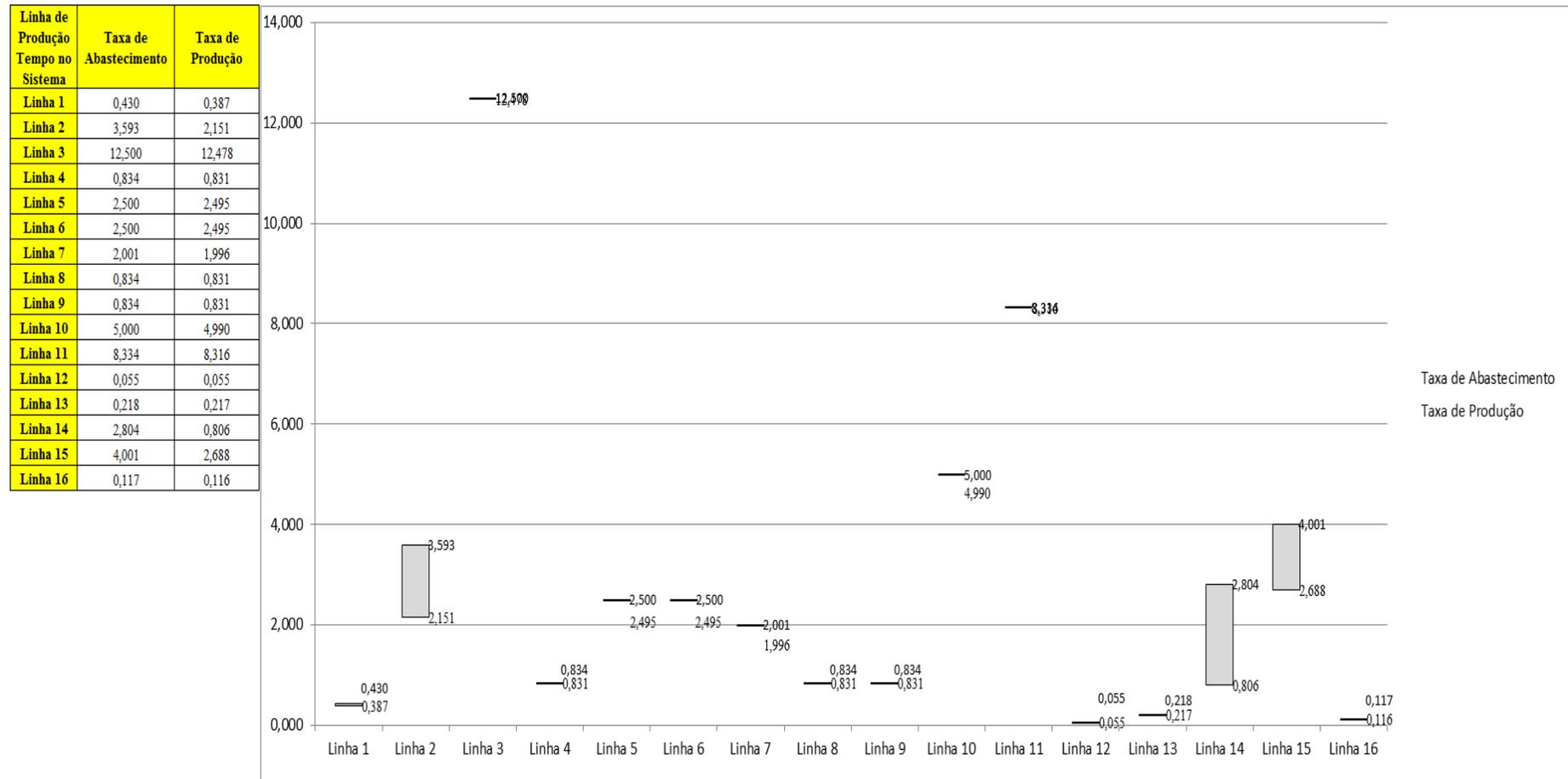
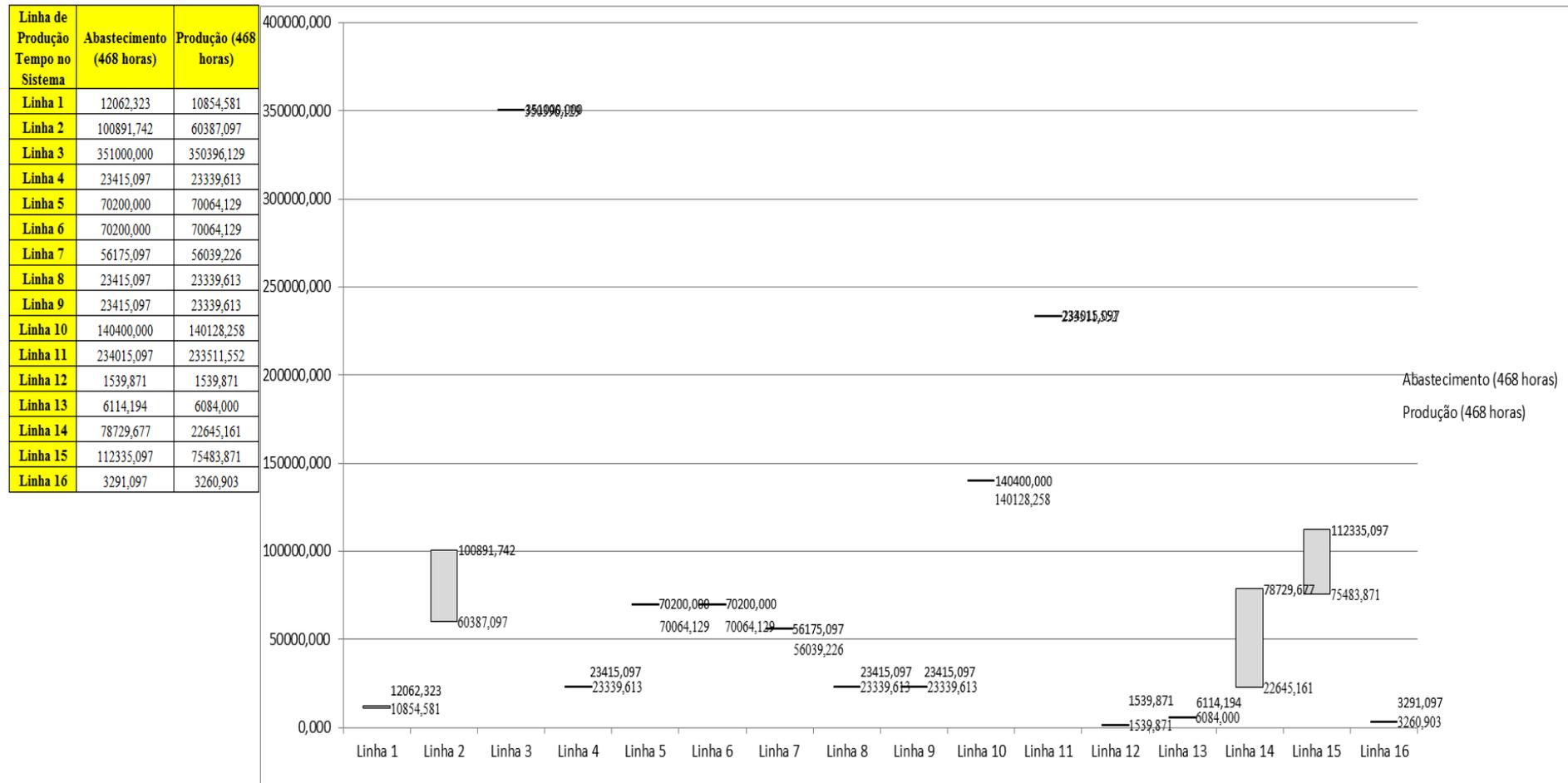


Figura 4.54 – Cenário 4 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



Como mencionado a 1ª e a 2ª alteração do *layout* não altera as condições do fluxo de produção para as linhas de produto que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.55 – Cenário 4 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



As Figuras 4.56 e 4.57 mostram que o aumento da ocupação dos recursos obtido no cenário 3 se manteve no cenário 2. É importante notar que não houve alteração da taxa de abastecimento do sistema o que também contribuiu para uma maior ocupação dos recursos de manufatura.

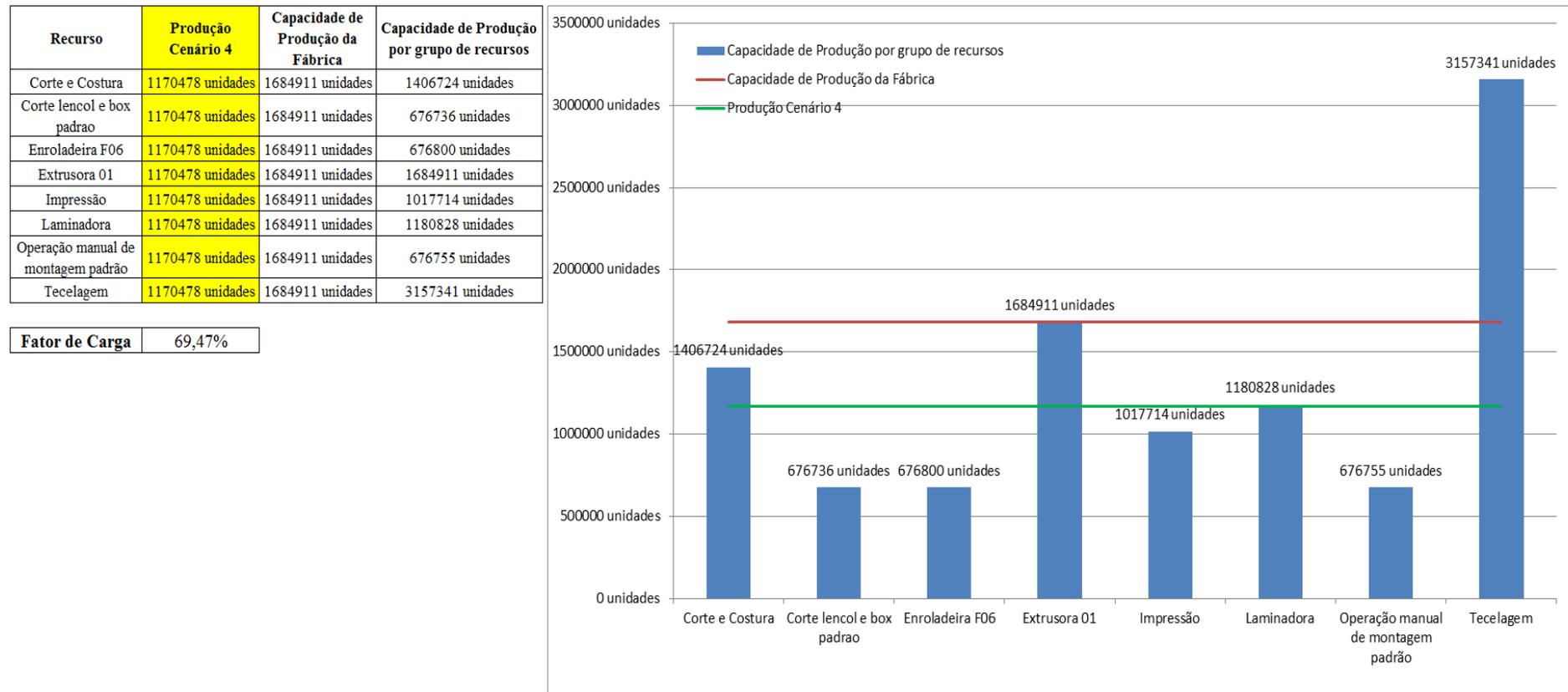
Figura 4.56 – Cenário 4 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	9,78314%	9,64000%	9,46118%	9,53121%	10,37154%	9,78881%	9,83758%	9,74504%	10,15895%
Corte e Costura Supra	1	15,15698%	15,24000%	14,83973%	14,83973%	15,83300%	15,19553%	15,16588%	15,21035%	15,50685%
Corte e Costura Taubate	1	20,17913%	20,37000%	19,93194%	19,85371%	20,91758%	20,21355%	20,18226%	20,35435%	20,41694%
Corte e Costura Vítrea	1	25,02328%	25,42000%	24,82169%	24,62765%	25,75958%	25,04808%	24,91872%	25,30681%	25,27447%
Corte lencol e box padrao	1	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%
Embalagem 001	20	69,87846%	69,92000%	69,28021%	69,28149%	71,19440%	69,91872%	69,91744%	69,93633%	70,55720%
Enroladeira F06	1	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,25250%	6,26792%	5,98309%	5,98309%	6,83758%	6,26792%	6,26792%	6,32062%	6,55275%
Impressora PADANE	1	6,26572%	6,28136%	5,99569%	5,99569%	6,85271%	6,28136%	6,28136%	6,33406%	6,56703%
Laminadora	1	65,51903%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,50544%	65,52000%	65,52000%	65,52000%
Operação manual de montagem padrão	1	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%
Tear 01	1	5,95601%	5,95072%	5,96680%	5,93910%	5,96144%	5,95965%	5,95340%	5,94982%	5,95161%
Tear 02	1	11,56877%	11,54000%	11,62028%	11,63031%	11,60021%	11,55003%	11,57010%	11,56007%	11,57010%
Tear 03	1	16,64279%	16,71000%	16,53032%	16,60020%	16,59022%	16,66009%	16,64013%	16,67007%	16,65011%
Tear 04	1	8,41565%	8,42904%	8,44609%	8,40546%	8,39560%	8,40176%	8,38206%	8,44240%	8,38945%
Tear 05	1	15,98934%	16,04000%	15,99929%	15,93144%	16,05357%	15,99929%	16,09428%	15,87716%	15,97215%
Tear 06	1	22,68006%	22,77000%	22,63373%	22,59285%	22,68824%	22,60648%	22,79725%	22,77000%	22,55197%
Tear 07	1	28,18236%	28,35000%	28,24185%	28,24185%	28,21481%	28,24185%	28,17425%	28,07961%	28,17425%
Tear 08	1	32,94334%	32,99000%	32,86886%	33,11114%	33,07076%	32,88232%	32,89578%	32,90924%	33,04384%
Tear 09	1	37,23410%	37,06000%	37,16769%	37,27539%	37,03308%	37,15423%	37,11385%	37,45039%	37,70616%
Tear 10	1	40,88587%	40,74000%	41,08901%	40,80712%	40,79369%	41,02189%	40,96820%	40,95477%	40,82054%
Tear 11	1	43,63968%	43,29000%	43,66182%	43,74149%	43,67510%	43,78133%	43,40951%	43,55558%	43,36967%
Tear 12	1	45,85128%	45,63000%	45,49880%	45,97111%	45,81367%	45,89239%	45,78744%	45,83991%	46,02359%

Figura 4.57 – Cenário 4 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	9,78314%	9,42617%	9,88760%	9,82132%	9,81882%	9,86509%	9,62875%	9,76505%
Corte e Costura Supra	1	15,15698%	14,88420%	15,18070%	15,16588%	15,19553%	15,12140%	14,79525%	15,18070%
Corte e Costura Taubate	1	20,17913%	19,93194%	20,08839%	20,21355%	20,13532%	20,13532%	19,71290%	20,22919%
Corte e Costura Vitra	1	25,02328%	24,88637%	24,77318%	24,93489%	24,99957%	24,95106%	24,46594%	25,16127%
Corte lencol e box padrao	1	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%
Embalagem 001	20	69,87846%	69,28405%	69,92125%	69,92000%	69,92125%	69,92000%	69,28283%	69,92174%
Enroladeira F06	1	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%	0,36111%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,25250%	5,98309%	6,26792%	6,26792%	6,26792%	6,26792%	5,98395%	6,26792%
Impressora PADANE	1	6,26572%	5,99569%	6,28136%	6,28136%	6,28136%	6,28136%	5,99398%	6,28136%
Laminadora	1	65,51903%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%
Operação manual de montagem padrão	1	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%
Tear 01	1	5,95601%	5,95429%	5,97127%	5,97664%	5,95519%	5,94881%	5,95340%	5,94804%
Tear 02	1	11,56877%	11,58014%	11,54000%	11,50990%	11,56007%	11,56007%	11,57010%	11,57010%
Tear 03	1	16,64279%	16,63014%	16,64013%	16,67007%	16,65011%	16,68005%	16,65011%	16,67007%
Tear 04	1	8,41565%	8,46579%	8,35866%	8,44609%	8,44609%	8,40792%	8,36975%	8,44855%
Tear 05	1	15,98934%	16,04000%	15,98572%	15,94501%	15,94501%	15,95858%	15,93144%	16,06714%
Tear 06	1	22,68006%	22,62011%	22,62011%	22,74275%	22,77000%	22,59285%	22,74275%	22,70187%
Tear 07	1	28,18236%	28,13369%	28,07961%	28,35000%	28,01202%	28,17425%	28,25536%	28,01202%
Tear 08	1	32,94334%	32,80156%	32,92270%	32,88232%	32,90924%	33,24574%	32,84194%	32,77464%
Tear 09	1	37,23410%	37,23500%	37,26193%	36,92538%	37,24846%	37,28885%	37,26193%	37,32923%
Tear 10	1	40,88587%	40,72658%	41,31721%	40,98162%	40,88766%	40,72658%	40,86081%	40,59234%
Tear 11	1	43,63968%	43,42279%	44,02035%	43,52902%	43,58214%	43,64854%	44,04691%	43,86100%
Tear 12	1	45,85128%	46,15478%	45,77432%	45,81367%	45,97111%	45,87927%	45,89239%	45,82679%

Figura 4.58 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.58 somente com a 1ª e a 2ª alteração do *layout* da fábrica foi possível alterar o fator de carga de 49,16% para 64,03% a partir da 1ª alteração, e em seguida a partir da 2ª alteração para 69,47% o que é significativo. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e consequentemente uma programação da produção mais efetiva.

Figura 4.59 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

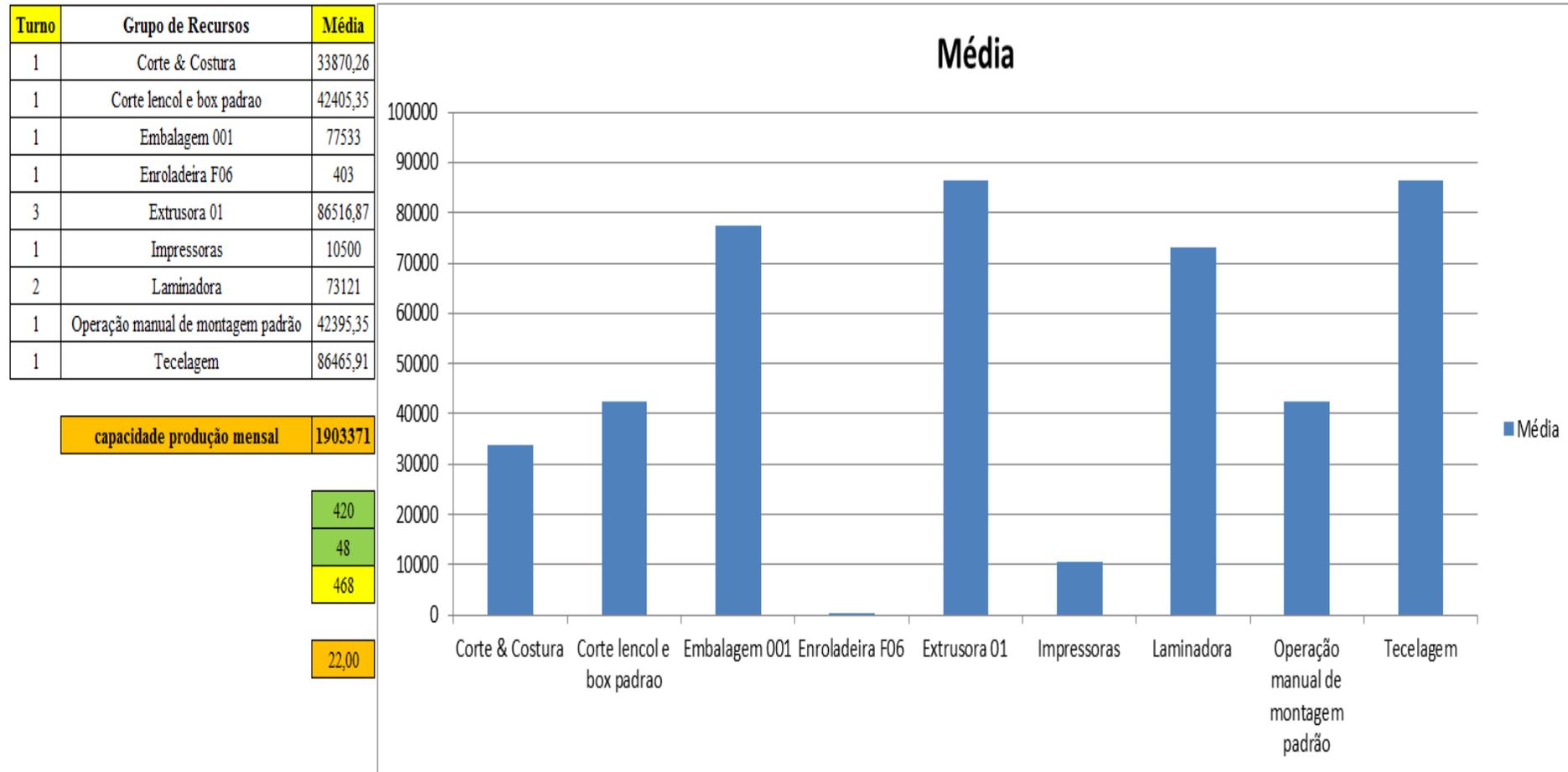


Figura 4.60 – Cenário 4 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf					Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída														
1	3,861691	76,13831	799	719	1	0,00093	3,1106	0,0811	0,0286	3,00	2,328 minutos	2,587 minutos	0,430 (unid./minuto)	0,387 (unid./minuto)	12062,323	0,92%	10854,581	0,93%
2	349,5965	2333,403	6683	4000	2	12,5294	12,6268	0,0549	0,0425	0,00	0,278 minutos	0,465 minutos	3,593 (unid./minuto)	2,151 (unid./minuto)	100891,742	7,72%	60387,097	5,16%
3	-5,5E-05	40,00005	23250	23210	3	0,00099	0,0536	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	26,85%	350396,129	29,94%
4	0,8317	4,1683	1551	1546	4	0,00073	0,0834	0,0402	0,0425	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,99%
5	-8,5E-05	9,000085	4650	4641	5	0,0008	0,0669	0,0235	0,0426	0,00	0,400 minutos	0,401 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,495 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	70064,129	5,99%
6	0	9	4650	4641	6	0,00083	0,0605	0,0172	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,401 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,495 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	70064,129	5,99%
7	0,4972	8,5028	3721	3712	7	0,00065	0,0709	0,0277	0,0425	0,00	0,500 minutos	0,501 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,996 (unid./minuto)	56175,097	4,30%	56039,226	4,79%
8	0,8336	4,1664	1551	1546	8	0,00077	0,0834	0,0401	0,0426	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,99%
9	0,8333	4,1667	1551	1546	9	0,00076	0,0834	0,0401	0,0425	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,99%
10	0	18	9300	9282	10	0,00106	0,0629	0,0194	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,200 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,990 (unid./minuto)	140400,000	10,74%	140128,258	11,97%
11	2,702535	30,6519	15501	15468	11	0,00119	0,0614	0,0177	0,0425	0,00	0,120 minutos	0,120 minutos	8,334 (unid./minuto)	8,316 (unid./minuto)	234015,097	17,90%	233511,552	19,95%
12	0	0	102	102	12	0,00068	0,0504	0,0210	0,0287	0,00	18,235 minutos	18,235 minutos	0,055 (unid./minuto)	0,055 (unid./minuto)	1539,871	0,12%	1539,871	0,13%
13	0,128815	1,871185	405	403	13	0,00081	0,1432	0,1139	0,0285	0,00	4,593 minutos	4,615 minutos	0,218 (unid./minuto)	0,217 (unid./minuto)	6114,194	0,47%	6084,000	0,52%
14	1602,094	2112,906	5215	1500	14	9,614	9,7146	0,0650	0,0356	0,00	0,357 minutos	1,240 minutos	2,804 (unid./minuto)	0,806 (unid./minuto)	78729,677	6,02%	22645,161	1,93%
15	78,56	2362,44	7441	5000	15	10,7192	10,8026	0,0478	0,0356	0,00	0,250 minutos	0,372 minutos	4,001 (unid./minuto)	2,688 (unid./minuto)	112335,097	8,59%	75483,871	6,45%
16	0,285887	1,714113	218	216	16	0,00087	0,2451	0,2157	0,0286	0,00	8,532 minutos	8,611 minutos	0,117 (unid./minuto)	0,116 (unid./minuto)	3291,097	0,25%	3260,903	0,28%
	2040,225	7016,129	86588	77532		32,8737	37,3197	0,8423	0,6037	0,00			46,553 (unid./minuto)	41,684 (unid./minuto)	1307199,484		1170477,746	
	2,36%	8,10%	100,00%	89,54%		88,09%	100,00%	2,26%	1,62%	0,00%					89,541%			

De acordo com os resultados da Figura 4.40 e 4.60 a produção do cenário 3 é de 1.078.918 o que corresponde a 82,53% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção, contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% do mesmo volume de matéria prima de abastecimento realizada para ambos os cenários, enquanto que a produção do cenário 4 é de 1.170.477 o que corresponde a 89,541%. O volume de matéria prima do abastecimento pode não ser suficiente para manter os recursos ocupados dentro de um equilíbrio de capacidade, mas a matéria prima foi mais bem aproveitada no cenário 4 transformando em torno de 26% a mais de matéria prima em produtos acabados do que no cenário 2, somente em função da adequação do *layout*. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado não chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo.



Figura 4.63 – Cenário 5 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

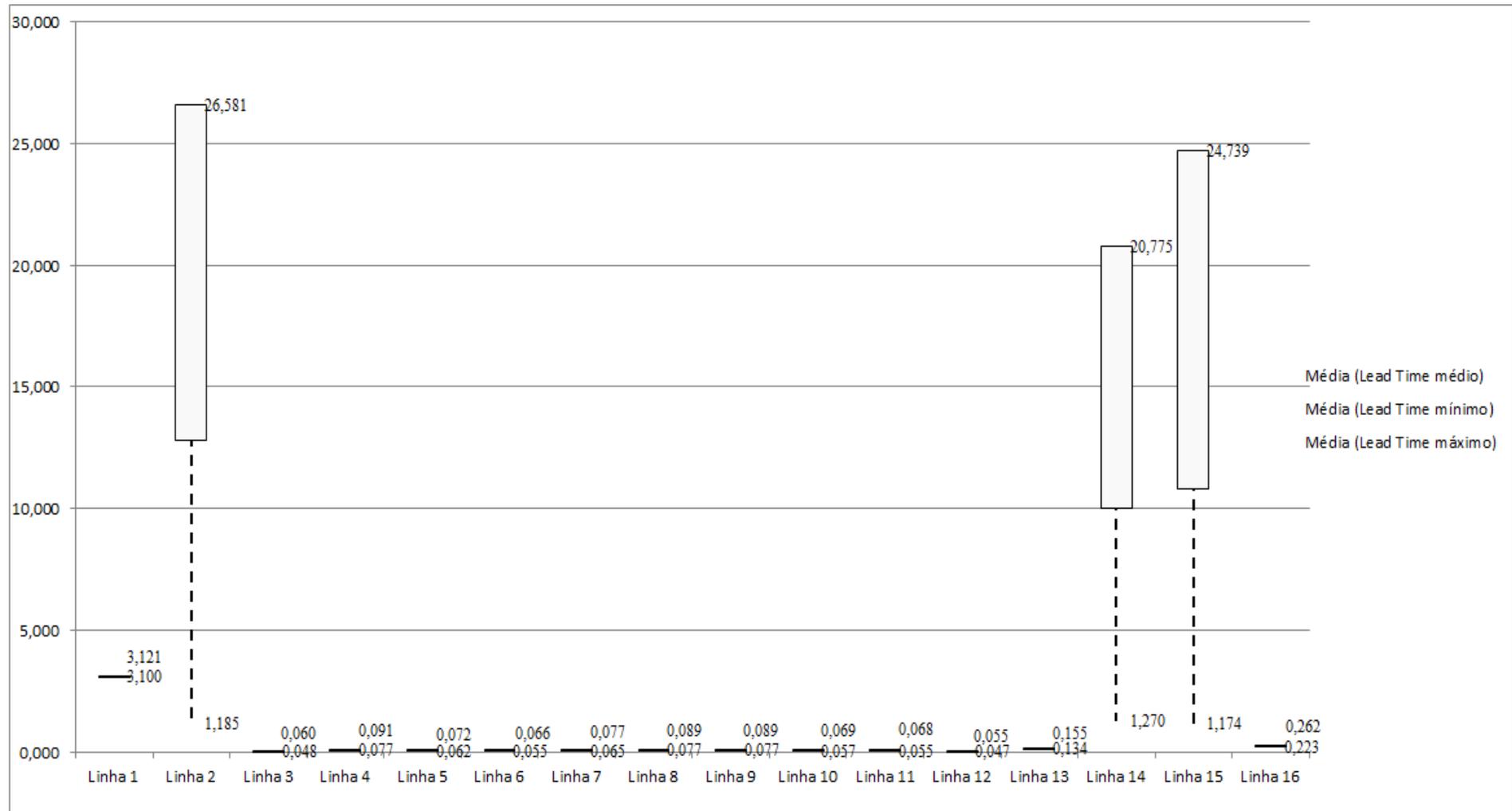
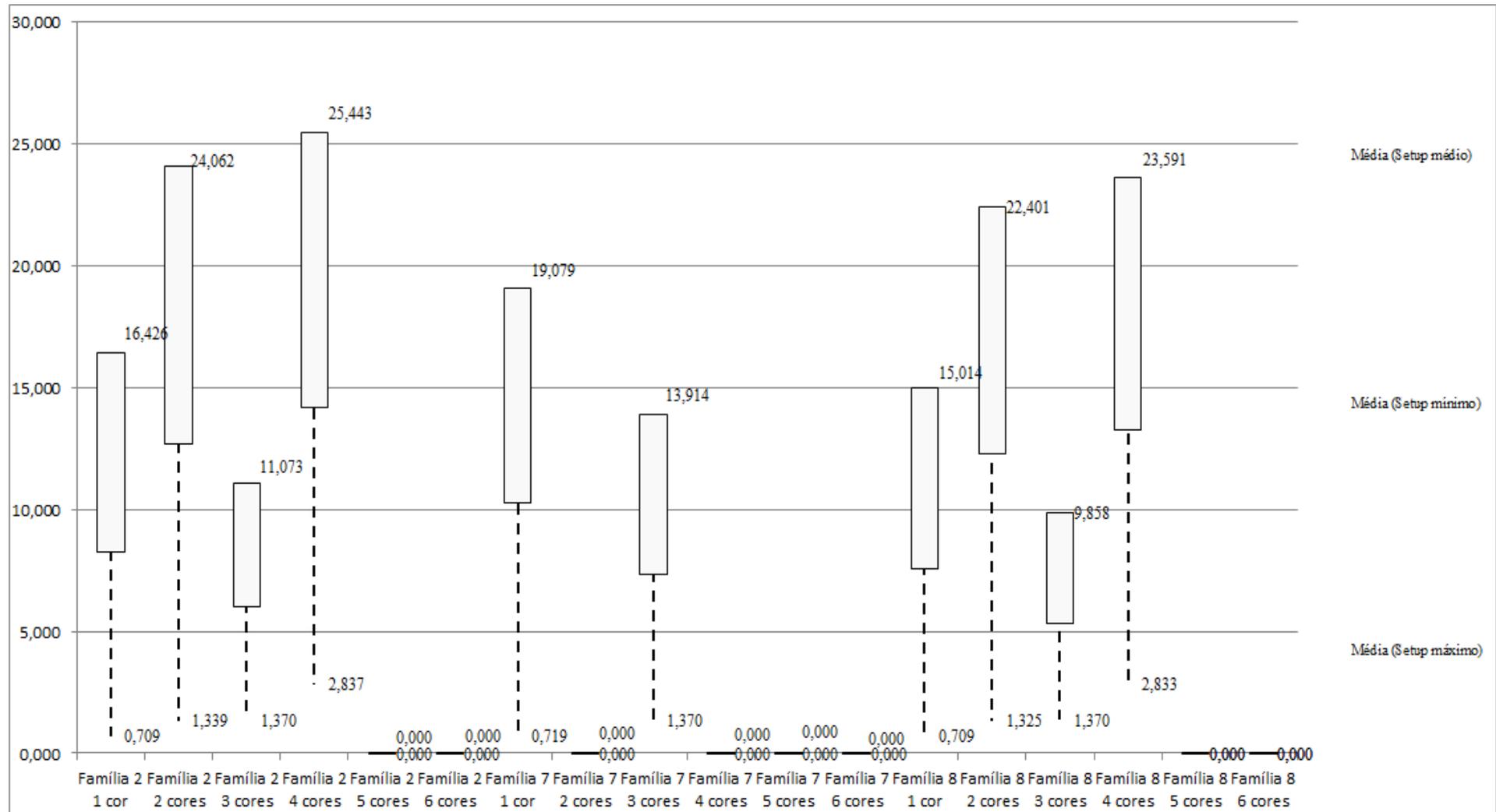




Figura 4.66 – Cenário 5 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.





No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades, enquanto que no cenário 5 a produção foi de 5.000 unidades e o estoque em processo de 2.181 unidades.

Figura 4.69 – Cenário 5 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	3,86	799,00	719,00	76,14	3,87	799,00	719,00	76,13	3,87	799,00	719,00	76,13	3,87	799,00	719,00	76,13	3,87	799,00	719,00	76,13
Família 2	Linha 2	368,33	6683,00	4000,00	2314,67	33,05	6683,00	4500,00	2149,95	32,82	6683,00	4500,00	2150,18	383,40	6683,00	4000,00	2299,60	384,13	6683,00	4000,00	2298,87
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	-1,35	4650,00	4642,35	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	-1,35	4650,00	4642,35	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00	0,00	4650,00	4641,00	9,00
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50	0,50	3721,00	3712,00	8,50
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17	0,83	1551,00	1546,00	4,17
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,00	9300,00	9282,00	18,00	-1,35	9300,00	9283,35	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00	0,00	9300,00	9282,00	18,00
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,35	15501,00	15470,00	30,65	0,35	15501,00	15470,00	30,65	1,70	15501,00	15468,65	30,65	1,70	15501,00	15468,65	30,65	1,70	15501,00	15468,65	30,65
Família 5	Linha 12	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00	0,00	102,00	102,00	0,00
Família 6	Linha 13	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87	0,13	405,00	403,00	1,87
Família 7	Linha 14	1179,76	5215,00	2000,00	2035,24	1667,14	5215,00	1500,00	2047,86	1684,93	5215,00	1500,00	2030,07	1638,23	5215,00	1500,00	2076,77	1164,52	5215,00	2000,00	2050,48
Família 8	Linha 15	252,27	7441,00	5000,00	2188,73	260,08	7441,00	5000,00	2180,92	238,05	7441,00	5000,00	2202,95	233,12	7441,00	5000,00	2207,88	265,33	7441,00	5000,00	2175,67
Família 9	Linha 16	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71	0,29	218,00	216,00	1,71
		1807,982853	86588	78034	6746,017147	1966,545591	86588	78035,34893	6586,105478	1963,423826	86588	78033,99421	6590,58196	2262,380554	86588	77533,99461	6791,62484	1822,959908	86588	78032,64548	6732,394614
		2,09%	100,00%	90,12%	7,79%	2,27%	100,00%	90,12%	7,61%	2,27%	100,00%	90,12%	7,61%	2,61%	100,00%	89,54%	7,84%	2,11%	100,00%	90,12%	7,78%

Há de acordo com a Figura 4.60 uma redução do *work in process* em função da primeira alteração do *setup* somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

Figura 4.60 – Cenário 5 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

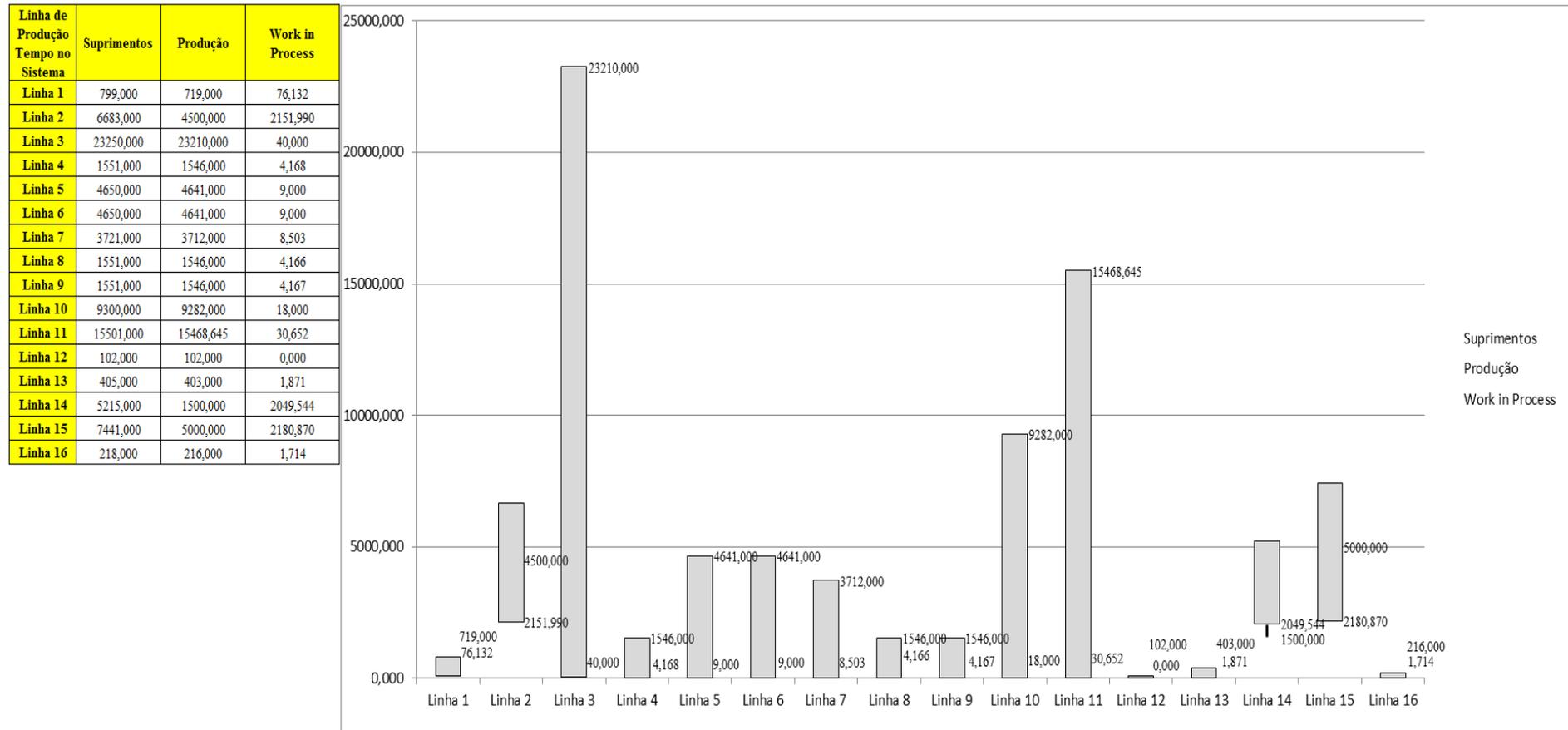
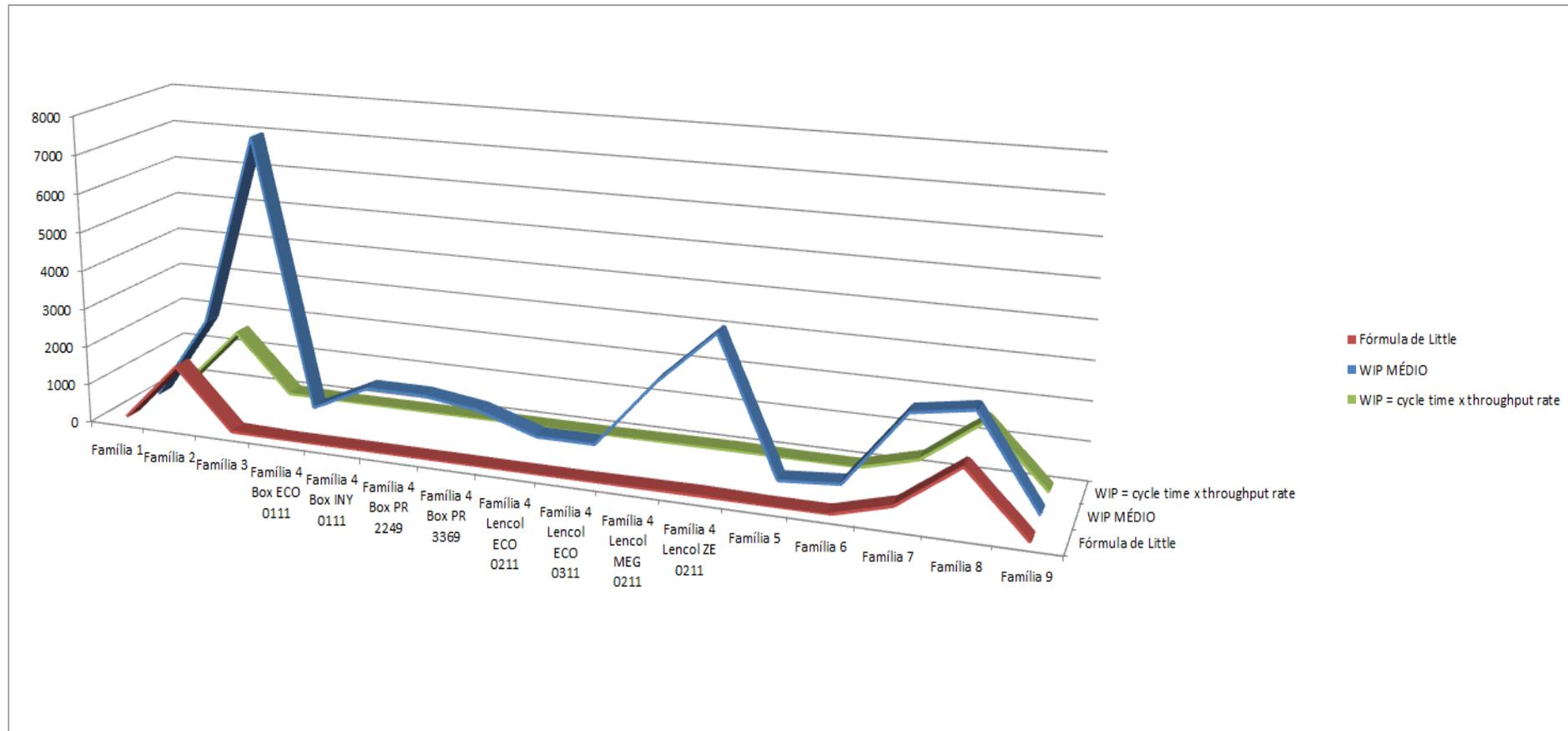


Figura 4.61 – Cenário 5 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

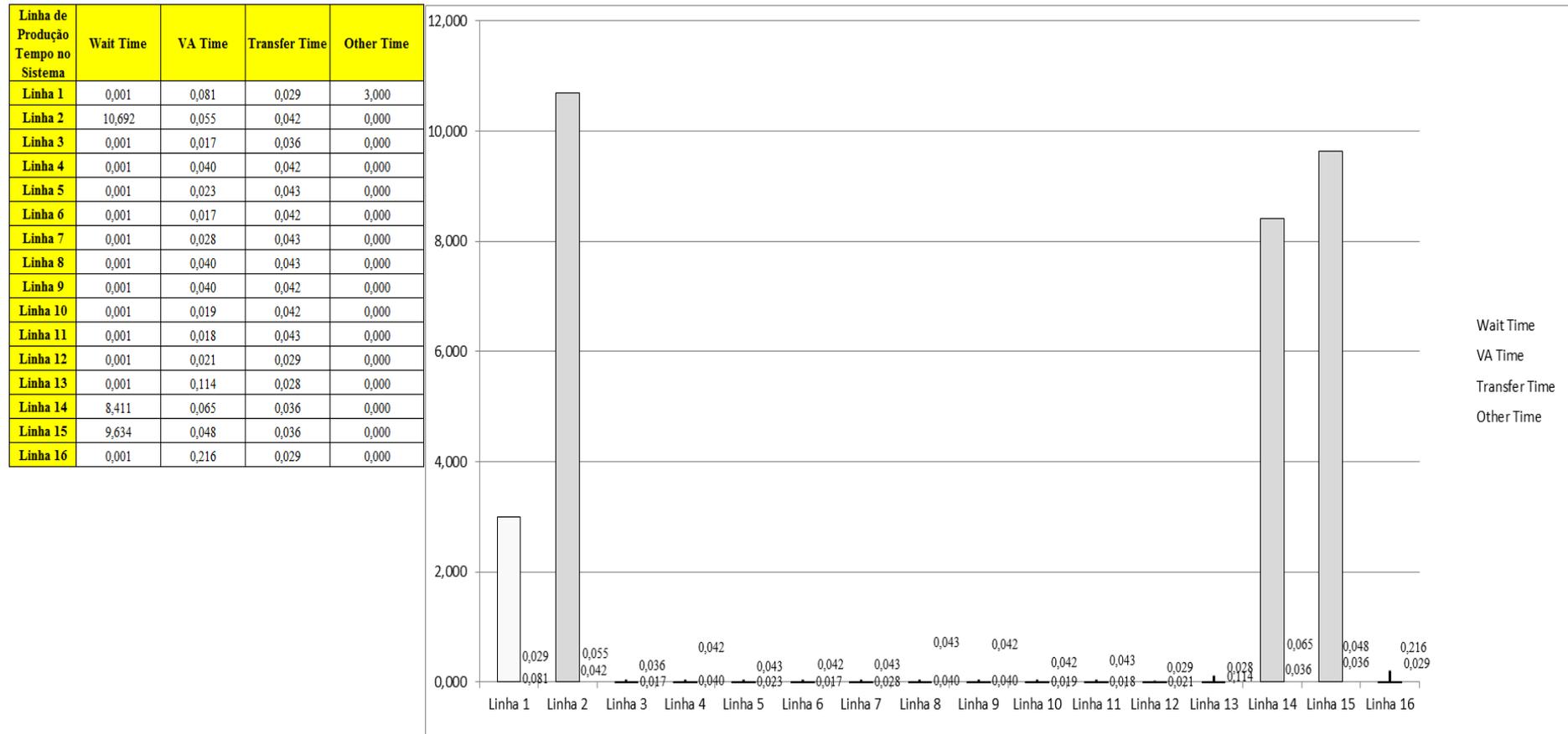


A Figura 4.61 mostra o não alinhamento entre o estoque em processo médio e os resultados da fórmula de *Little* e *cycle time x throughput*. A Figura 4.62 mostra a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo.

Figura 4.62 – Cenário 5 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,00089	0,000894
Família 2	Linha 2	10,6698	11,1566	10,996	10,2982	11,1444	10,6216	10,692	10,3749	11,0286	10,6204	11,2082	10,6911	10,5402	11,0639	11,1914	10,69203
Família 3	Linha 3	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,00099	0,000994
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,00075	0,00074	0,00073	0,00071	0,00074	0,00075	0,00073	0,0007	0,00074	0,00075	0,00072	0,00071	0,00073	0,00072	0,00071	0,000727
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,0008	0,00082	0,0008	0,00081	0,00081	0,0008	0,00082	0,00081	0,0008	0,0008	0,00081	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,000804
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,00082	0,00104	0,00082	0,00082	0,00083	0,00082	0,00084	0,00082	0,00083	0,00083	0,00084	0,00082	0,00083	0,00083	0,00082	0,000829
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,00065	0,00064	0,00065	0,00065	0,00065	0,00066	0,00065	0,00065	0,00064	0,00064	0,00064	0,00065	0,00066	0,00065	0,00065	0,000648
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,00075	0,00076	0,0008	0,00077	0,00076	0,00078	0,00076	0,00076	0,00077	0,00079	0,00077	0,00076	0,00077	0,00079	0,00077	0,000767
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,00076	0,00074	0,00078	0,00074	0,00077	0,00077	0,00076	0,00078	0,00076	0,00077	0,00073	0,00074	0,00076	0,00074	0,00073	0,000761
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,00105	0,00106	0,00106	0,00106	0,00107	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,00107	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,00106	0,001062
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119
Família 5	Linha 12	0,00081	0,00067	0,0006	0,00095	0,00093	0,00112	0,00058	0,00057	0,00061	0,00068	0,00109	0,00063	0,0009	0,0009	0,00066	0,000675
Família 6	Linha 13	0,00081	0,00077	0,00075	0,00093	0,00081	0,00083	0,00062	0,00076	0,00098	0,00089	0,00082	0,00087	0,00083	0,00075	0,00076	0,00081
Família 7	Linha 14	8,4107	8,33966	8,35071	9,48632	10,1118	8,43701	8,13708	8,27188	8,08018	8,27093	9,71127	8,41438	8,0477	8,45929	9,83201	8,4107
Família 8	Linha 15	9,613	9,64063	9,58386	9,59026	9,59666	9,56228	9,63636	9,7561	9,56983	9,70982	9,63503	9,63307	9,70076	9,73469	9,63396	9,633963
Família 9	Linha 16	0,00069	0,00084	0,00079	0,00071	0,00065	0,00065	0,00065	0,00065	0,00071	0,00076	0,00059	0,00072	0,0007	0,00074	0,00059	0,000703
		10,6698	11,1566	10,996	10,2982	11,1444	10,6216	10,692	10,3749	11,0286	10,6204	11,2082	10,6911	10,5402	11,0639	11,1914	
		21,807	26,5909	24,9601	18,4742	26,4646	21,3595	22,0151	19,1398	25,2872	21,3481	27,1257	22,006	20,6136	25,6433	26,9505	23,3191

Figura 4.63 – Cenário 5 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



Com a redução do tempo de movimentação o tempo de permanência da matéria prima no sistema também é reduzido com exceção dos produtos que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.64 – Cenário 5 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

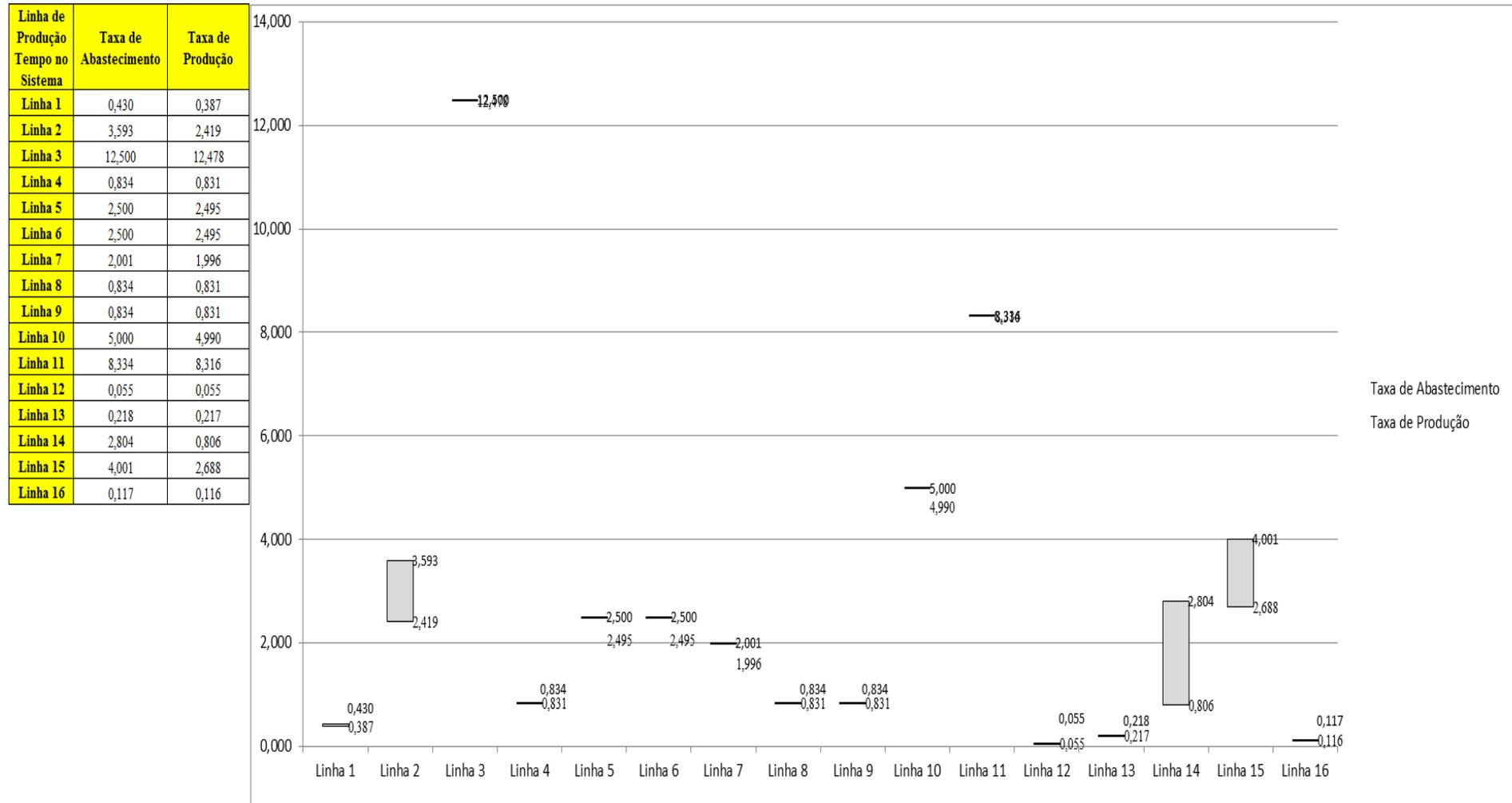


Figura 4.65 – Cenário 5 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

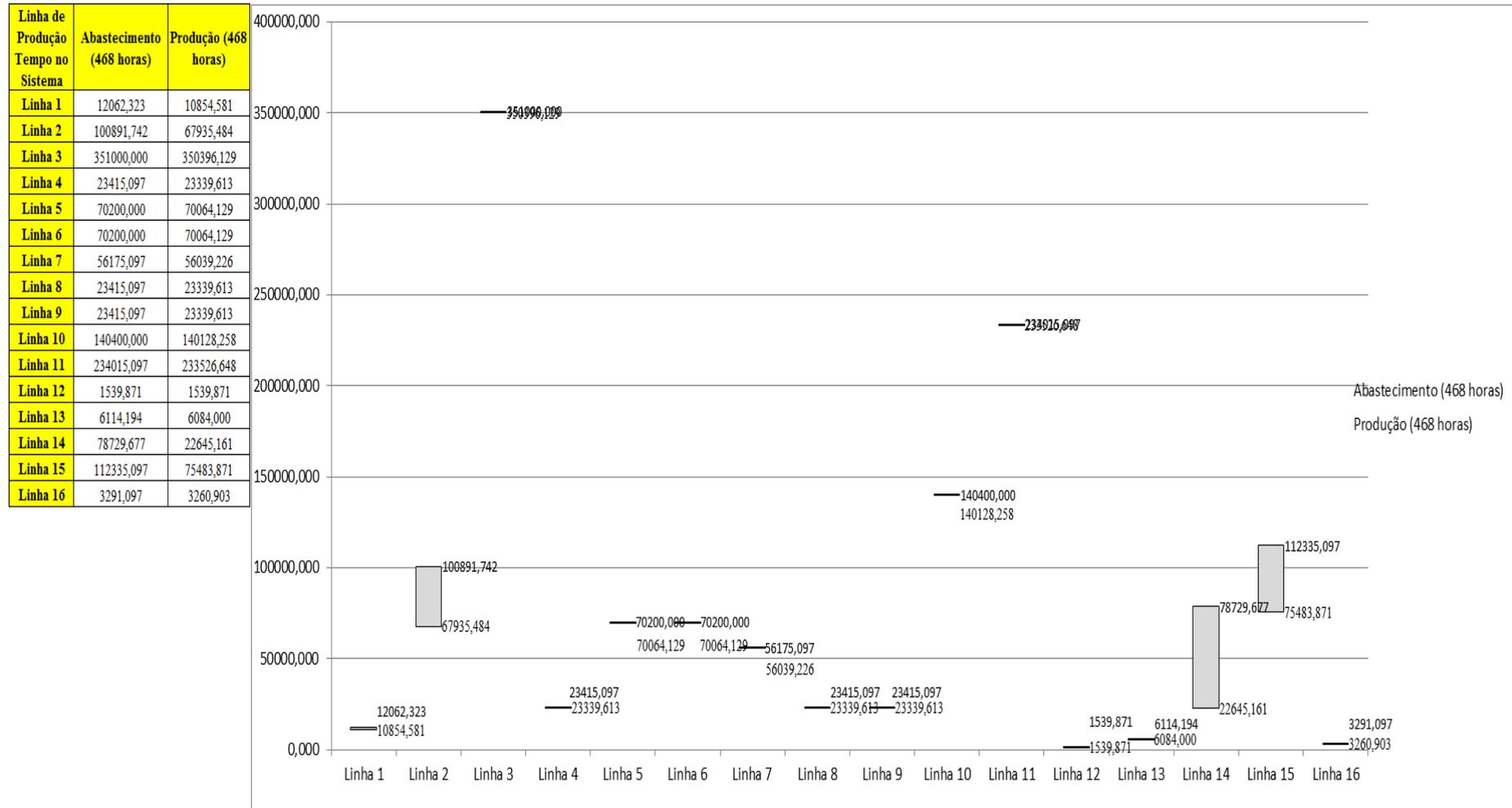


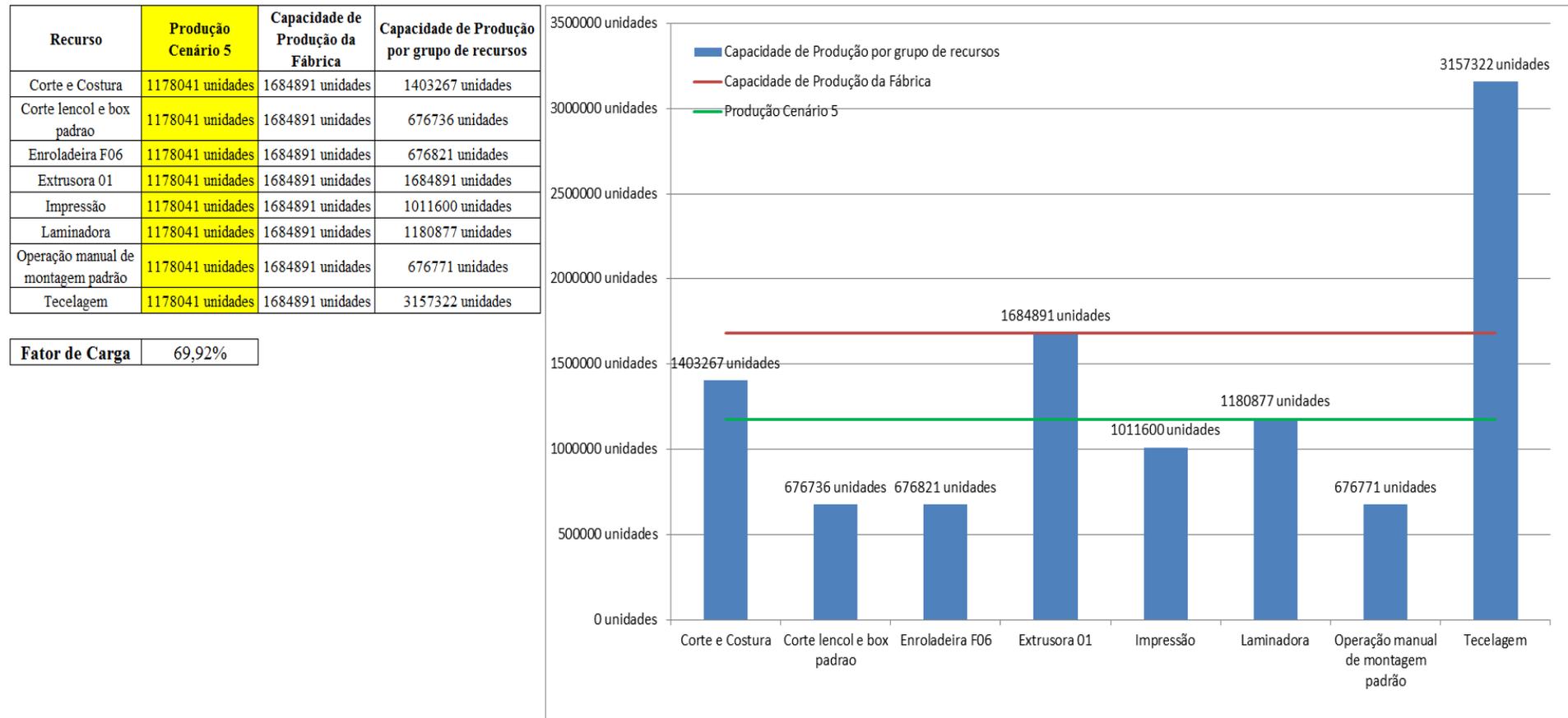
Figura 4.66 – Cenário 5 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	10,01294%	9,84000%	10,06000%	9,72895%	10,58671%	9,99190%	10,04168%	9,94722%	10,36972%
Corte e Costura Supra	1	15,41819%	15,46000%	15,69000%	15,05395%	16,06156%	15,41488%	15,38481%	15,42992%	15,73070%
Corte e Costura Taubate	1	20,46902%	20,62000%	20,81000%	20,09737%	21,17430%	20,46163%	20,42995%	20,60416%	20,66751%
Corte e Costura Vítia	1	25,28222%	25,63000%	25,81000%	24,83110%	25,97239%	25,25501%	25,12457%	25,51587%	25,48326%
Corte lencol e box padrao	1	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%
Embalagem 001	20	56,58086%	60,37000%	3,51850%	59,81870%	61,47034%	60,36889%	60,36779%	60,38410%	60,92017%
Enroladeira F06	1	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,58993%	6,56630%	6,86470%	6,26791%	7,16307%	6,56630%	6,56630%	6,62151%	6,86469%
Impressora PADANE	1	6,60355%	6,58000%	6,87990%	6,28075%	7,17851%	6,58000%	6,58000%	6,63520%	6,87925%
Laminadora	1	65,51903%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,50544%	65,52000%	65,52000%	65,52000%
Operação manual de montagem padrão	1	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%
Tear 01	1	5,96905%	5,96500%	5,96230%	5,95335%	5,97575%	5,97396%	5,96769%	5,96410%	5,96590%
Tear 02	1	11,58279%	11,56000%	11,55000%	11,65047%	11,62031%	11,57005%	11,59016%	11,58010%	11,59016%
Tear 03	1	16,59630%	16,65000%	16,67000%	16,54059%	16,53065%	16,60027%	16,58038%	16,61022%	16,59032%
Tear 04	1	8,36472%	8,37700%	8,40950%	8,35356%	8,34377%	8,34989%	8,33031%	8,39027%	8,33765%
Tear 05	1	16,02266%	16,06000%	16,22000%	15,95130%	16,07359%	16,01924%	16,11435%	15,89695%	15,99206%
Tear 06	1	22,65396%	22,73000%	22,80000%	22,55317%	22,64838%	22,56677%	22,75721%	22,73000%	22,51236%
Tear 07	1	28,18624%	28,35000%	28,30000%	28,24185%	28,21481%	28,24185%	28,17425%	28,07961%	28,17425%
Tear 08	1	33,12520%	33,17000%	33,08000%	33,29180%	33,25120%	33,06173%	33,07527%	33,08880%	33,22413%
Tear 09	1	37,26248%	37,11000%	36,89000%	37,32568%	37,08304%	37,20436%	37,16392%	37,50092%	37,75703%
Tear 10	1	40,54970%	40,44000%	40,26000%	40,50662%	40,49330%	40,71982%	40,66652%	40,65319%	40,51995%
Tear 11	1	43,78973%	43,49000%	43,09000%	43,94358%	43,87687%	43,98360%	43,61006%	43,75681%	43,57004%
Tear 12	1	46,03889%	45,80000%	45,92000%	46,14238%	45,98436%	46,06337%	45,95802%	46,01070%	46,19505%

Figura 4.67 – Cenário 5 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	10,01294%	9,62173%	10,09273%	10,02508%	10,02253%	10,06976%	9,82851%	9,96764%
Corte e Costura Supra	1	15,41819%	15,09907%	15,39984%	15,38481%	15,41488%	15,33969%	15,00883%	15,39984%
Corte e Costura Taubate	1	20,46902%	20,17656%	20,33493%	20,46163%	20,38244%	20,38244%	19,95484%	20,47747%
Corte e Costura Vitra	1	25,28222%	25,09197%	24,97784%	25,14088%	25,20609%	25,15718%	24,66806%	25,36913%
Corte lencol e box padrao	1	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%	38,00000%
Embalagem 001	20	56,58086%	59,82091%	60,37108%	60,37000%	60,37108%	60,37000%	59,81986%	60,37150%
Enroladeira F06	1	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%	0,36110%
Extrusora 01	1	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%	77,52000%
Impressora COMT	1	6,58993%	6,26791%	6,56630%	6,56630%	6,56630%	6,56630%	6,26881%	6,56630%
Impressora PADANE	1	6,60355%	6,28075%	6,58000%	6,58000%	6,58000%	6,58000%	6,27895%	6,58000%
Laminadora	1	65,51903%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%	65,52000%
Operação manual de montagem padrão	1	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%	37,99000%
Tear 01	1	5,96905%	5,96858%	5,98561%	5,99098%	5,96948%	5,96309%	5,96769%	5,96231%
Tear 02	1	11,58279%	11,60021%	11,56000%	11,52984%	11,58010%	11,58010%	11,59016%	11,59016%
Tear 03	1	16,59630%	16,57043%	16,58038%	16,61022%	16,59032%	16,62016%	16,59032%	16,61022%
Tear 04	1	8,36472%	8,41352%	8,30705%	8,39394%	8,39394%	8,35601%	8,31807%	8,39639%
Tear 05	1	16,02266%	16,06000%	16,00565%	15,96489%	15,96489%	15,97848%	15,95130%	16,08717%
Tear 06	1	22,65396%	22,58037%	22,58037%	22,70279%	22,73000%	22,55317%	22,70279%	22,66199%
Tear 07	1	28,18624%	28,13369%	28,07961%	28,35000%	28,01202%	28,17425%	28,25536%	28,01202%
Tear 08	1	33,12520%	32,98053%	33,10233%	33,06173%	33,08880%	33,42713%	33,02113%	32,95347%
Tear 09	1	37,26248%	37,28524%	37,31220%	36,97520%	37,29872%	37,33916%	37,31220%	37,37960%
Tear 10	1	40,54970%	40,42668%	41,01296%	40,67984%	40,58657%	40,42668%	40,55992%	40,29343%
Tear 11	1	43,78973%	43,62340%	44,22373%	43,73013%	43,78349%	43,85019%	44,25041%	44,06364%
Tear 12	1	46,03889%	46,32674%	45,94485%	45,98436%	46,14238%	46,05020%	46,06337%	45,99753%

Figura 4.68 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.68 somente com a 1ª alteração do *setup* da fábrica foi possível alterar o fator de carga de 69,47% para 69,92% a partir da 1ª alteração, o que é modesto com a 1ª alteração. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva.

Figura 4.69 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Turno	Grupo de Recursos	Média
1	Corte & Costura	34425,36
1	Corte lencol e box padrao	42405,35
1	Embalagem 001	78036
1	Enroladeira F06	403
3	Extrusora 01	86515,87
1	Impressoras	11000
2	Laminadora	73124
1	Operação manual de montagem padrão	42396,35
1	Tecelagem	86459,43

**capacidade produção mensal** 1903349

420

48

468

22,00

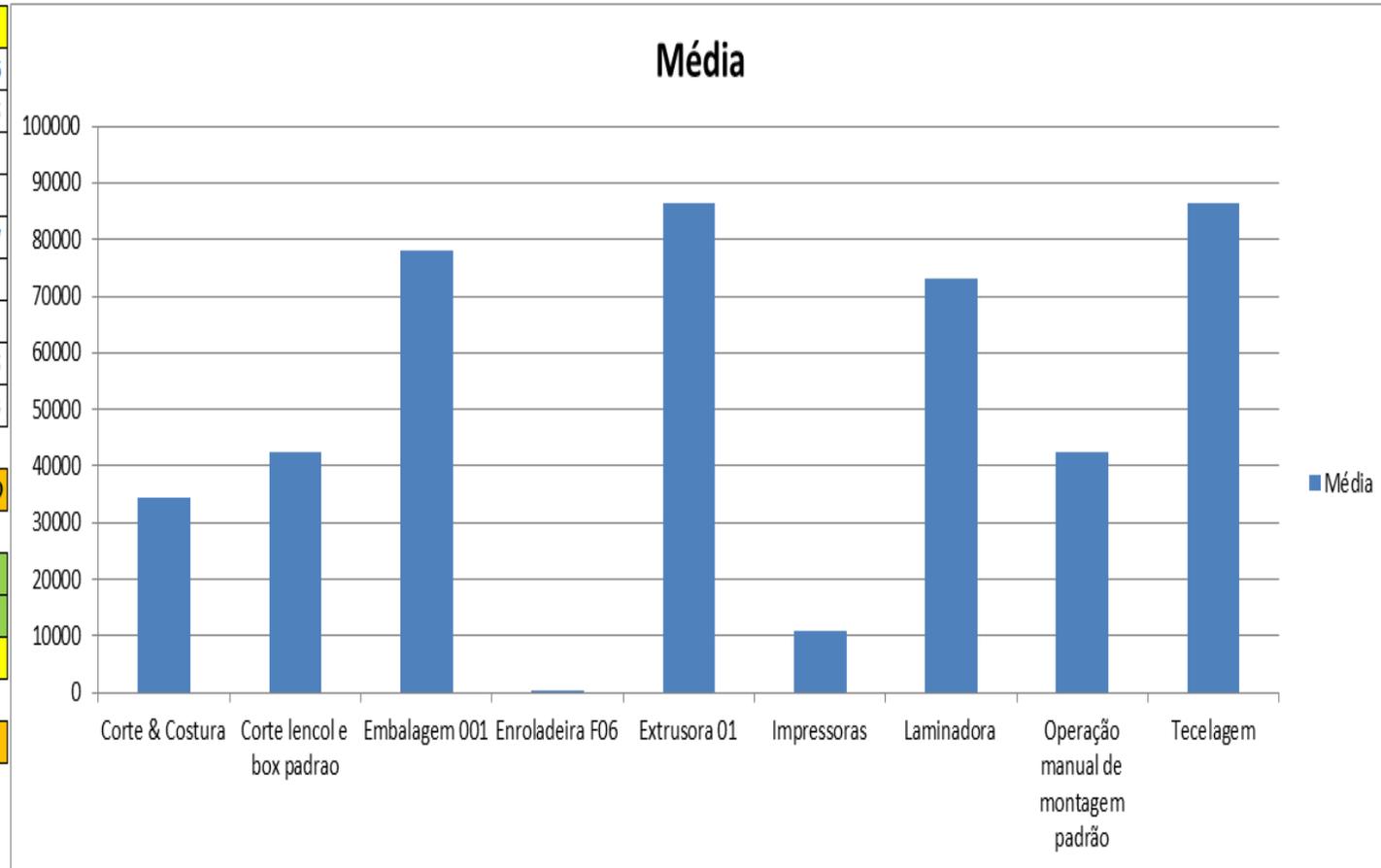


Figura 4.80 – Cenário 5 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf					Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída														
1	3,868	76,1323	799	719	1	0,00089	3,1107	0,0813	0,0286	3,00	2,328 minutos	2,587 minutos	0,430 (unid./minuto)	0,387 (unid./minuto)	12062,323	0,92%	10854,581	0,92%
2	31,010	2151,99	6683	4500	2	10,692	10,7894	0,0549	0,0425	0,00	0,278 minutos	0,413 minutos	3,593 (unid./minuto)	2,419 (unid./minuto)	100891,742	7,72%	67935,484	5,77%
3	0,000	40,0001	23250	23210	3	0,00099	0,0536	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	26,85%	350396,129	29,74%
4	0,832	4,1683	1551	1546	4	0,00073	0,0834	0,0402	0,0425	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,98%
5	0,000	9,00009	4650	4641	5	0,0008	0,0669	0,0235	0,0426	0,00	0,400 minutos	0,401 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,495 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	70064,129	5,95%
6	0,000	9	4650	4641	6	0,00083	0,0605	0,0172	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,401 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,495 (unid./minuto)	70200,000	5,37%	70064,129	5,95%
7	0,497	8,5028	3721	3712	7	0,00065	0,0709	0,0277	0,0425	0,00	0,500 minutos	0,501 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,996 (unid./minuto)	56175,097	4,30%	56039,226	4,76%
8	0,834	4,1664	1551	1546	8	0,00077	0,0834	0,0401	0,0426	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,98%
9	0,833	4,1667	1551	1546	9	0,00076	0,0834	0,0401	0,0425	0,00	1,199 minutos	1,203 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,831 (unid./minuto)	23415,097	1,79%	23339,613	1,98%
10	0,000	18	9300	9282	10	0,00106	0,0629	0,0194	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,200 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,990 (unid./minuto)	140400,000	10,74%	140128,258	11,90%
11	1,703	30,6519	15501	15469	11	0,00119	0,0614	0,0177	0,0425	0,00	0,120 minutos	0,120 minutos	8,334 (unid./minuto)	8,316 (unid./minuto)	234015,097	17,90%	233526,648	19,82%
12	0,000	0	102	102	12	0,00068	0,0504	0,0210	0,0287	0,00	18,235 minutos	18,235 minutos	0,055 (unid./minuto)	0,055 (unid./minuto)	1539,871	0,12%	1539,871	0,13%
13	0,129	1,87118	405	403	13	0,00081	0,1432	0,1139	0,0285	0,00	4,593 minutos	4,615 minutos	0,218 (unid./minuto)	0,217 (unid./minuto)	6114,194	0,47%	6084,000	0,52%
14	1665,456	2049,54	5215	1500	14	8,4107	8,5115	0,0652	0,0356	0,00	0,357 minutos	1,240 minutos	2,804 (unid./minuto)	0,806 (unid./minuto)	78729,677	6,02%	22645,161	1,92%
15	260,130	2180,87	7441	5000	15	9,63396	9,7173	0,0478	0,0356	0,00	0,250 minutos	0,372 minutos	4,001 (unid./minuto)	2,688 (unid./minuto)	112335,097	8,59%	75483,871	6,41%
16	0,286	1,71411	218	216	16	0,0007	0,2456	0,2163	0,0286	0,00	8,532 minutos	8,611 minutos	0,117 (unid./minuto)	0,116 (unid./minuto)	3291,097	0,25%	3260,903	0,28%
	1965,577	6589,78	86588	78033		28,7476	33,1945	0,8432	0,6038	0,00			46,553 (unid./minuto)	41,953 (unid./minuto)	1307199,484		1178041,229	
	2,27%	7,61%	100,00%	90,12%		86,60%	100,00%	2,54%	1,82%	0,00%					90,119%			

De acordo com os resultados da Figura 4.60 e 4.80 a produção do cenário 4 é de 1.170.477 o que corresponde a 89,541% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção, contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% do mesmo volume de matéria prima de abastecimento realizada para ambos os cenários, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229 o que corresponde a 90,11%. O volume de matéria prima do abastecimento pode não ser suficiente para manter os recursos ocupados dentro de um equilíbrio de capacidade, mas foi mais bem aproveitada no cenário 5 transformando em torno de 26,749% a mais de matéria prima em produtos acabados do que no cenário 2, somente em função da adequação do *layout* e do *setup*. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado não chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo.



Figura 4.83 – Cenário 6 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

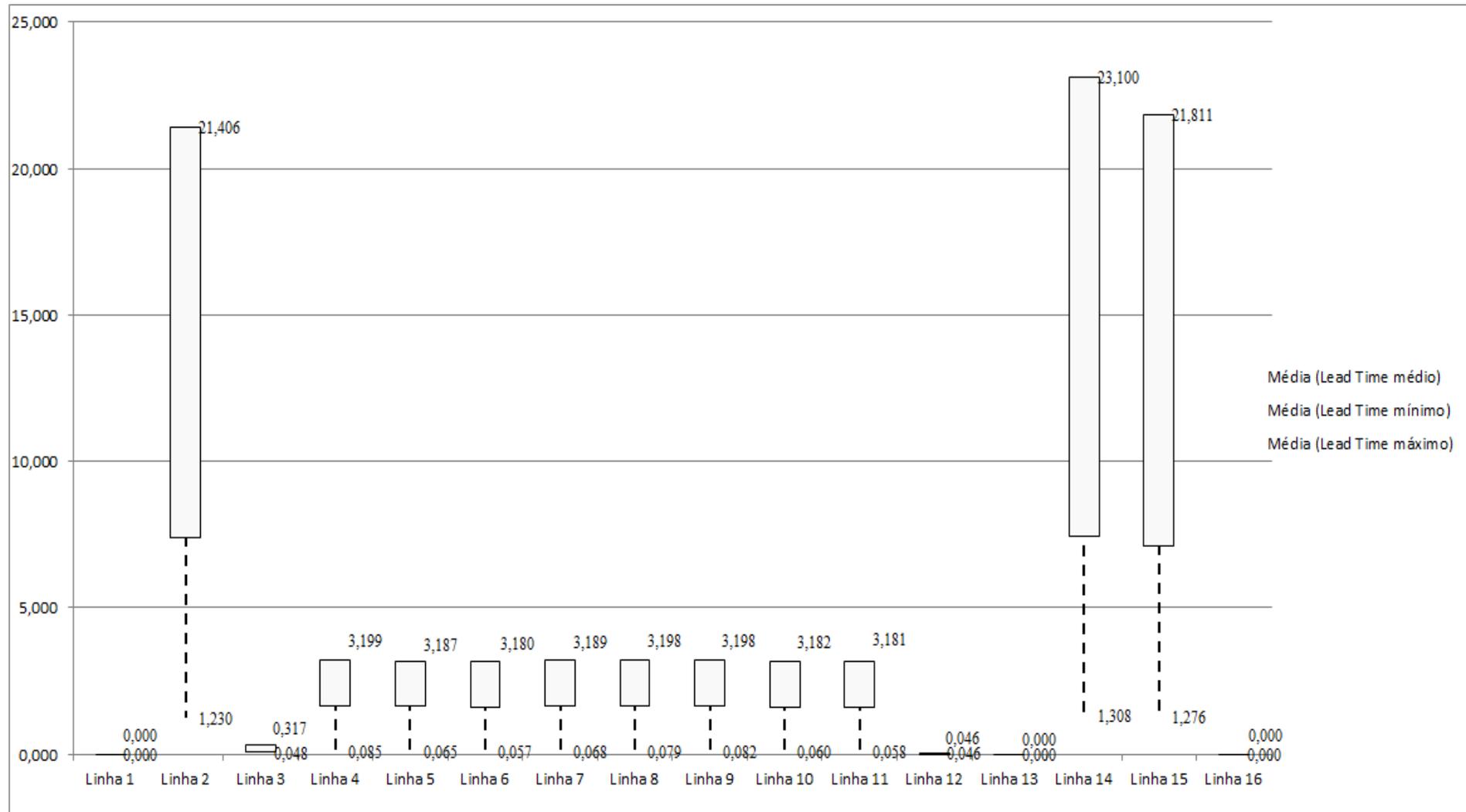


Figura 4.84 – Cenário 6 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	3,505	0,565	7,014	3,39059	0,5645	7,01334	3,55498	0,56435	7,30738	3,53627	0,56435	7,18273	3,84595	0,56435	7,80643	3,79738	0,56435	7,49568	3,87867	0,56435	7,13324	3,46514	0,5645	7,38635
Família 2 2 cores	5,849	1,037	11,177	5,8533	1,0365	11,5787	5,84732	1,0365	11,2054	5,56176	1,0365	10,8647	5,86554	1,0365	11,5751	5,64185	1,0365	11,1777	5,92951	1,0365	11,3541	5,67484	1,06741	11,025
Família 2 3 cores	3,368	1,509	5,184	3,53953	1,5085	5,5504	3,46207	1,5085	5,26342	3,43137	1,5085	5,29539	3,47767	1,5085	5,30205	3,42876	1,5085	5,26643	3,37554	1,5085	5,04021	3,36861	1,5085	5,20622
Família 2 4 cores	7,191	2,650	11,737	7,11335	2,67345	11,4001	6,94461	2,6495	11,3215	7,13633	2,6495	11,7388	7,00407	2,6495	11,4282	7,06618	2,6495	11,5376	7,18156	2,68424	11,8233	7,28972	2,6495	11,9217
Família 2 5 cores	11,634	2,505	21,401	11,2644	2,51632	20,3182	11,2592	2,505	20,1636	11,3895	2,505	20,7068	11,949	2,505	21,2329	11,7054	2,505	20,9993	11,2772	2,52142	20,8382	11,8705	2,505	21,5355
Família 2 6 cores	12,539	2,832	21,559	12,234	2,8384	20,7968	12,2646	2,832	20,8115	12,2457	2,832	20,9724	13,0252	2,832	21,7411	12,6283	2,832	21,2739	12,1098	2,84128	21,1034	12,6143	2,832	21,4759
Família 7 1 cor	3,720	0,565	6,882	3,52383	0,5645	6,38328	3,60775	0,5645	6,32991	3,59192	0,5645	6,43467	4,01816	0,5645	6,95507	3,83024	0,5645	6,74066	3,49669	0,5645	6,4696	3,82015	0,5645	6,86032
Família 7 2 cores	5,440	1,037	10,279	5,34818	1,0365	10,0716	5,37726	1,0365	10,1598	5,29989	1,0365	10,0524	5,71465	1,0365	10,5327	5,48413	1,0365	10,1994	5,23448	1,0365	10,1142	5,39479	1,0365	10,1345
Família 7 3 cores	3,302	1,509	5,292	3,36439	1,5085	5,46232	3,3252	1,5085	5,59425	3,24534	1,5085	5,40306	3,3705	1,5085	5,49748	3,25748	1,5085	5,31914	3,25046	1,5085	5,43979	3,15798	1,5085	5,16021
Família 7 4 cores	6,885	2,380	11,359	7,03404	2,3804	11,494	6,85937	2,38073	11,7611	6,87066	2,3804	11,5297	6,75828	2,3804	11,6198	6,7653	2,3804	11,1853	6,73733	2,3804	11,4323	6,69292	2,3804	11,0297
Família 7 5 cores	12,335	2,887	21,051	12,5292	2,8865	21,163	12,6569	2,8865	21,5561	11,8351	2,8865	20,4269	12,4594	2,8865	20,9947	12,1546	2,8865	20,8081	12,3803	2,8865	21,4057	12,3205	2,8865	20,7368
Família 7 6 cores	12,451	3,425	21,399	12,5351	3,4248	21,7443	12,4074	3,4248	21,8897	12,3321	3,4248	21,5317	12,6754	3,4248	21,8391	12,3263	3,4248	21,3464	12,3951	3,4248	21,6941	12,2769	3,4248	21,2398
Família 8 1 cor	3,774	0,565	7,477	3,86497	0,5645	7,41474	3,7183	0,56466	7,57989	3,82196	0,5645	7,5454	3,55571	0,5645	7,53062	3,69259	0,5645	7,21056	3,66995	0,5645	7,36527	3,72697	0,5645	7,23032
Família 8 2 cores	5,494	1,037	10,168	5,56226	1,0365	9,94969	5,74127	1,0365	10,0759	5,14208	1,0365	9,35242	5,48993	1,03878	9,7195	5,4065	1,0365	9,8819	5,6192	1,0365	10,2274	5,71983	1,0365	10,1184
Família 8 3 cores	3,314	1,509	5,370	3,32647	1,5085	5,22955	3,3404	1,5085	5,45265	3,38318	1,5085	5,45493	3,2961	1,5085	5,36361	3,36966	1,5085	5,56868	3,32148	1,5085	5,24346	3,37561	1,5085	5,46763
Família 8 4 cores	6,696	2,258	11,197	6,65944	2,2583	11,1997	6,60151	2,2583	11,0727	6,68258	2,2583	11,1025	6,79793	2,2583	11,2245	6,65168	2,2583	11,0862	6,73986	2,2583	11,1949	6,80033	2,2583	11,3109
Família 8 5 cores	11,976	2,497	21,428	12,0736	2,4968	20,9173	12,2939	2,4968	21,4954	11,718	2,4968	20,7377	11,9399	2,49954	20,9423	11,9818	2,4968	21,5225	12,1267	2,4968	21,2377	12,3341	2,4968	21,5701
Família 8 6 cores	12,063	3,255	21,436	12,0527	3,2549	21,1578	12,0259	3,2549	21,4816	12,1768	3,2549	21,5147	12,1222	3,2549	21,4492	12,1243	3,2549	21,7261	12,1161	3,2549	21,181	12,2691	3,2549	21,7395

Figura 4.85 – Cenário 6 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	3,61144	0,56435	7,19653	3,57641	0,56435	7,19734	3,51495	0,56435	7,23164	3,87598	0,56435	7,98747	3,61074	0,56435	7,34492	3,56109	0,56435	7,35262	3,66534	0,56435	7,60071
Família 2 2 cores	5,61059	1,0365	11,0843	5,78966	1,0365	11,5577	5,94353	1,12933	10,9854	6,03991	1,0365	11,9081	5,57508	1,0365	11,5164	5,62424	1,08549	11,0537	6,17102	1,0365	11,2139
Família 2 3 cores	3,45762	1,5085	5,20834	3,41761	1,5085	5,208	3,52379	1,5085	5,25659	3,37666	1,5085	5,26884	3,44504	1,5085	5,32465	3,49651	1,5085	5,35399	3,52024	1,5085	5,28915
Família 2 4 cores	7,02957	2,6495	11,4534	7,09313	2,6495	11,4907	7,11534	2,6495	11,6421	7,05503	2,6495	11,4809	7,02953	2,6495	11,3365	7,05616	2,6495	11,5455	6,99662	2,6495	11,3572
Família 2 5 cores	11,0034	2,505	19,8749	11,1986	2,505	20,1352	11,4616	2,505	20,9773	11,7104	2,505	21,0698	10,9127	2,505	19,8533	11,8313	2,505	21,5084	11,2844	2,505	20,5666
Família 2 6 cores	11,8971	2,83207	20,3946	12,1469	2,832	20,4904	12,3619	2,832	21,1964	12,6201	2,832	21,4475	11,8101	2,832	20,3661	12,7369	2,832	21,7833	12,2744	2,83207	21,0238
Família 7 1 cor	3,4002	0,5645	6,06691	3,49217	0,5645	6,21246	3,64887	0,5645	6,66522	3,83917	0,5645	6,8193	3,34223	0,5645	6,12156	3,91591	0,5645	7,0635	3,597	0,5645	6,56821
Família 7 2 cores	5,17795	1,03655	9,90102	5,30338	1,0365	9,86732	5,36704	1,0365	10,1361	5,47473	1,0365	10,3311	5,14485	1,0365	9,88423	5,51955	1,0365	10,4406	5,37389	1,03655	10,1687
Família 7 3 cores	3,26747	1,50865	5,53	3,33811	1,5085	5,38336	3,27631	1,5085	5,31196	3,23814	1,5085	5,39421	3,27874	1,5085	5,47067	3,22443	1,5085	5,31921	3,33065	1,50865	5,42016
Família 7 4 cores	6,80836	2,38052	11,4901	6,90216	2,3804	11,3941	6,65786	2,3804	11,129	6,77037	2,3804	11,4599	6,86951	2,3804	11,502	6,8569	2,3804	11,3227	6,74552	2,38052	11,0428
Família 7 5 cores	12,2459	2,88664	20,8147	12,5467	2,8865	21,3242	12,1961	2,8865	20,7673	12,2879	2,8865	21,0075	12,0273	2,8865	20,9891	12,4154	2,8865	21,268	12,6269	2,88664	21,144
Família 7 6 cores	12,3585	3,42497	21,8897	12,6337	3,4248	21,6553	12,4798	3,4248	21,5241	12,3835	3,4248	21,7138	12,5329	3,4248	21,9113	12,3592	3,4248	21,587	12,5379	3,42497	21,8215
Família 8 1 cor	3,72837	0,5645	7,31399	3,75045	0,5645	7,39479	3,5533	0,5645	7,35854	3,72025	0,5645	7,46602	3,78252	0,5645	7,41338	3,83077	0,5645	7,39137	3,58726	0,5645	6,88026
Família 8 2 cores	5,47123	1,0365	9,48315	5,62163	1,0365	10,257	5,41212	1,0365	9,85629	5,55744	1,0365	9,93028	5,25769	1,0365	9,7656	5,69379	1,0365	10,326	5,70546	1,0365	10,0123
Família 8 3 cores	3,31742	1,5085	5,37377	3,28937	1,5085	5,28237	3,41705	1,5085	5,4374	3,28729	1,5085	5,30222	3,36315	1,5085	5,39626	3,34036	1,5085	5,40058	3,35406	1,5085	5,32735
Família 8 4 cores	6,666	2,2583	11,2087	6,81881	2,2583	11,2736	6,77857	2,2583	11,2873	6,75238	2,2583	11,3119	6,83072	2,2583	11,3568	6,75409	2,2583	11,3378	6,7309	2,2583	11,3697
Família 8 5 cores	11,958	2,4968	20,7135	12,0713	2,4968	21,3466	12,0736	2,4968	21,2336	11,9975	2,4968	21,0419	11,8079	2,4968	21,056	12,2421	2,4968	21,6551	12,2795	2,4968	21,1785
Família 8 6 cores	12,0422	3,2549	21,4543	12,1287	3,2549	21,334	12,3249	3,2549	21,6566	12,0651	3,2549	21,4103	12,2738	3,2549	21,641	12,1632	3,2549	21,6314	12,1673	3,2549	21,5158

Figura 4.86 – Cenário 6 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

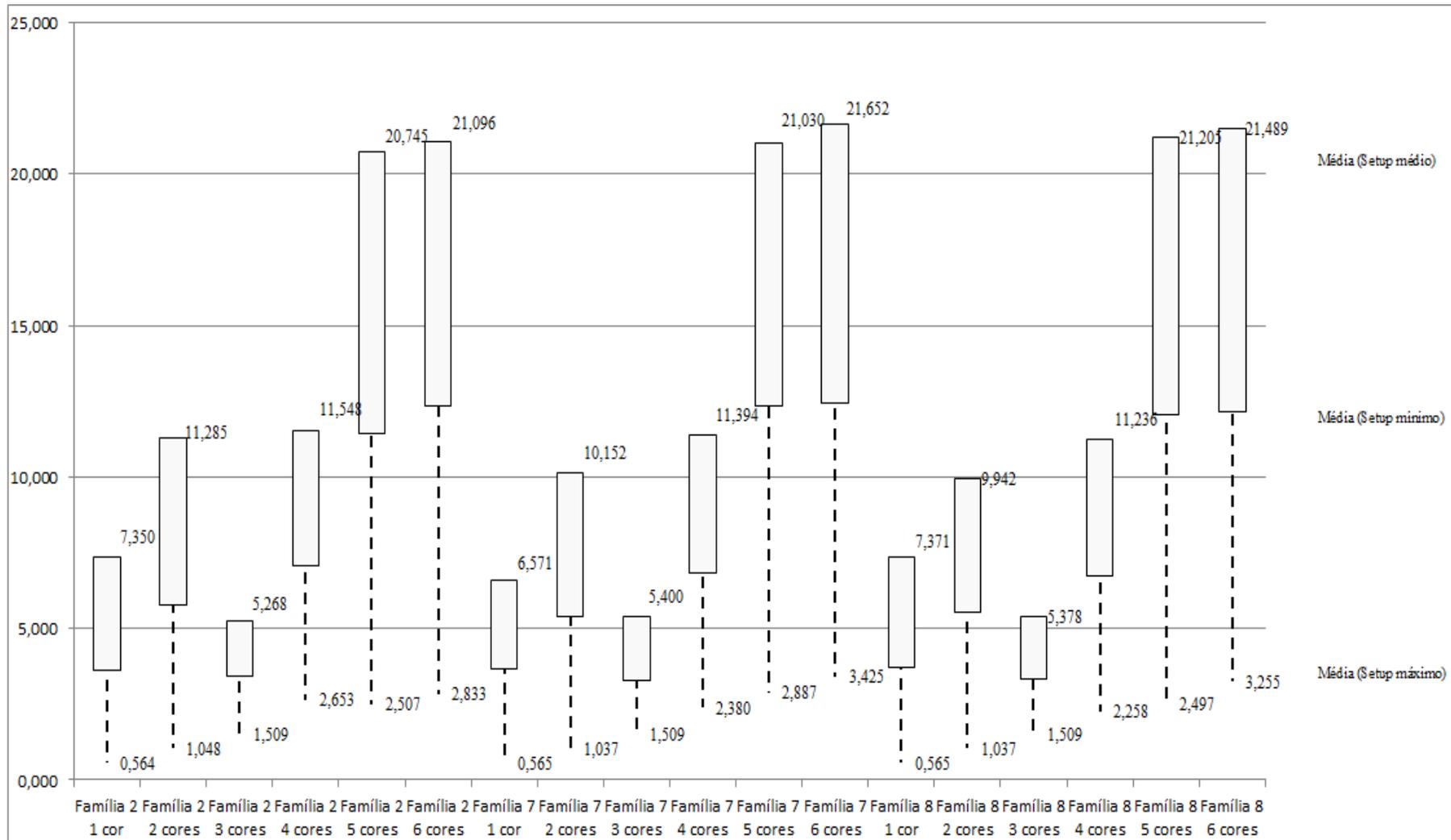


Figura 4.87 – Cenário 6 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5							
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP				
Família 1	Linha 1	399,36	799,00	0,00	399,64	399,36	799,00	0,00	399,64	399,36	799,00	0,00	399,64	399,36	799,00	0,00	399,64	399,36	799,00	0,00	399,64	399,36	799,00	0,00	399,64
Família 2	Linha 2	0,00	18601,00	14840,00	3761,00	1361,76	18601,00	13191,11	4048,13	1429,90	18601,00	13191,11	3979,99	-1253,13	18601,00	16488,89	3365,24	1344,75	18601,00	13191,11	4065,14				
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00				
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87				
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	233,89	4650,00	4173,00	243,11	233,89	4650,00	4173,00	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11				
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19				
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00				
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87				
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86				
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	469,91	9300,00	8345,00	485,09	471,13	9300,00	8343,79	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	471,12	9300,00	8343,79	485,09				
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	784,31	15501,00	13909,00	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	786,75	15501,00	13906,56	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69				
Família 5	Linha 12	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00					
Família 6	Linha 13	202,33	405,00	0,00	202,67	202,34	405,00	0,00	202,66	202,34	405,00	0,00	202,66	202,33	405,00	0,00	202,67	202,34	405,00	0,00					
Família 7	Linha 14	713,01	18601,00	14000,00	3887,99	715,10	18601,00	14000,00	3885,90	718,14	18601,00	14000,00	3882,86	-3881,64	18601,00	18666,67	3815,97	-3998,99	18601,00	18666,67	3933,32				
Família 8	Linha 15	772,91	18601,00	14000,00	3828,09	781,98	18601,00	14000,00	3819,02	781,71	18601,00	14000,00	3819,29	742,28	18601,00	14000,00	3858,72	798,30	18601,00	14000,00	3802,70				
Família 9	Linha 16	108,73	218,00	0,00	109,27	108,71	218,00	0,00	109,29	108,71	218,00	0,00	109,29	108,72	218,00	0,00	109,28	108,74	218,00	0,00					
		4394,3345	123052	104160	14497,6655	5769,672903	123052	102508,6805	14773,64659	5839,377543	123052	102509,8885	14702,73395	-1484,077381	123052	110475,5508	14060,52659	1053,727116	123052	107176,5603	14821,71263				
		3,57%	100,00%	84,65%	11,78%	4,69%	100,00%	83,31%	12,01%	4,75%	100,00%	83,31%	11,95%	-1,21%	100,00%	89,78%	11,43%	0,86%	100,00%	87,10%	12,05%				

Figura 4.88 – Cenário 6 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10							
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP																
Família 1	Linha 1	399,36	799,00	0,00	399,64	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,64				
Família 2	Linha 2	-105,88	18601,00	14840,00	3866,88	-144,56	18601,00	14882,87	3862,69	-1261,97	18601,00	16488,89	3374,08	1415,72	18601,00	13191,11	3994,17	-109,79	18601,00	14840,00	3870,79				
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00				
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87				
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	233,89	4650,00	4173,00	243,11	233,89	4650,00	4173,00	243,11	232,69	4650,00	4173,00	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11				
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	232,60	4650,00	4175,21	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	232,60	4650,00	4175,21	242,19				
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00				
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87				
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,87	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86				
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	469,91	9300,00	8345,00	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	468,70	9300,00	8346,21	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09				
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	786,74	15501,00	13906,56	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69				
Família 5	Linha 12	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00					
Família 6	Linha 13	202,34	405,00	0,00	202,66	202,33	405,00	0,00	202,67	202,34	405,00	0,00	202,66	202,34	405,00	0,00	202,66	202,33	405,00	0,00					
Família 7	Linha 14	734,95	18601,00	14000,00	3866,05	739,70	18601,00	14000,00	3861,30	744,29	18601,00	14000,00	3856,71	748,69	18601,00	14000,00	3852,31	756,41	18601,00	14000,00	3844,59				
Família 8	Linha 15	793,96	18601,00	14000,00	3807,04	785,77	18601,00	14000,00	3815,23	726,37	18601,00	14000,00	3874,63	804,45	18601,00	14000,00	3796,55	751,20	18601,00	14000,00	3849,80				
Família 9	Linha 16	108,72	218,00	0,00	109,28	108,72	218,00	0,00	109,28	108,73	218,00	0,00	109,27	108,73	218,00	0,00	109,27	108,72	218,00	0,00					
		4333,862876	123052	104157,5643	14560,57281	4290,550404	123052	104201,6533	14559,79633	3117,130991	123052	105808,8841	14125,98494	5876,096941	123052	102512,3191	14663,58395	4305,025019	123052	104161,2083	14585,76672				
		3,52%	100,00%	84,65%	11,83%	3,49%	100,00%	84,68%	11,83%	2,53%	100,00%	85,99%	11,48%	4,78%	100,00%	83,31%	11,92%	3,50%	100,00%	84,65%	11,85%				

A Figura 4.90 indica que a 1ª e a 2ª alteração do *setup*, como desejado reduziu o estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, mesmo com o aumento da taxa de abastecimento. No caso da linha 2 (Família 2) a produção no cenário 4 é de 4.000 unidades com estoque em processo de 2.333 unidades (58%) enquanto que no cenário 6 a produção foi de 14.840 unidades e o estoque em processo de 3.761 unidades (25%).

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades enquanto que no cenário 6 a produção foi de 14.000 unidades e o estoque em processo de 3.888 unidades.

No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades enquanto que no cenário 6 a produção foi de 14.000 unidades e o estoque em processo de 3.3829 unidades.

Figura 4.89 – Cenário 6 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	399,36	799,00	0,00	399,64	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,62	399,38	799,00	0,00	399,62
Família 2	Linha 2	1364,58	18601,00	13191,11	4045,31	-103,64	18601,00	14840,00	3864,64	-92,04	18601,00	14840,00	3853,04	1390,91	18601,00	13191,11	4018,98	1392,18	18601,00	13191,11	4017,71
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	233,89	4650,00	4173,00	243,11	233,89	4650,00	4173,00	243,11	233,89	4650,00	4173,00	243,11	232,67	4650,00	4174,21	243,11	233,89	4650,00	4173,00	243,11
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	232,60	4650,00	4175,21	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19	233,81	4650,00	4174,00	242,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00	188,00	3721,00	3338,00	195,00
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,13	1551,00	1390,00	81,87	79,12	1551,00	1390,00	81,88
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86	79,14	1551,00	1390,00	81,86
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	469,91	9300,00	8345,00	485,09	468,70	9300,00	8346,21	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09	469,91	9300,00	8345,00	485,09
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	784,31	15501,00	13909,00	807,69	784,31	15501,00	13909,00	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69	785,53	15501,00	13907,78	807,69
Família 5	Linha 12	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32	50,68	102,00	1,00	50,32
Família 6	Linha 13	202,34	405,00	0,00	202,66	202,33	405,00	0,00	202,67	202,34	405,00	0,00	202,66	202,33	405,00	0,00	202,67	202,34	405,00	0,00	202,66
Família 7	Linha 14	-3900,02	18601,00	18666,67	3834,36	742,87	18601,00	14000,00	3858,13	776,38	18601,00	14000,00	3824,62	688,41	18601,00	14000,00	3912,59	-3928,73	18601,00	18666,67	3863,07
Família 8	Linha 15	759,11	18601,00	14000,00	3841,89	772,83	18601,00	14000,00	3828,17	734,14	18601,00	14000,00	3866,86	725,49	18601,00	14000,00	3875,51	782,04	18601,00	14000,00	3818,96
Família 9	Linha 16	108,71	218,00	0,00	109,29	108,71	218,00	0,00	109,29	108,72	218,00	0,00	109,28	108,73	218,00	0,00	109,27	108,71	218,00	0,00	109,29
		1132,079799	123052	107177,7778	14742,14242	4319,259822	123052	104161,2128	14571,52742	4326,929726	123052	104159,9952	14565,0751	5713,254724	123052	102511,1063	14827,63893	1155,132746	123052	107176,5599	14720,30732
		0,92%	100,00%	87,10%	11,98%	3,51%	100,00%	84,65%	11,84%	3,52%	100,00%	84,65%	11,84%	4,64%	100,00%	83,31%	12,05%	0,94%	100,00%	87,10%	11,96%

Há de acordo com a Figura 4.90, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira e da segunda alteração do *setup*, somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

Figura 4.90 – Cenário 6 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

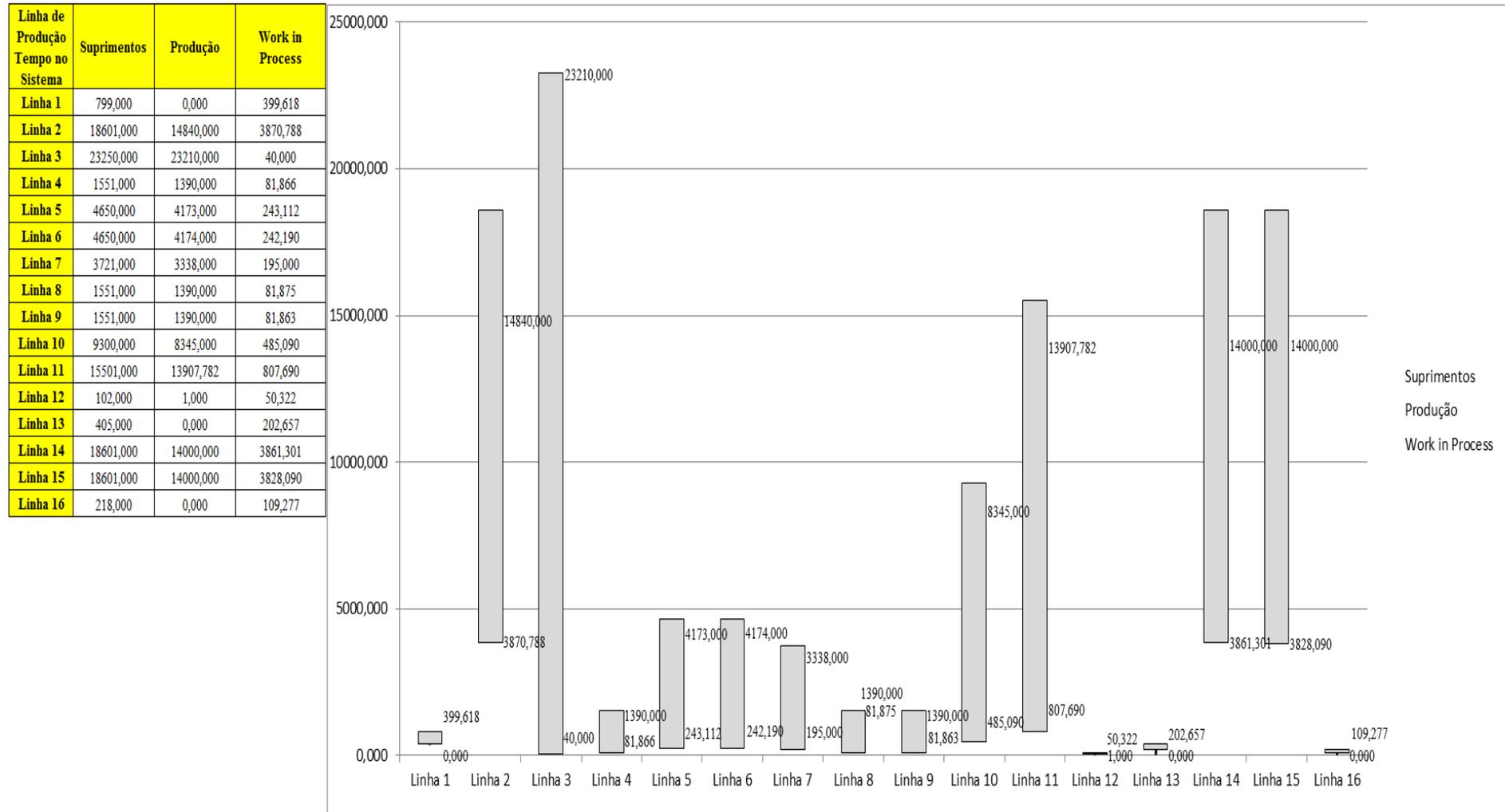
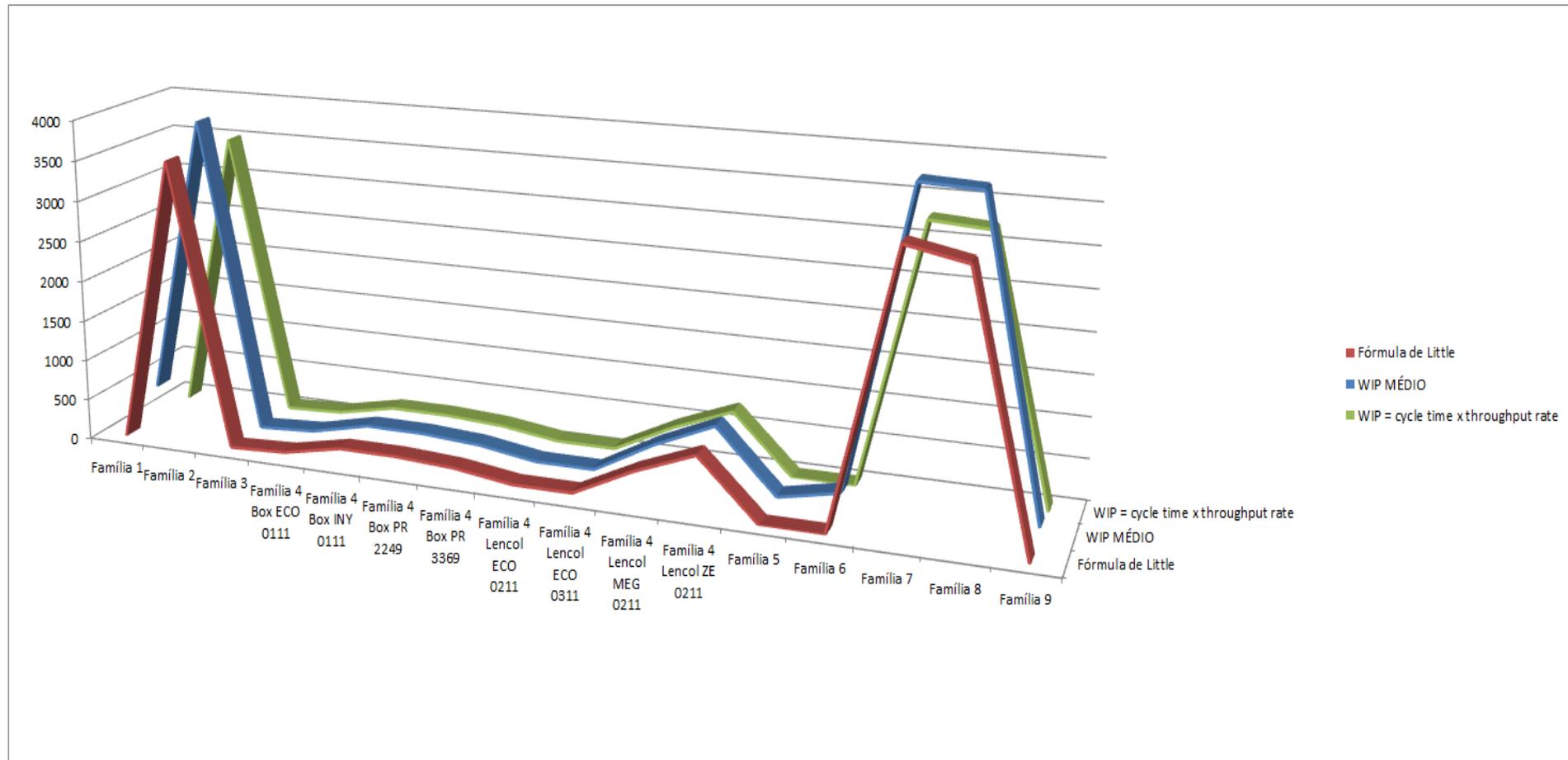


Figura 4.91 – Cenário 6 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



A Figura 4.92 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão reduziu, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo.

Figura 4.92 – Cenário 6 – *Wait Time* – tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família 2	Linha 2	7,1956	7,52392	7,41559	6,94498	7,51565	7,16312	7,21059	6,99673	7,4376	7,16229	7,55872	7,20994	7,10821	7,46139	7,54736	7,210591
Família 3	Linha 3	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,00299	0,002985
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	1,5578	1,53658	1,50543	1,47519	1,53361	1,54358	1,51727	1,4524	1,5383	1,55101	1,48376	1,47576	1,50373	1,49945	1,46632	1,505429
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	1,5579	1,58158	1,55471	1,56109	1,57473	1,55016	1,58185	1,57281	1,54737	1,5597	1,56638	1,54754	1,55921	1,55422	1,55283	1,55921
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	1,5576	1,9794	1,57466	1,56078	1,59458	1,56639	1,60376	1,57287	1,58705	1,58913	1,60504	1,56822	1,58536	1,58315	1,57329	1,583154
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	1,558	1,54218	1,56131	1,55163	1,55126	1,57949	1,56919	1,55335	1,53499	1,53474	1,54531	1,55056	1,57121	1,5685	1,56773	1,553348
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	1,5579	1,58131	1,65192	1,59742	1,58515	1,60754	1,57972	1,57901	1,59069	1,64565	1,60389	1,56735	1,60269	1,63684	1,58946	1,590693
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	1,5578	1,51635	1,59477	1,50832	1,57644	1,56799	1,55806	1,59052	1,55337	1,56697	1,49852	1,50191	1,54442	1,51147	1,49721	1,55337
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	1,5578	1,56973	1,57467	1,57323	1,57956	1,5712	1,57195	1,57609	1,57766	1,58482	1,57789	1,57394	1,57783	1,575	1,5717	1,574666
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	1,5579	1,56028	1,55964	1,55722	1,55977	1,56083	1,55963	1,55764	1,55752	1,5626	1,56492	1,555	1,56041	1,5603	1,5578	1,55964
Família 5	Linha 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família 6	Linha 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família 7	Linha 14	7,1079	7,04786	7,05721	8,01691	8,5455	7,13013	6,87666	6,99058	6,82858	6,98978	8,20701	7,11101	6,80113	7,14896	8,30905	7,1079
Família 8	Linha 15	7,0162	7,03636	6,99494	6,9996	7,00427	6,97918	7,03325	7,12064	6,98469	7,08687	7,03228	7,03085	7,08025	7,10502	7,0315	7,0315
Família 9	Linha 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		7,1956	7,52392	7,41559	8,01691	8,5455	7,16312	7,21059	7,12064	7,4376	7,16229	8,20701	7,20994	7,10821	7,46139	8,30905	
		1,42946	2,32232	2,00389	4,06792	6,47957	1,35285	1,46553	1,25584	2,06669	1,35091	4,8709	1,46395	1,22813	2,13567	5,33171	2,58836

De acordo com a Figura 4.93 o tempo de espera no cenário 6 sofreu uma redução de aproximadamente 30% com relação ao cenário 5, em função das mudanças realizadas.

Figura 4.93 – Cenário 6 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

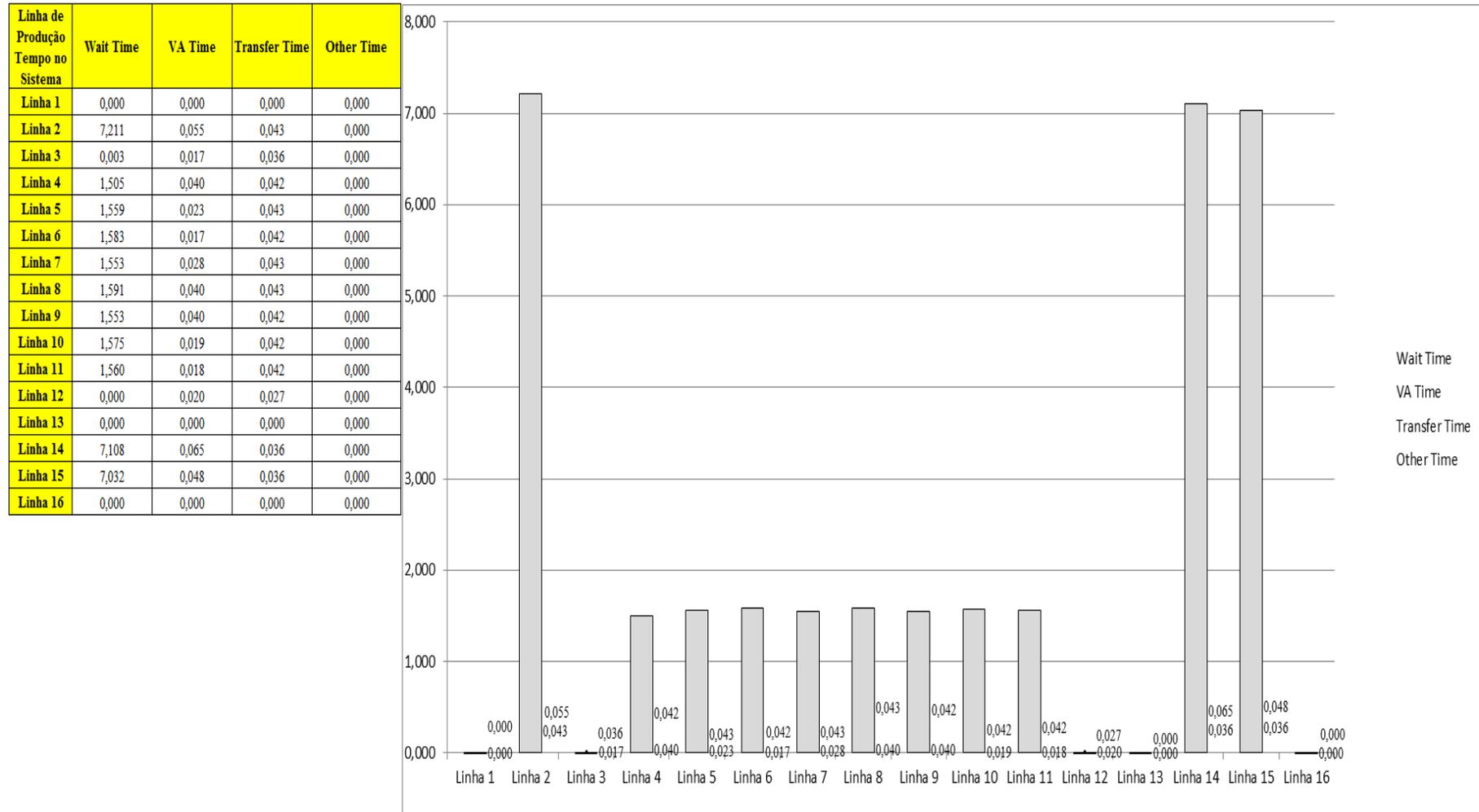


Figura 4.94 – Cenário 6 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

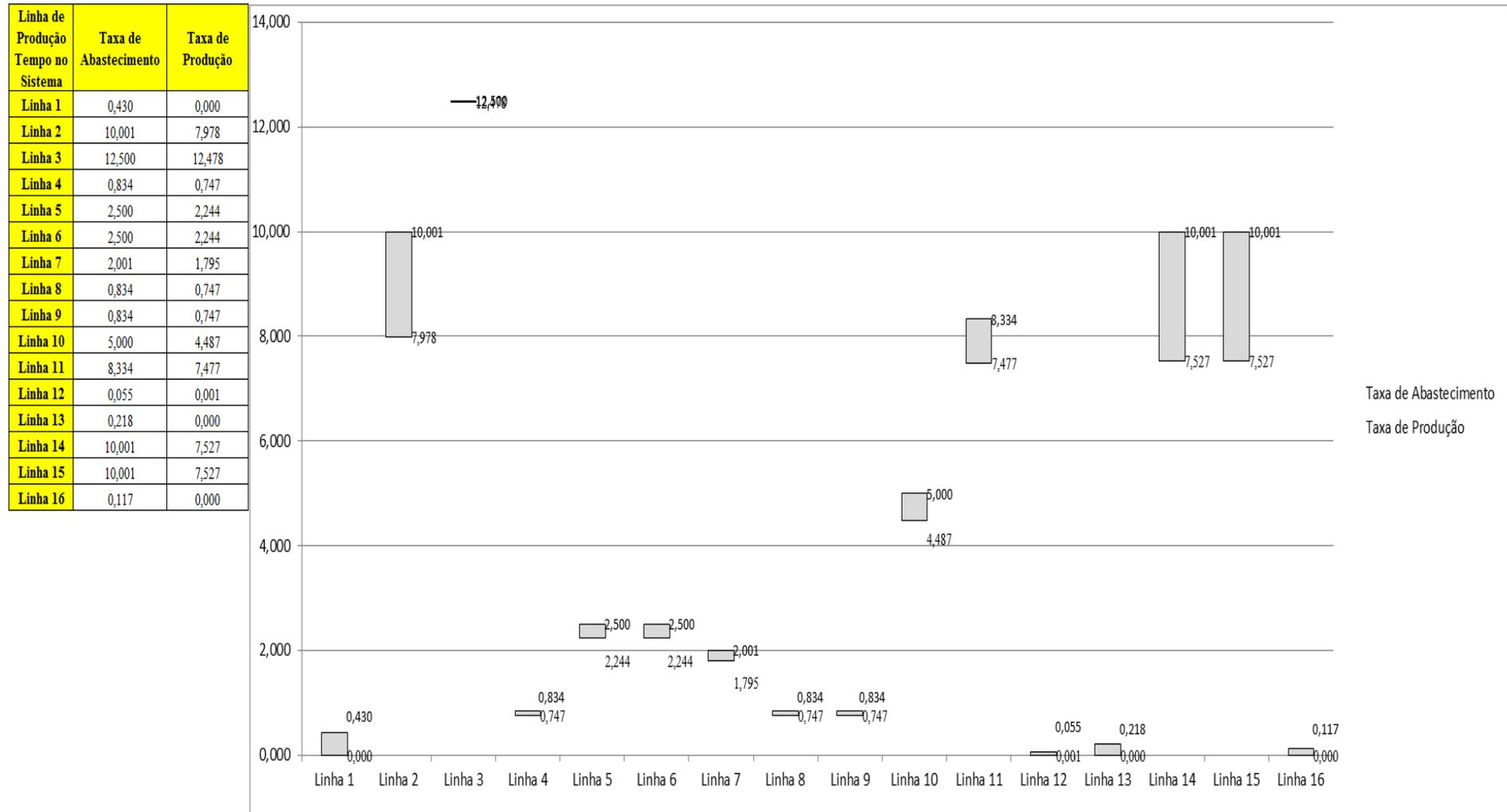
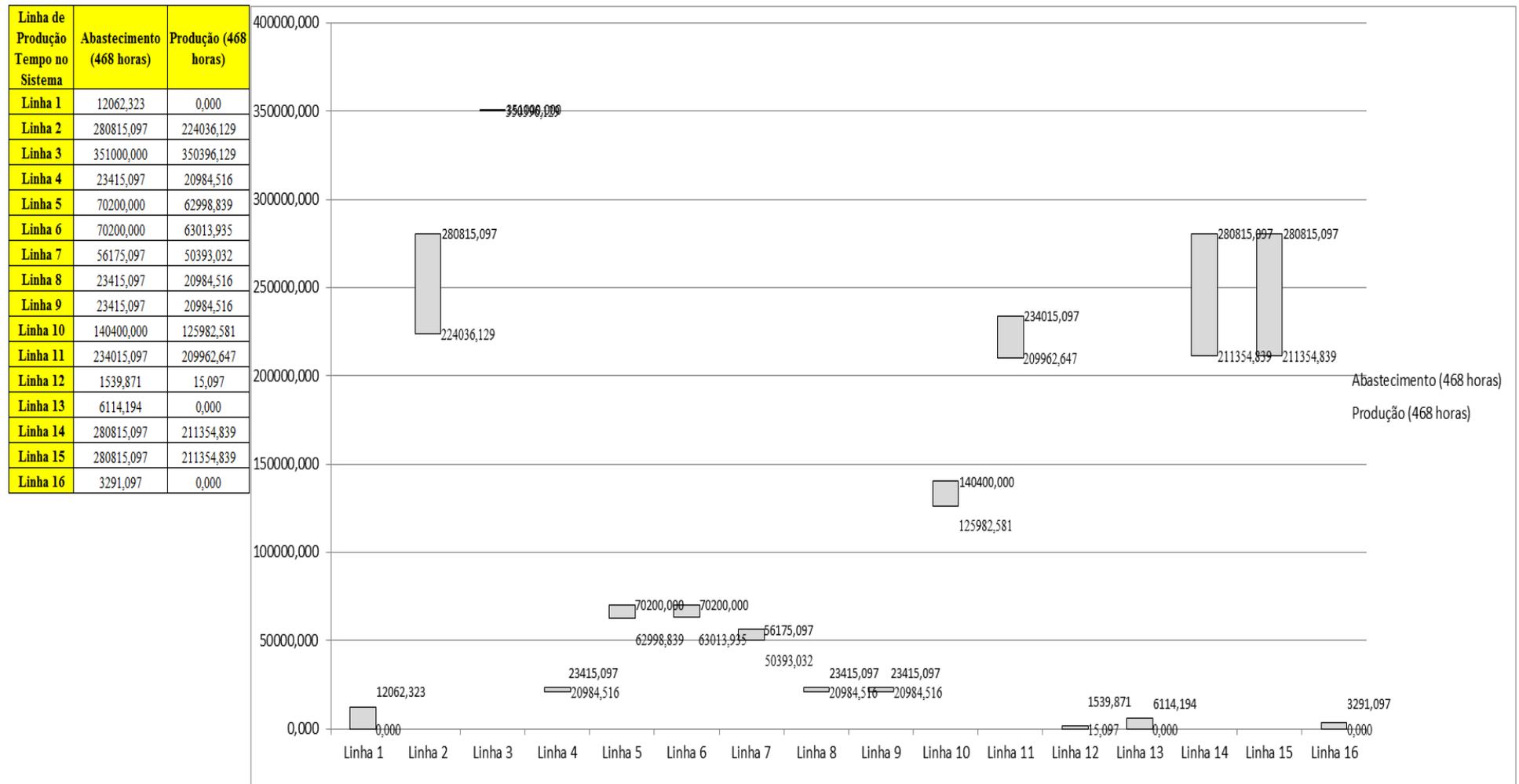


Figura 4.95 – Cenário 6 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



As Figuras 4.96 e 4.97 mostram um aumento significativo da ocupação dos recursos após as alterações com o respectivo aumento da taxa de abastecimento das linhas de fabricação.

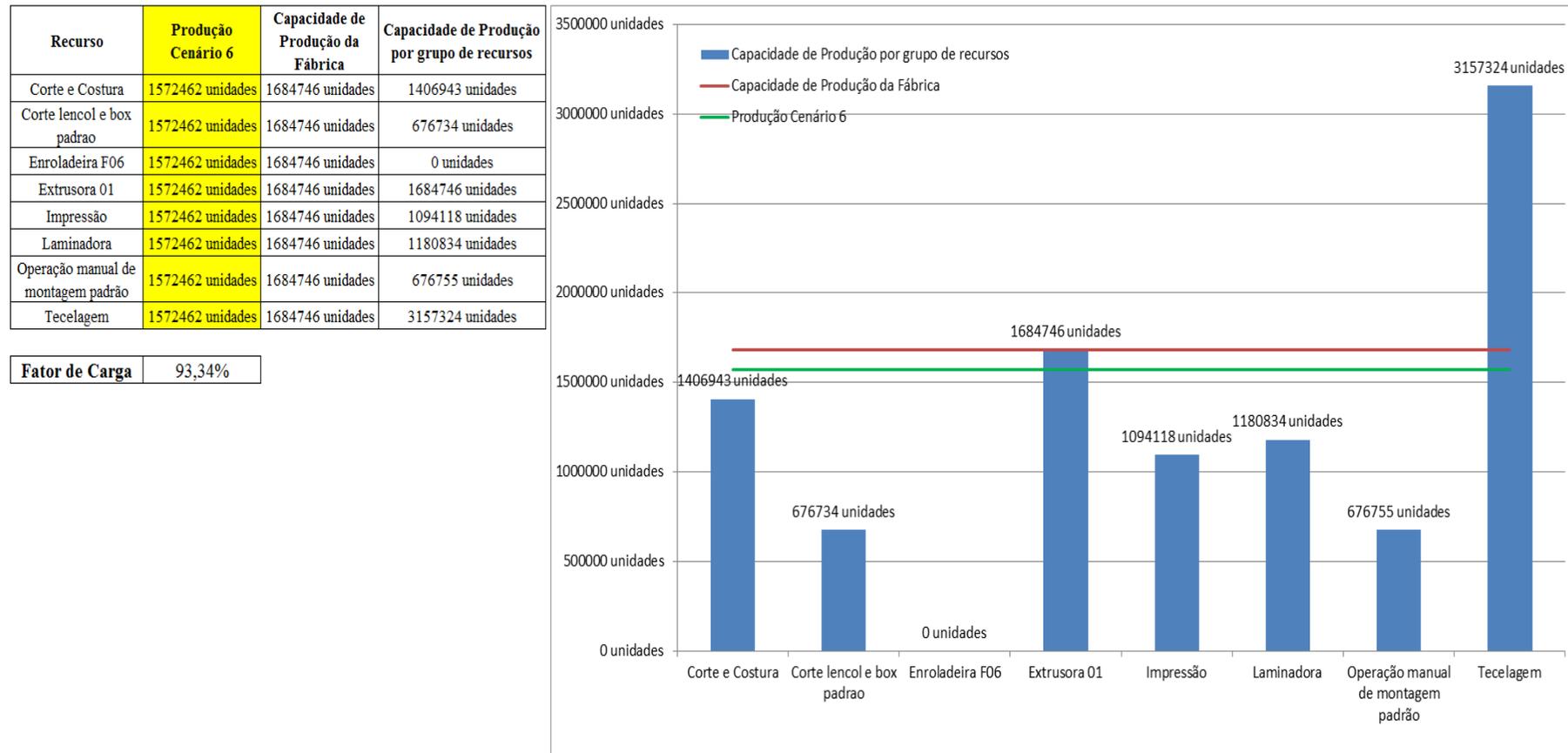
Figura 4.96 – Cenário 6 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	23,60537%	23,26000%	22,82853%	22,99750%	25,02509%	23,61905%	23,73673%	23,51345%	24,51216%
Corte e Costura Supra	1	29,43875%	29,60000%	28,82257%	28,82257%	30,75175%	29,51362%	29,45603%	29,54241%	30,11829%
Corte e Costura Taubate	1	34,05785%	34,38000%	33,64065%	33,50862%	35,30419%	34,11594%	34,06313%	34,35359%	34,45922%
Corte e Costura Vítora	1	38,19447%	38,80000%	37,88677%	37,59059%	39,31832%	38,23232%	38,03486%	38,62723%	38,57786%
Corte lencol e box padrao	1	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%
Embalagem 001	20	92,97473%	93,03000%	92,17875%	92,18045%	94,72561%	93,02830%	93,02659%	93,05172%	93,87781%
Enroladeira F06	1	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%
Extrusora 01	1	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%
Impressora COMT	1	23,78136%	23,84000%	22,75666%	22,75666%	26,00668%	23,84000%	23,84000%	24,04044%	24,92334%
Impressora PADANE	1	23,81054%	23,87000%	22,78441%	22,78441%	26,04118%	23,87000%	23,87000%	24,07026%	24,95559%
Laminadora	1	69,92896%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,91446%	69,93000%	69,93000%	69,93000%
Operação manual de montagem padrão	1	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%
Tear 01	1	16,57473%	16,56000%	16,60477%	16,52767%	16,58985%	16,58487%	16,56746%	16,55751%	16,56249%
Tear 02	1	30,09483%	30,02000%	30,22883%	30,25494%	30,17663%	30,04610%	30,09831%	30,07221%	30,09831%
Tear 03	1	39,70963%	39,87000%	39,44129%	39,60801%	39,58419%	39,75091%	39,70328%	39,77473%	39,72710%
Tear 04	1	7,46392%	7,47580%	7,49092%	7,45488%	7,44614%	7,45160%	7,43413%	7,48764%	7,44068%
Tear 05	1	14,45420%	14,50000%	14,46320%	14,40186%	14,51227%	14,46320%	14,54907%	14,35279%	14,43866%
Tear 06	1	20,35927%	20,44000%	20,31768%	20,28098%	20,36661%	20,29321%	20,46446%	20,44000%	20,24428%
Tear 07	1	25,60768%	25,76000%	25,66173%	25,66173%	25,63716%	25,66173%	25,60031%	25,51432%	25,60031%
Tear 08	1	30,03746%	30,08000%	29,96955%	30,19045%	30,15364%	29,98182%	29,99409%	30,00636%	30,12909%
Tear 09	1	34,49128%	34,33000%	34,42976%	34,52952%	34,30506%	34,41729%	34,37988%	34,69163%	34,92856%
Tear 10	1	37,82495%	37,69000%	38,01288%	37,75209%	37,73967%	37,95079%	37,90111%	37,88870%	37,76451%
Tear 11	1	41,05901%	40,73000%	41,07983%	41,15479%	41,09232%	41,19227%	40,84244%	40,97988%	40,80496%
Tear 12	1	43,54013%	43,33000%	43,20542%	43,65392%	43,50442%	43,57917%	43,47950%	43,52933%	43,70375%

Figura 4.97 – Cenário 6 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	23,60537%	22,74405%	23,85741%	23,69750%	23,69147%	23,80310%	23,23285%	23,56173%
Corte e Costura Supra	1	29,43875%	28,90895%	29,48482%	29,45603%	29,51362%	29,36965%	28,73619%	29,48482%
Corte e Costura Taubate	1	34,05785%	33,64065%	33,90470%	34,11594%	33,98392%	33,98392%	33,27097%	34,14235%
Corte e Costura Vitra	1	38,19447%	37,98550%	37,81272%	38,05954%	38,15827%	38,08422%	37,34377%	38,40509%
Corte lencol e box padrao	1	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%	34,17000%
Embalagem 001	20	92,97473%	92,18386%	93,03167%	93,03000%	93,03167%	93,03000%	92,18223%	93,03231%
Enroladeira F06	1	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%
Extrusora 01	1	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%
Impressora COMT	1	23,78136%	22,75666%	23,84000%	23,84000%	23,84000%	23,84000%	22,75991%	23,84000%
Impressora PADANE	1	23,81054%	22,78441%	23,87000%	23,87000%	23,87000%	23,87000%	22,77791%	23,87000%
Laminadora	1	69,92896%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,93000%	69,93000%
Operação manual de montagem padrão	1	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%	34,16000%
Tear 01	1	16,57473%	16,56995%	16,61721%	16,63213%	16,57244%	16,55468%	16,56746%	16,55254%
Tear 02	1	30,09483%	30,12442%	30,02000%	29,94169%	30,07221%	30,07221%	30,09831%	30,09831%
Tear 03	1	39,70963%	39,67946%	39,70328%	39,77473%	39,72710%	39,79855%	39,72710%	39,77473%
Tear 04	1	7,46392%	7,50839%	7,41338%	7,49092%	7,49092%	7,45706%	7,42321%	7,49310%
Tear 05	1	14,45420%	14,50000%	14,45093%	14,41413%	14,41413%	14,42640%	14,40186%	14,52453%
Tear 06	1	20,35927%	20,30545%	20,30545%	20,41554%	20,44000%	20,28098%	20,41554%	20,37884%
Tear 07	1	25,60768%	25,56345%	25,51432%	25,76000%	25,45289%	25,60031%	25,67401%	25,45289%
Tear 08	1	30,03746%	29,90818%	30,01864%	29,98182%	30,00636%	30,31318%	29,94500%	29,88364%
Tear 09	1	34,49128%	34,49211%	34,51705%	34,20530%	34,50458%	34,54199%	34,51705%	34,57940%
Tear 10	1	37,82495%	37,67758%	38,22399%	37,91353%	37,82660%	37,67758%	37,80177%	37,55340%
Tear 11	1	41,05901%	40,85494%	41,41716%	40,95489%	41,00487%	41,06733%	41,44215%	41,26724%
Tear 12	1	43,54013%	43,82833%	43,46704%	43,50442%	43,65392%	43,56671%	43,57917%	43,51687%

Figura 4.98 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.98 com a 1ª e a 2ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 93,34% a partir das alterações realizadas, o que é significativo. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e consequentemente uma programação da produção mais efetiva.

Figura 4.99 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

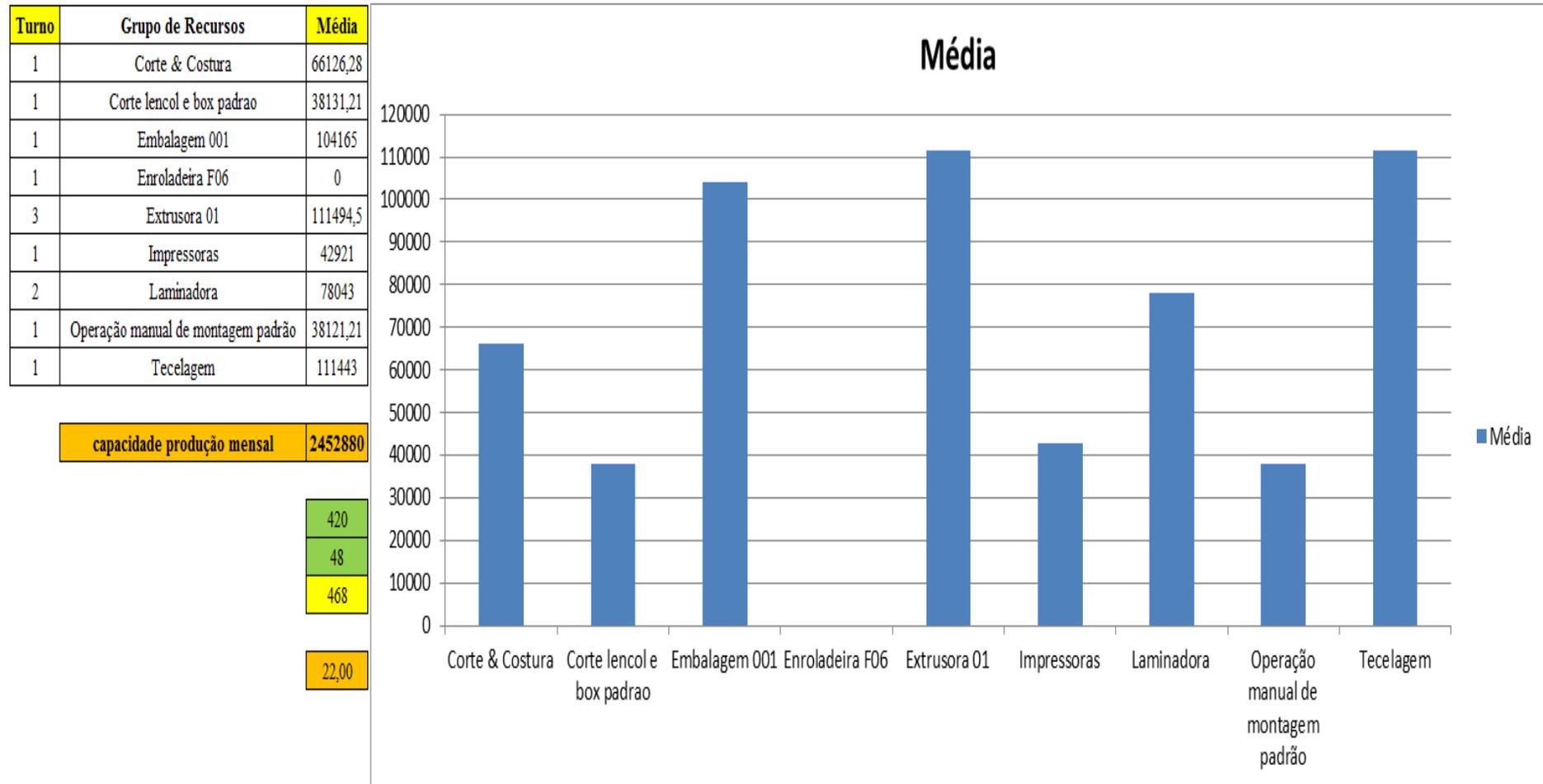


Figura 4.100 – Cenário 6 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	399,382	399,618	799	0	1	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	2,328 minutos	0,000 minutos	0,430 (unid./minuto)	0,000 (unid./minuto)	12062,323	0,65%	0,000	0,00%	
2	-109,788	3870,79	18601	14840	2	7,21059	7,3079	0,0548	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,125 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,978 (unid./minuto)	280815,097	15,12%	224036,129	14,25%	
3	0,000	40,0001	23250	23210	3	0,00299	0,0555	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	18,89%	350396,129	22,28%	
4	79,134	81,8657	1551	1390	4	1,50543	1,5880	0,0402	0,0424	0,00	1,199 minutos	1,338 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,747 (unid./minuto)	23415,097	1,26%	20984,516	1,33%	
5	233,888	243,112	4650	4173	5	1,55921	1,6252	0,0235	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,446 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,244 (unid./minuto)	70200,000	3,78%	62998,839	4,01%	
6	233,810	242,19	4650	4174	6	1,58315	1,6429	0,0172	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,446 minutos	2,500 (unid./minuto)	2,244 (unid./minuto)	70200,000	3,78%	63013,935	4,01%	
7	188,000	195	3721	3338	7	1,55335	1,6237	0,0278	0,0426	0,00	0,500 minutos	0,557 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,795 (unid./minuto)	56175,097	3,02%	50393,032	3,20%	
8	79,125	81,8748	1551	1390	8	1,59069	1,6734	0,0402	0,0426	0,00	1,199 minutos	1,338 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,747 (unid./minuto)	23415,097	1,26%	20984,516	1,33%	
9	79,137	81,8627	1551	1390	9	1,55337	1,6359	0,0401	0,0425	0,00	1,199 minutos	1,338 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,747 (unid./minuto)	23415,097	1,26%	20984,516	1,33%	
10	469,910	485,09	9300	8345	10	1,57467	1,6366	0,0194	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,223 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,487 (unid./minuto)	140400,000	7,56%	125982,581	8,01%	
11	785,528	807,69	15501	13908	11	1,55964	1,6198	0,0177	0,0425	0,00	0,120 minutos	0,134 minutos	8,334 (unid./minuto)	7,477 (unid./minuto)	234015,097	12,60%	209962,647	13,35%	
12	50,678	50,3221	102	1	12	0	0,0464	0,0196	0,0268	0,00	18,235 minutos	1860,000 minutos	0,055 (unid./minuto)	0,001 (unid./minuto)	1539,871	0,08%	15,097	0,00%	
13	202,343	202,657	405	0	13	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	4,593 minutos	0,000 minutos	0,218 (unid./minuto)	0,000 (unid./minuto)	6114,194	0,33%	0,000	0,00%	
14	739,699	3861,3	18601	14000	14	7,1079	7,2086	0,0651	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,133 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,527 (unid./minuto)	280815,097	15,12%	211354,839	13,44%	
15	772,910	3828,09	18601	14000	15	7,0315	7,1149	0,0478	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,133 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,527 (unid./minuto)	280815,097	15,12%	211354,839	13,44%	
16	108,723	109,277	218	0	16	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	8,532 minutos	0,000 minutos	0,117 (unid./minuto)	0,000 (unid./minuto)	3291,097	0,18%	0,000	0,00%	
	4312,479	14580,7	123052	104159		33,8325	34,7788	0,4303	0,5160	0,00			66,157 (unid./minuto)	55,999 (unid./minuto)	1857688,258		1572461,614		
	3,50%	11,85%	100,00%	84,65%		97,28%	100,00%	1,24%	1,48%	0,00%					84,646%				

De acordo com os resultados das Figuras 4.80 e 4.100 a produção do cenário 6 é de 1.572.462 o que corresponde a 84,646% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção, contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229 com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2. Com a 1ª alteração do *setup*, cenário 5 o aproveitamento sofreu um acréscimo e o aproveitamento foi de 90,11% o que pode ser considerado como relevante ao serem avaliados os cenários.



Figura 4.103 – Cenário 7 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

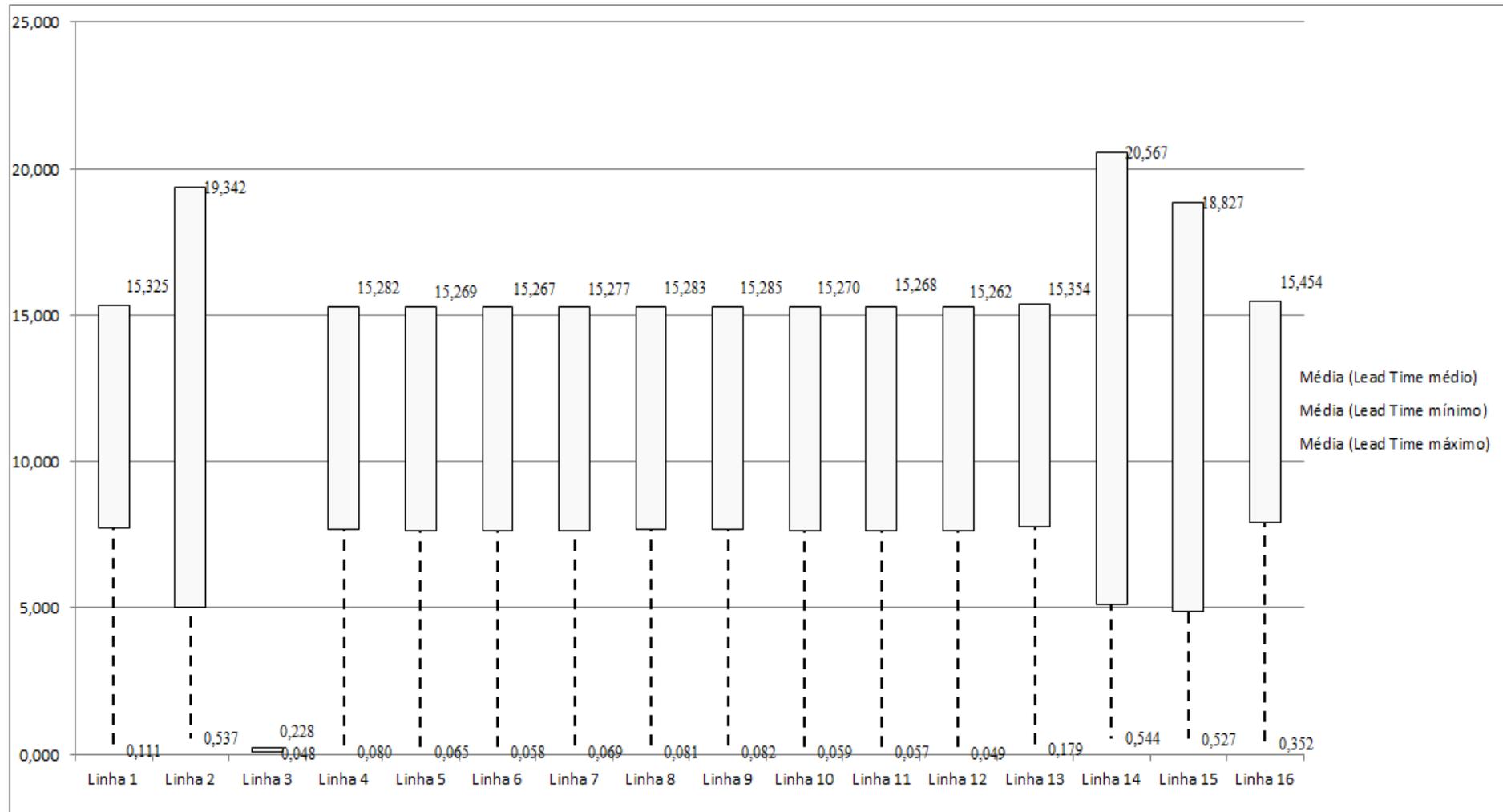


Figura 4.104 – Cenário 7 – *Setup* – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo <i>Setup</i>	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 2 1 cor	3,1569	0,4425	6,0423	3,05385	0,4425	6,04164	3,20191	0,44238	6,29495	3,18506	0,44238	6,18757	3,46399	0,44238	6,27486	3,42024	0,44238	6,45716	3,49346	0,44238	6,14493	3,121	0,4425	6,36297
Familia 2 2 cores	4,8455	0,7915	9,0495	4,84922	0,7915	9,37496	4,84427	0,7915	9,07277	4,6077	0,7915	8,79684	4,85937	0,7915	9,37207	4,67405	0,7915	9,05035	4,91237	0,7915	9,19317	4,70138	0,8151	8,9267
Familia 2 3 cores	2,8817	1,1415	5,1412	3,02819	1,1415	5,50489	2,96193	1,1415	5,22026	2,93566	1,1415	5,25197	2,97527	1,1415	5,25857	2,93343	1,1415	5,22325	2,88789	1,1415	4,99889	2,88197	1,1415	5,16353
Familia 2 4 cores	5,8803	1,7696	10,0549	5,81721	1,78559	9,76607	5,67922	1,7696	9,69874	5,836	1,7696	10,0561	5,72784	1,7696	9,79009	5,77863	1,7696	9,88385	5,87299	1,7928	10,1286	5,96144	1,7696	10,2129
Familia 2 5 cores	10,7838	2,3011	19,0464	10,4416	2,3115	18,0831	10,4367	2,3011	17,9455	10,5575	2,3011	18,429	11,0762	2,3011	18,8971	10,8504	2,3011	18,6892	10,4534	2,31619	18,5459	11,0034	2,3011	19,1664
Familia 2 6 cores	10,8754	2,098	19,4976	10,6113	2,10274	18,808	10,6379	2,098	18,8213	10,6214	2,098	18,9668	11,2976	2,098	19,662	10,9533	2,098	19,2395	10,5036	2,10488	19,0853	10,9411	2,098	19,4222
Familia 7 1 cor	3,3157	0,4425	6,4384	3,14085	0,4425	5,97209	3,21565	0,4425	5,92216	3,20154	0,4425	6,02017	3,58146	0,4425	6,50704	3,41396	0,4425	6,30645	3,11666	0,4425	6,05285	3,40496	0,4425	6,41839
Familia 7 2 cores	5,2611	0,7915	9,8877	5,17249	0,7915	9,68836	5,20061	0,7915	9,77326	5,12578	0,7915	9,66992	5,52692	0,7915	10,132	5,30398	0,7915	9,81136	5,06252	0,7915	9,72933	5,21756	0,7915	9,74886
Familia 7 3 cores	2,7835	1,1415	4,5527	2,83652	1,1415	4,69887	2,80348	1,1415	4,81236	2,73615	1,1415	4,64789	2,84167	1,1415	4,72911	2,74638	1,1415	4,5757	2,74047	1,1415	4,67949	2,6625	1,1415	4,43899
Familia 7 4 cores	5,9625	1,7854	10,0236	6,09139	1,7854	10,1428	5,94013	1,78565	10,3785	5,94991	1,7854	10,1743	5,85259	1,7854	10,2538	5,85867	1,7854	9,87039	5,83445	1,7854	10,0884	5,79599	1,7854	9,73314
Familia 7 5 cores	10,5357	2,2435	19,1312	10,7019	2,2435	19,2328	10,811	2,2435	19,59	10,109	2,2435	18,5639	10,6423	2,24597	19,0798	10,3819	2,2435	18,9103	10,5747	2,2435	19,4534	10,5236	2,2435	18,8455
Familia 7 6 cores	10,8844	2,8281	18,5873	10,9581	2,8281	18,8876	10,8464	2,8281	19,0139	10,7807	2,8281	18,703	11,0807	2,8281	18,97	10,7756	2,8281	18,5421	10,8357	2,8281	18,8441	10,7324	2,8281	18,4495
Familia 8 1 cor	3,1693	0,4425	6,1122	3,24595	0,4425	6,06139	3,12277	0,44262	6,19639	3,20983	0,4425	6,1682	2,98622	0,4425	6,15611	3,10118	0,4425	5,89448	3,08216	0,4425	6,02095	3,13006	0,4425	5,91063
Familia 8 2 cores	4,985	0,7915	9,6008	5,0473	0,7915	9,39457	5,20974	0,7915	9,51373	4,66602	0,7915	8,83063	4,98167	0,7915	9,79324	4,90597	0,7915	9,33057	5,09897	0,7915	9,65677	5,19028	0,7915	9,55385
Familia 8 3 cores	2,739	1,1415	4,5961	2,74922	1,1415	4,47572	2,76074	1,1415	4,66667	2,79609	1,1415	4,66861	2,72413	1,1415	4,59046	2,78492	1,1415	4,76597	2,7451	1,1415	4,48763	2,78984	1,1415	4,67949
Familia 8 4 cores	6,0478	1,7693	10,4083	6,01451	1,7693	10,4105	5,96219	1,7693	10,2925	6,03541	1,7693	10,3202	6,13958	1,7693	10,4336	6,0075	1,7693	10,3051	6,08714	1,7693	10,406	6,14175	1,7693	10,5139
Familia 8 5 cores	9,8835	1,9712	17,7027	9,9637	1,9712	17,2807	10,1455	1,9712	17,7583	9,67029	1,9712	17,1323	9,85336	1,97337	17,3013	9,888	1,9712	17,7807	10,0075	1,9712	17,5454	10,1787	1,9712	17,82
Familia 8 6 cores	10,5114	2,8483	18,5821	10,5021	2,8483	18,3407	10,4787	2,8483	18,6213	10,6102	2,8483	18,6501	10,5626	2,8483	18,5933	10,5645	2,8483	18,8333	10,5573	2,8483	18,3608	10,6906	2,8483	18,8449
	<b>10,8844</b>	<b>2,8483</b>	<b>19,4976</b>																					
	<b>114,503</b>	<b>26,741</b>	<b>204,455</b>																					

Figura 4.105 – Cenário 7 – *Setup* – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo <i>Setup</i>	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 2 1 cor	3,25277	0,44238	6,19945	3,22122	0,44238	6,20015	3,16587	0,44238	6,2297	3,49104	0,44238	6,88081	3,25213	0,44238	6,32728	3,20742	0,44238	6,33392	3,30131	0,44238	6,54764
Familia 2 2 cores	4,64815	0,7915	8,97468	4,7965	0,7915	9,35801	4,92398	0,86239	8,89461	5,00383	0,7915	9,64167	4,61873	0,7915	9,32458	4,65946	0,82891	8,9499	5,11245	0,7915	9,07962
Familia 2 3 cores	2,95812	1,1415	5,16563	2,92389	1,1415	5,1653	3,01473	1,1415	5,21349	2,88885	1,1415	5,22565	2,94735	1,1415	5,28099	2,99139	1,1415	5,31009	3,01169	1,1415	5,24579
Familia 2 4 cores	5,74869	1,7696	9,81173	5,80067	1,7696	9,84368	5,81883	1,7696	9,97338	5,76951	1,7696	9,83524	5,74866	1,7696	9,71153	5,77044	1,7696	9,89058	5,72175	1,7696	9,72926
Familia 2 5 cores	10,1996	2,3011	17,6885	10,3806	2,3011	17,9202	10,6243	2,3011	18,6696	10,855	2,3011	18,752	10,1155	2,3011	17,6693	10,967	2,3011	19,1423	10,4601	2,3011	18,3042
Familia 2 6 cores	10,3191	2,09805	18,4443	10,5357	2,098	18,5309	10,7223	2,098	19,1694	10,9462	2,098	19,3965	10,2436	2,098	18,4185	11,0475	2,098	19,7002	10,6463	2,09805	19,0133
Familia 7 1 cor	3,03066	0,4425	5,67609	3,11263	0,4425	5,81227	3,2523	0,4425	6,23587	3,42192	0,4425	6,38002	2,97899	0,4425	5,72722	3,49032	0,4425	6,60849	3,20607	0,4425	6,14511
Familia 7 2 cores	5,00785	0,79154	9,5243	5,12916	0,7915	9,49188	5,19073	0,7915	9,75046	5,29489	0,7915	9,93798	4,97583	0,7915	9,50814	5,33823	0,7915	10,0433	5,19735	0,79154	9,78183
Familia 7 3 cores	2,75481	1,14161	4,75709	2,81436	1,1415	4,63094	2,76226	1,1415	4,56953	2,73008	1,1415	4,64028	2,76431	1,1415	4,70605	2,71852	1,1415	4,57576	2,80808	1,14161	4,6626
Familia 7 4 cores	5,89596	1,78549	10,1394	5,97719	1,7854	10,0547	5,76563	1,7854	9,96279	5,86305	1,7854	10,1127	5,94892	1,7854	10,1498	5,938	1,7854	9,99166	5,84154	1,78549	9,74466
Familia 7 5 cores	10,46	2,24361	18,9163	10,7169	2,2435	19,3793	10,4174	2,2435	18,8732	10,4958	2,2435	19,0915	10,2732	2,2435	19,0748	10,6047	2,2435	19,3282	10,7854	2,24361	19,2156
Familia 7 6 cores	10,8037	2,82824	19,014	11,0443	2,8281	18,8104	10,9097	2,8281	18,6964	10,8255	2,8281	18,8612	10,9561	2,8281	19,0327	10,8043	2,8281	18,751	10,9606	2,82824	18,9547
Familia 8 1 cor	3,13123	0,4425	5,97903	3,14978	0,4425	6,04508	2,9842	0,4425	6,01544	3,12441	0,4425	6,10331	3,1767	0,4425	6,06027	3,21723	0,4425	6,04228	3,01272	0,4425	5,62446
Familia 8 2 cores	4,9647	0,7915	8,95407	5,10118	0,7915	9,68478	4,91106	0,7915	9,30639	5,04293	0,7915	9,37624	4,77093	0,7915	9,22076	5,16665	0,7915	9,7499	5,17724	0,7915	9,45372
Familia 8 3 cores	2,74175	1,1415	4,59916	2,71856	1,1415	4,52093	2,82408	1,1415	4,65361	2,71684	1,1415	4,53791	2,77954	1,1415	4,61841	2,7607	1,1415	4,6221	2,77203	1,1415	4,55943
Familia 8 4 cores	6,02043	1,7693	10,4189	6,15844	1,7693	10,4792	6,1221	1,7693	10,492	6,09845	1,7693	10,5148	6,1692	1,7693	10,5565	6,09999	1,7693	10,5389	6,07905	1,7693	10,5685
Familia 8 5 cores	9,86833	1,9712	17,1123	9,96179	1,9712	17,6354	9,96371	1,9712	17,542	9,90095	1,9712	17,3836	9,74443	1,9712	17,3953	10,1027	1,9712	17,8902	10,1337	1,9712	17,4965
Familia 8 6 cores	10,4929	2,8483	18,5977	10,5683	2,8483	18,4935	10,7392	2,8483	18,7731	10,5129	2,8483	18,5596	10,6947	2,8483	18,7595	10,5984	2,8483	18,7513	10,6019	2,8483	18,651

Figura 4.106 – Cenário 7 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

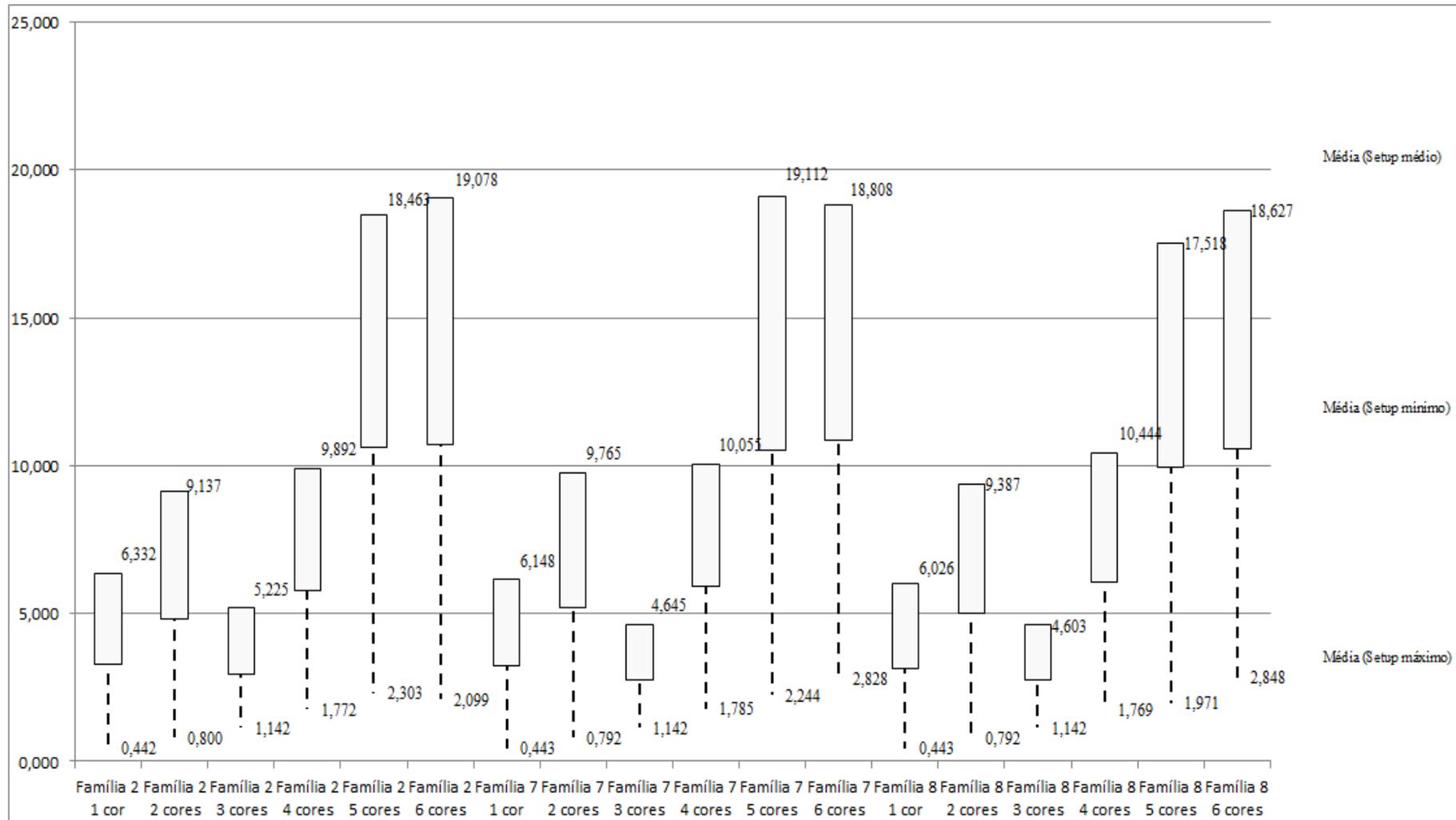


Figura 4.107 – Cenário 7 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	2290,74	9300	4703	2306,26	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13
Família 2	Linha 2	768,49	18601	15000	2832,51	2218,91	18601,00	13333,33	3048,76	2270,23	18601,00	13333,33	2997,44	-441,08	18601,00	16666,67	2375,42	2206,10	18601,00	13333,33	3061,56
Família 3	Linha 3	0,00	23250	23209	41	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	382,34	1551	786	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	1145,52	4650	2359	1145,48	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	1145,44	4650	2360	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	917,11	3721	1887	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	382,34	1551	786	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	382,34	1551	786	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2291,25	9300	4719	2289,75	2291,95	9300,00	4718,31	2289,74	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2291,26	9300,00	4719,00	2289,74	2291,94	9300,00	4718,31	2289,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	3819,53	15501	7866	3815,47	3820,21	15501,00	7865,31	3815,48	3820,91	15501,00	7864,62	3815,47	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47	3820,21	15501,00	7865,31	3815,48
Família 5	Linha 12	1018,03	4134	2099	1016,97	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97
Família 6	Linha 13	1017,66	4134	2087	1029,4	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,66	4134,00	2087,00	1029,40	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34
Família 7	Linha 14	226,81	18601	15500	2874,19	228,36	18601,00	15500,00	2872,64	230,61	18601,00	15500,00	2870,39	-4886,62	18601,00	20666,67	2820,95	-4973,37	18601,00	20666,67	2907,70
Família 8	Linha 15	264,73	18601	15500	2836,27	271,45	18601,00	15500,00	2829,55	271,25	18601,00	15500,00	2829,75	242,03	18601,00	15500,00	2858,97	283,54	18601,00	15500,00	2817,46
Família 9	Linha 16	1017,36	4134	2074	1042,64	1017,13	4134,00	2074,00	1042,87	1017,21	4134,00	2074,00	1042,79	1017,29	4134,00	2074,00	1042,71	1017,43	4134,00	2074,00	1042,57
		17069,63	143230	101721	24439,37	18529,53048	143230	100052,9588	24647,51072	18582,27827	143230	100053,6416	24594,08011	10723,87753	143230	108554,3304	23951,79211	13326,78224	143230	105220,3112	24682,90654
		11,92%	100,00%	71,02%	17,06%	12,94%	100,00%	69,85%	17,21%	12,97%	100,00%	69,86%	17,17%	7,49%	100,00%	75,79%	16,72%	9,30%	100,00%	73,46%	17,23%

Figura 4.108 – Cenário 7 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP												
Família 1	Linha 1	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26
Família 2	Linha 2	724,91	18601,00	15000,00	2876,09	690,95	18601,00	15043,33	2866,72	-444,72	18601,00	16666,67	2379,06	2259,55	18601,00	13333,33	3008,12	723,30	18601,00	15000,00	2877,70
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	1145,52	4650,00	2359,00	1145,48	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1144,75	4650,00	2360,69	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1144,75	4650,00	2360,69	1144,56
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,12	3721,00	1887,00	916,88	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,33	1551,00	786,00	382,67	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2290,58	9300,00	4719,69	2289,74	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	3820,90	15501,00	7864,62	3815,48	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47	3820,21	15501,00	7865,31	3815,48	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47
Família 5	Linha 12	1018,01	4134,00	2099,00	1016,99	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97
Família 6	Linha 13	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,66	4134,00	2087,00	1029,40	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,66	4134,00	2087,00	1029,40
Família 7	Linha 14	243,03	18601,00	15500,00	2857,97	246,54	18601,00	15500,00	2854,46	249,93	18601,00	15500,00	2851,07	253,19	18601,00	15500,00	2847,81	258,89	18601,00	15500,00	2842,11
Família 8	Linha 15	280,32	18601,00	15500,00	2820,68	274,26	18601,00	15500,00	2826,74	230,24	18601,00	15500,00	2870,76	288,09	18601,00	15500,00	2812,91	248,65	18601,00	15500,00	2852,35
Família 9	Linha 16	1017,22	4134,00	2074,00	1042,78	1017,22	4134,00	2074,00	1042,78	1017,38	4134,00	2074,00	1042,62	1017,36	4134,00	2074,00	1042,64	1017,30	4134,00	2074,00	1042,70
		17059,12762	143230	101719,6225	24451,24984	17022,03293	143230	101763,6446	24444,32247	15845,24884	143230	103387,6638	23997,08738	18609,9522	143230	100055,0162	24565,03164	17039,6934	143230	101721,6829	24468,62373
		11,91%	100,00%	71,02%	17,07%	11,88%	100,00%	71,05%	17,07%	11,06%	100,00%	72,18%	16,75%	12,99%	100,00%	69,86%	17,15%	11,90%	100,00%	71,02%	17,08%

A Figura 4.110 indica que a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup*, como desejado, reduziu o estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, mesmo com o aumento da taxa de abastecimento e consequentemente manteve o aumento do volume de produtos produzidos. No caso da linha 2 (Família 2) a produção no cenário 4 é de 4.000 unidades com estoque em processo de 2.333 unidades (58%) enquanto que no cenário 7 a produção foi de 15.000 unidades e o estoque em processo de 2.876 unidades (19%).

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades enquanto que no cenário 7 a produção foi de 15.500 unidades e o estoque em processo de 2.874 unidades.

No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades enquanto que no cenário 7 a produção foi de 15.500 unidades e o estoque em processo de 2.821 unidades.

Figura 4.109 – Cenário 7 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	2290,74	9300,00	4703,00	2306,26	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13	2290,87	9300,00	4703,00	2306,13
Família 2	Linha 2	2221,04	18601,00	13333,33	3046,63	725,83	18601,00	15000,00	2875,17	730,61	18601,00	15000,00	2870,39	2240,86	18601,00	13333,33	3026,80	2241,82	18601,00	13333,33	3025,84
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00	0,00	23250,00	23209,00	41,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49	1145,52	4650,00	2359,00	1145,48	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49	1144,82	4650,00	2359,69	1145,49	1145,51	4650,00	2359,00	1145,49
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1144,75	4650,00	2360,69	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56	1145,44	4650,00	2360,00	1144,56
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89	917,11	3721,00	1887,00	916,89
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,33	1551,00	786,00	382,67
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66	382,34	1551,00	786,00	382,66
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2290,58	9300,00	4719,69	2289,74	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75	2291,25	9300,00	4719,00	2289,75
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	3819,53	15501,00	7866,00	3815,47	3819,52	15501,00	7866,00	3815,48	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47	3820,22	15501,00	7865,31	3815,47	3820,21	15501,00	7865,31	3815,48
Família 5	Linha 12	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97	1018,04	4134,00	2099,00	1016,96	1018,02	4134,00	2099,00	1016,98	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97	1018,03	4134,00	2099,00	1016,97
Família 6	Linha 13	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,60	4134,00	2087,00	1029,40	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34	1017,60	4134,00	2087,00	1029,40	1017,66	4134,00	2087,00	1029,34
Família 7	Linha 14	-4900,21	18601,00	20666,67	2834,54	248,88	18601,00	15500,00	2852,12	273,66	18601,00	15500,00	2827,34	208,63	18601,00	15500,00	2892,37	-4921,43	18601,00	20666,67	2855,77
Família 8	Linha 15	254,51	18601,00	15500,00	2846,49	264,67	18601,00	15500,00	2836,33	236,01	18601,00	15500,00	2864,99	229,60	18601,00	15500,00	2871,40	271,50	18601,00	15500,00	2829,50
Família 9	Linha 16	1017,21	4134,00	2074,00	1042,79	1017,20	4134,00	2074,00	1042,80	1017,29	4134,00	2074,00	1042,71	1017,35	4134,00	2074,00	1042,65	1017,15	4134,00	2074,00	1042,85
		13384,83855	143230	105221	24624,16145	17048,26939	143230	101721,6858	24460,04481	17049,97346	143230	101720,9971	24459,02942	18488,80474	143230	100054,3304	24686,8649	13402,13601	143230	105220,3113	24607,55272
		9,34%	100,00%	73,46%	17,19%	11,90%	100,00%	71,02%	17,08%	11,90%	100,00%	71,02%	17,08%	12,91%	100,00%	69,86%	17,24%	9,36%	100,00%	73,46%	17,18%

Há de acordo com a Figura 4.110, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira, da segunda e da terceira alteração do *setup*. Somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

Figura 4.110 – Cenário 7 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

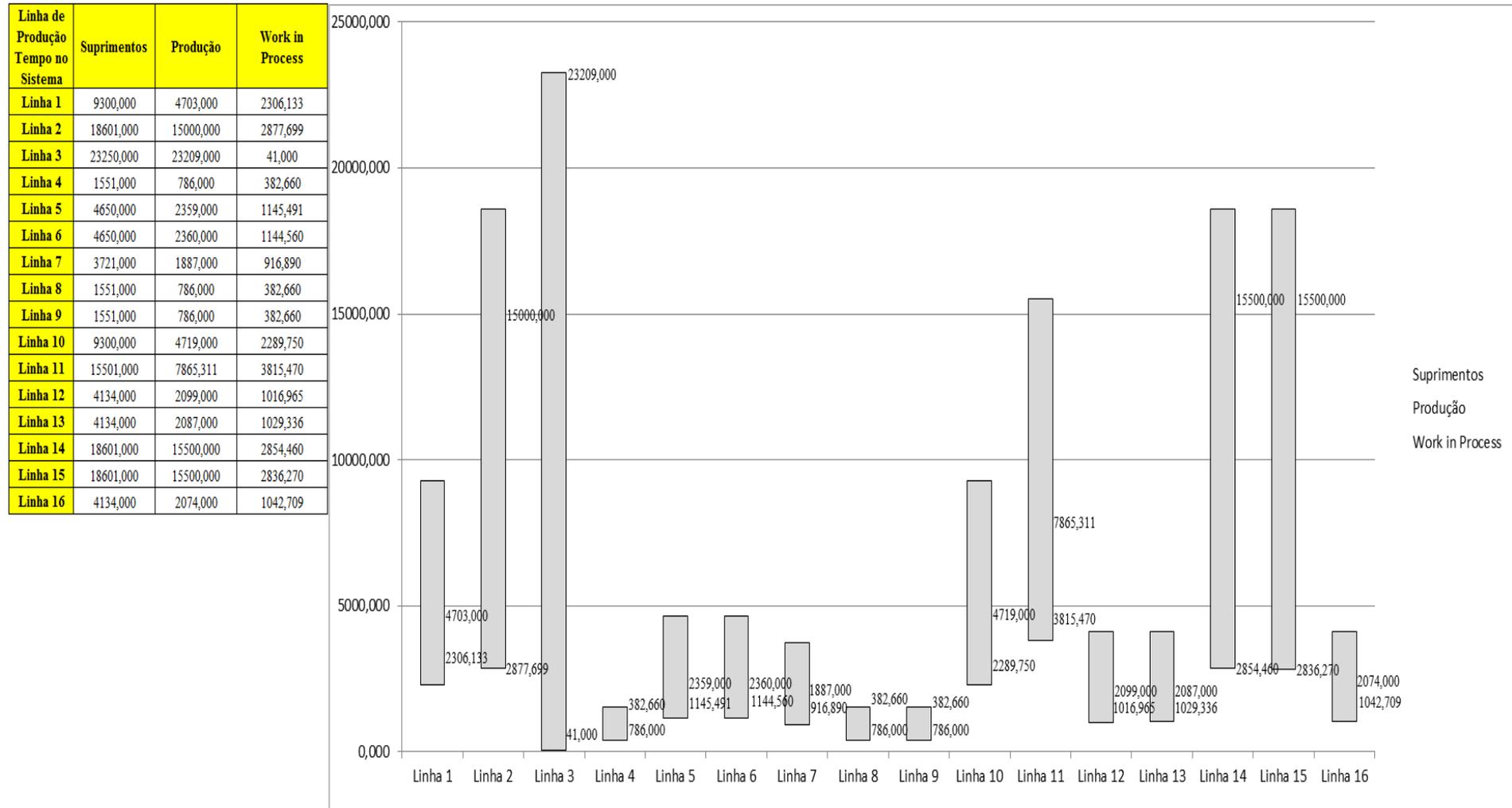
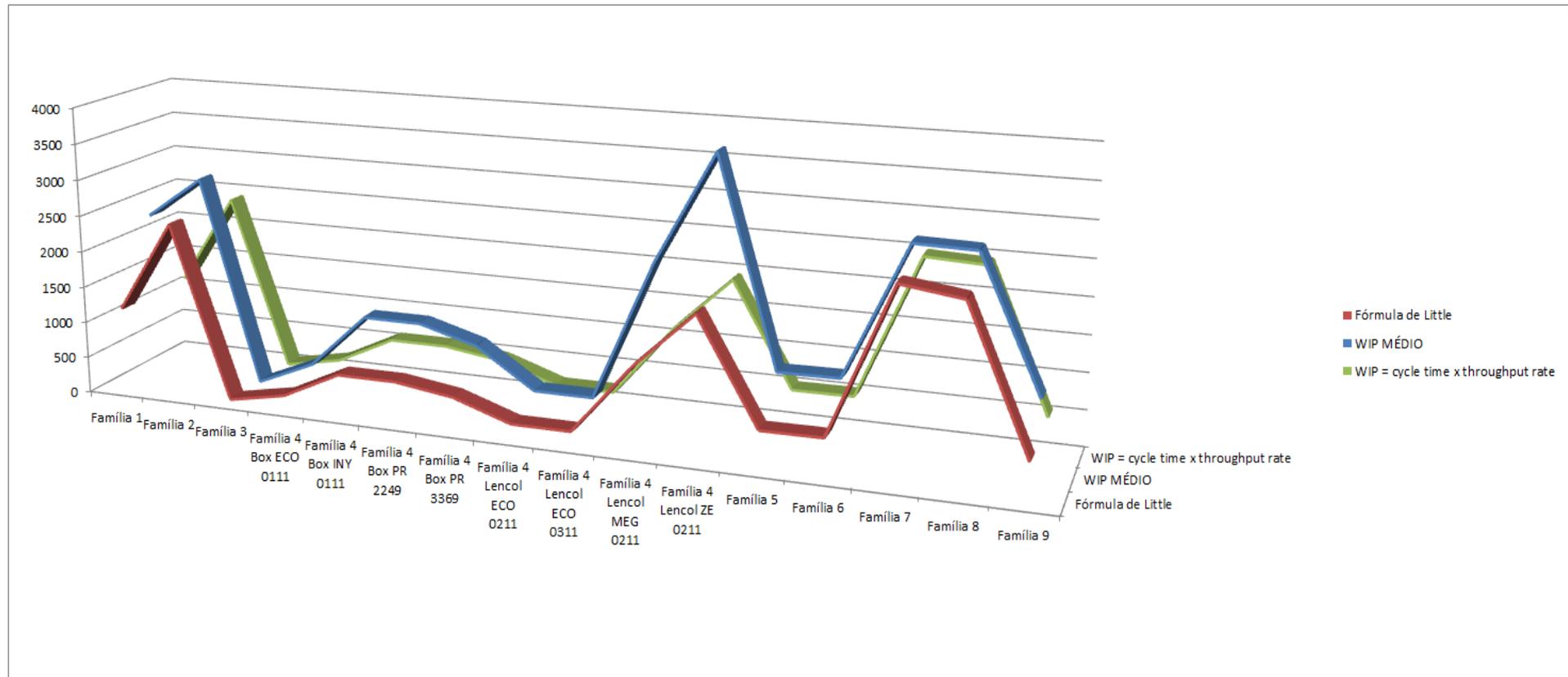


Figura 4.111 – Cenário 7 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

A Figura 4.112 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão reduziu, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo. A Figura 4.111 mostra que para a Família 4, produtos Lençol MEG0211 e ZE0211 o estoque em processo médio não se manteve similar ao resultado da fórmula de *Little cycle time x throughput rate*.

Figura 4.112 – Cenário 7 – *Wait Time* – tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	7,6012	7,6012	7,6012	7,60044	7,6012	7,6012	7,6012	7,60044	7,60044	7,6012	7,6012	7,6012	7,60044	7,60044	7,60044	7,6012
Família 2	Linha 2	4,865	5,08698	5,01374	4,69555	5,08139	4,84304	4,87514	4,73054	5,02862	4,84248	5,11051	4,87469	4,80592	5,04471	5,10282	4,875136
Família 3	Linha 3	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,003604
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	7,5735	7,47034	7,31889	7,17188	7,45589	7,50438	7,37646	7,06108	7,47869	7,54049	7,21356	7,17467	7,31064	7,2898	7,12876	7,31889
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	7,5671	7,68212	7,55161	7,58259	7,64887	7,52952	7,68344	7,6395	7,51595	7,57586	7,60828	7,51679	7,57346	7,54921	7,54249	7,573464
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	7,5645	9,61297	7,64735	7,57995	7,74412	7,60718	7,78869	7,63868	7,7075	7,71761	7,79488	7,61609	7,6993	7,6886	7,6407	7,688604
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	7,5696	7,49273	7,58567	7,53866	7,53685	7,67402	7,62399	7,547	7,45781	7,4566	7,50796	7,53346	7,63378	7,6206	7,61686	7,546999
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	7,5735	7,68731	8,03057	7,7656	7,70599	7,8148	7,6796	7,67612	7,73292	8,00006	7,7971	7,61944	7,79123	7,95727	7,72694	7,732917
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	7,5736	7,3721	7,75335	7,33306	7,66422	7,62315	7,57487	7,73265	7,55206	7,61816	7,28541	7,30186	7,50856	7,34833	7,27905	7,55206
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	7,5665	7,62443	7,64842	7,64143	7,67219	7,63158	7,63521	7,65535	7,66298	7,69774	7,66407	7,6449	7,6638	7,65004	7,63402	7,648419
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	7,5668	7,57835	7,57525	7,56348	7,57589	7,58101	7,57522	7,56553	7,56497	7,58963	7,60087	7,5527	7,57899	7,57846	7,56633	7,575249
Família 5	Linha 12	7,5726	6,30176	5,63846	8,86102	8,70076	10,4743	5,47975	5,3698	5,72763	6,32808	10,244	5,94345	8,4353	8,46726	6,14412	6,32808
Família 6	Linha 13	7,6194	7,23639	7,08362	8,76533	7,59654	7,79218	5,84136	7,18835	9,19987	8,38684	7,67738	8,14949	7,80303	7,06206	7,1367	7,6194
Família 7	Linha 14	4,86	4,81895	4,82534	5,48153	5,84295	4,8752	4,70189	4,77978	4,66901	4,77924	5,61151	4,86213	4,65025	4,88808	5,68128	4,86
Família 8	Linha 15	4,8013	4,8151	4,78675	4,78994	4,79314	4,77597	4,81297	4,87277	4,77974	4,84966	4,8123	4,81133	4,84513	4,86208	4,81177	4,81177
Família 9	Linha 16	7,6691	9,41294	8,85586	7,89759	7,26906	7,24333	7,28434	7,2539	7,93299	8,47479	6,6255	8,07169	7,85441	8,24656	6,64231	7,854412
		7,6691	9,61297	8,85586	8,86102	8,70076	10,4743	7,78869	7,73265	9,19987	8,47479	10,244	8,14949	8,4353	8,46726	7,72694	
		2,78589	13,0535	8,15593	8,18545	7,2941	20,0197	3,19943	3,00209	10,2391	6,12459	18,0119	4,62032	5,9307	6,08737	2,98234	7,9795

Figura 4.113 – Cenário 7 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

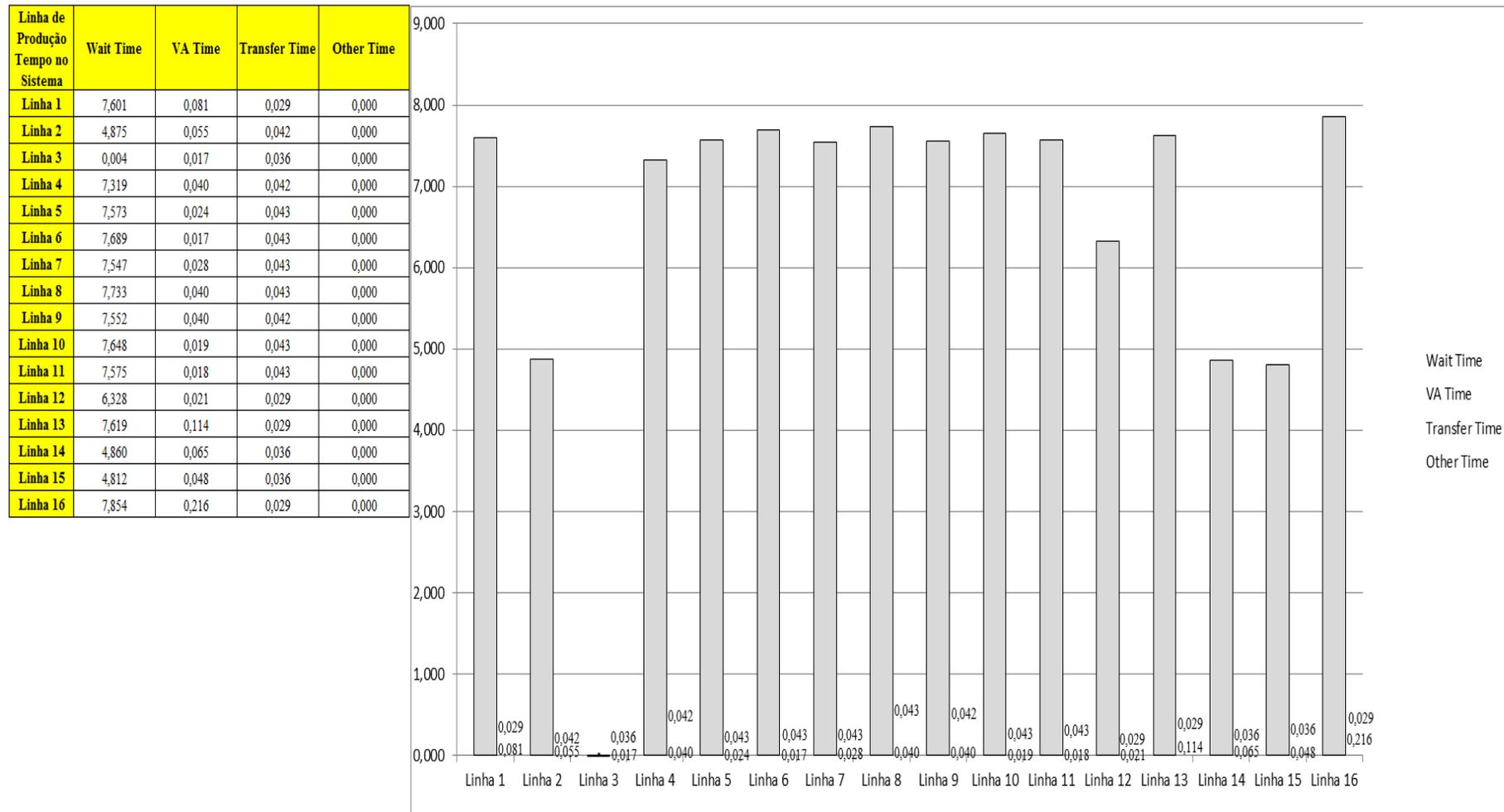


Figura 4.114 – Cenário 7 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

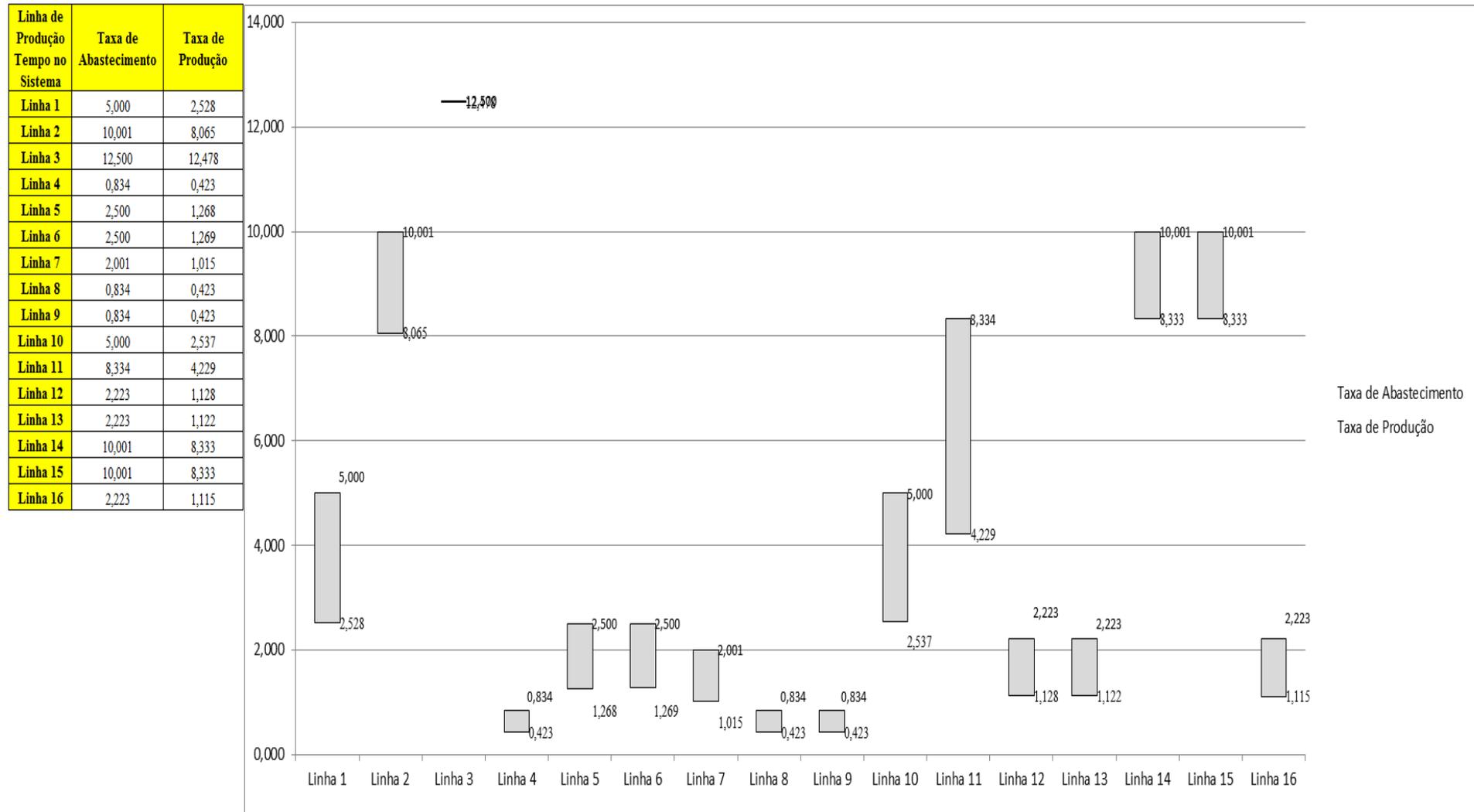


Figura 4.115 – Cenário 7 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

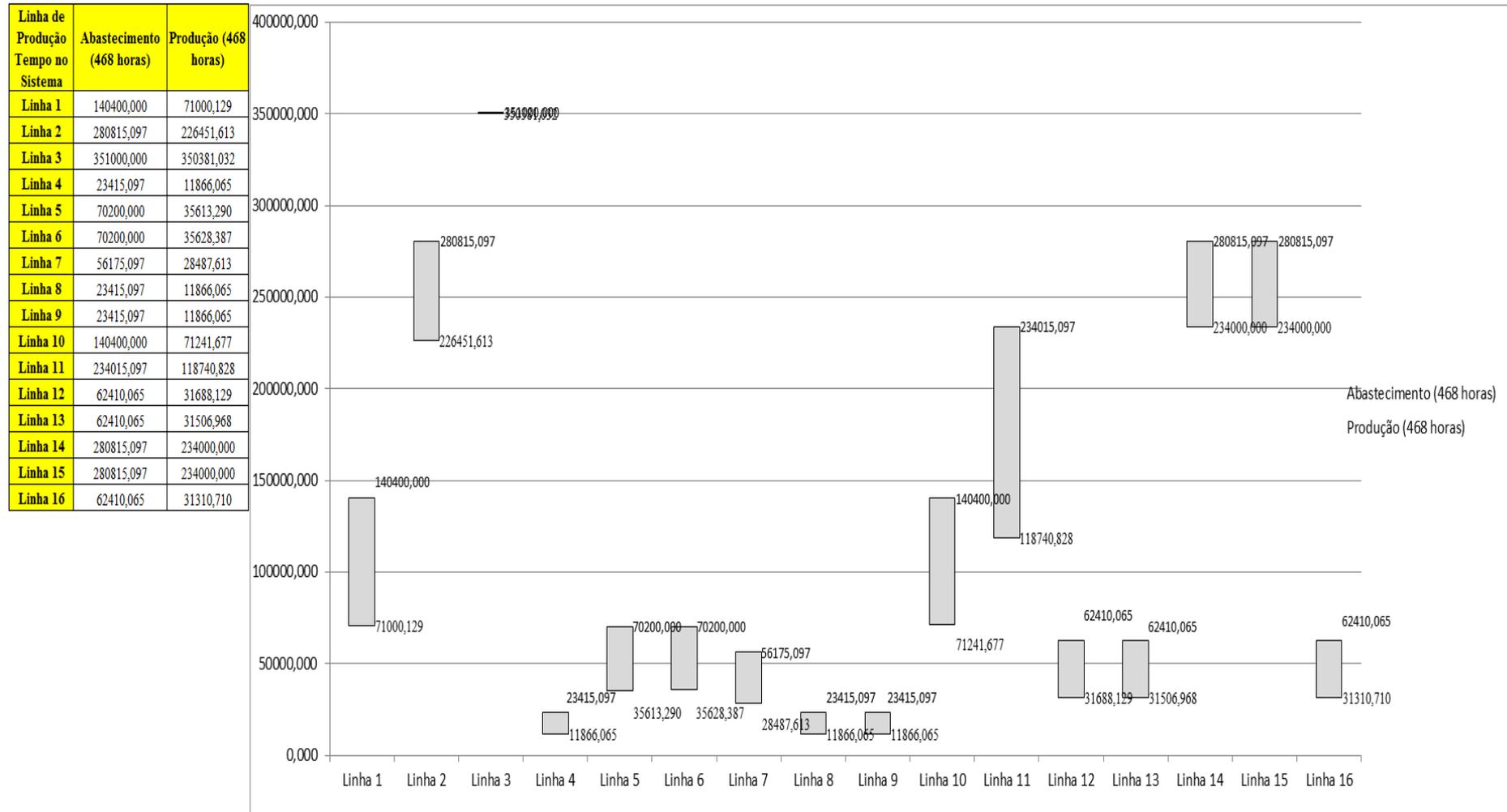


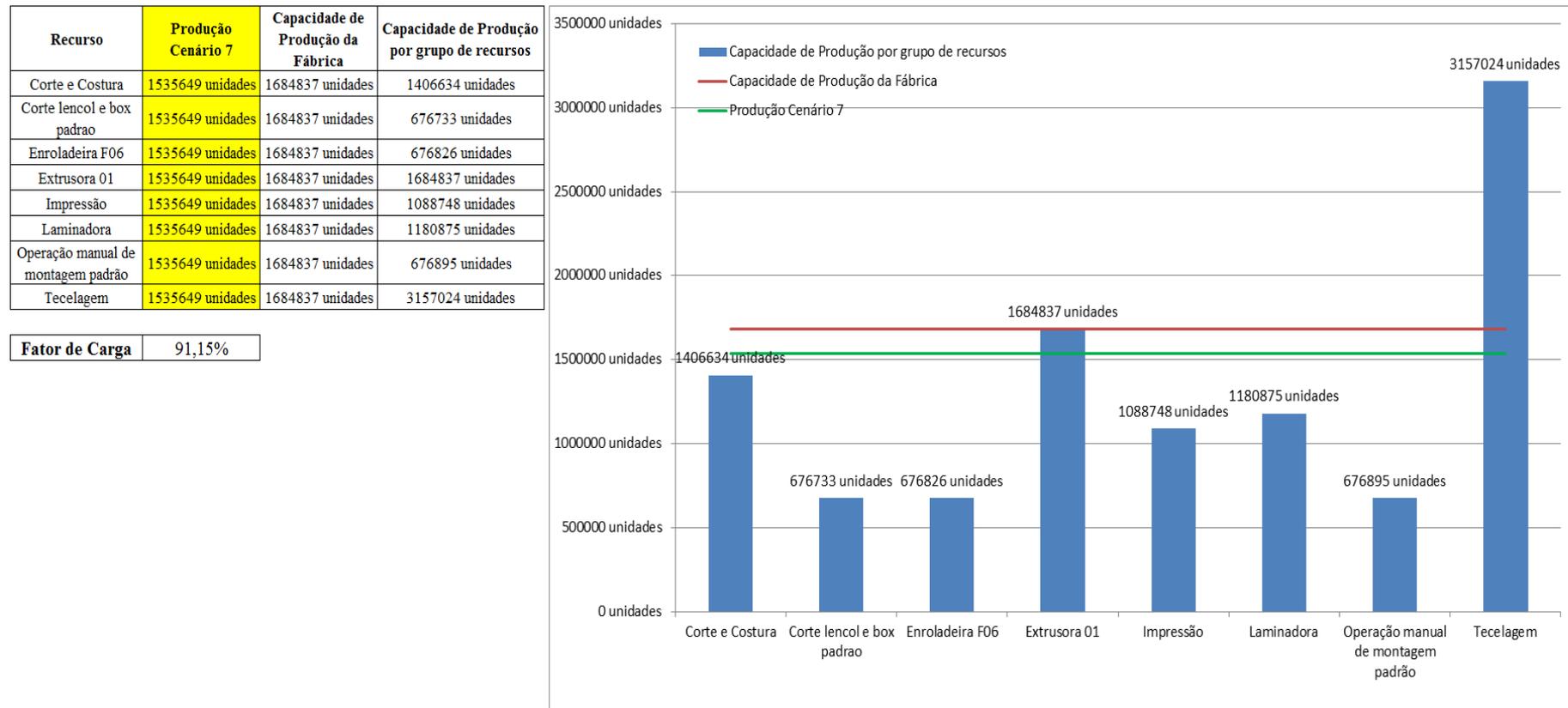
Figura 4.116 – Cenário 7 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	25,75685%	25,38000%	24,90921%	25,09357%	27,30597%	25,77178%	25,90018%	25,65655%	26,74629%
Corte e Costura Supra	1	31,70633%	31,88000%	31,04268%	31,04268%	33,12047%	31,78696%	31,72494%	31,81798%	32,43821%
Corte e Costura Taubate	1	36,45518%	36,80000%	36,00860%	35,86728%	37,78925%	36,51736%	36,46083%	36,77174%	36,88479%
Corte e Costura Vítrea	1	40,55701%	41,20000%	40,23028%	39,91578%	41,75038%	40,59720%	40,38753%	41,01654%	40,96412%
Corte lencol e box padrao	1	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%
Embalagem 001	20	91,09585%	91,15000%	90,31595%	90,31762%	92,81135%	91,14833%	91,14666%	91,17129%	91,98067%
Enroladeira F06	1	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%
Extrusora 01	1	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%
Impressora COMT	1	25,61683%	25,68000%	24,51305%	24,51305%	28,01391%	25,68000%	25,68000%	25,89591%	26,84695%
Impressora PADANE	1	25,63599%	25,70000%	24,53118%	24,53118%	28,03764%	25,70000%	25,70000%	25,91561%	26,86882%
Laminadora	1	62,84907%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,83603%	62,85000%	62,85000%	62,85000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%
Tear 01	1	18,88679%	18,87000%	18,92102%	18,83315%	18,90401%	18,89834%	18,87850%	18,86717%	18,87283%
Tear 02	1	33,47323%	33,39000%	33,62228%	33,65131%	33,56421%	33,41903%	33,47710%	33,44807%	33,47710%
Tear 03	1	42,82704%	43,00000%	42,53763%	42,71744%	42,69176%	42,87157%	42,82019%	42,89725%	42,84588%
Tear 04	1	6,69734%	6,70800%	6,72157%	6,68923%	6,68139%	6,68629%	6,67061%	6,71863%	6,67649%
Tear 05	1	13,02872%	13,07000%	13,03683%	12,98154%	13,08106%	13,03683%	13,11423%	12,93731%	13,01471%
Tear 06	1	18,38709%	18,46000%	18,34953%	18,31639%	18,39372%	18,32743%	18,48209%	18,46000%	18,28324%
Tear 07	1	23,14234%	23,28000%	23,19119%	23,19119%	23,16898%	23,19119%	23,13568%	23,05797%	23,13568%
Tear 08	1	27,49106%	27,53000%	27,42891%	27,63109%	27,59739%	27,44014%	27,45137%	27,46261%	27,57493%
Tear 09	1	31,64798%	31,50000%	31,59154%	31,68307%	31,47712%	31,58009%	31,54577%	31,83182%	32,04922%
Tear 10	1	34,56331%	34,44000%	34,73504%	34,49674%	34,48539%	34,67830%	34,63291%	34,62156%	34,50809%
Tear 11	1	37,63154%	37,33000%	37,65063%	37,71933%	37,66208%	37,75368%	37,43306%	37,55902%	37,39871%
Tear 12	1	40,00306%	39,81000%	39,69554%	40,10760%	39,97025%	40,03892%	39,94735%	39,99314%	40,15339%

Figura 4.117 – Cenário 7 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	25,75685%	24,81702%	26,03187%	25,85738%	25,85079%	25,97260%	25,35037%	25,70923%
Corte e Costura Supra	1	31,70633%	31,13572%	31,75595%	31,72494%	31,78696%	31,63191%	30,94965%	31,75595%
Corte e Costura Taubate	1	36,45518%	36,00860%	36,29124%	36,51736%	36,37604%	36,37604%	35,61290%	36,54562%
Corte e Costura Vitra	1	40,55701%	40,33511%	40,15165%	40,41374%	40,51858%	40,43995%	39,65369%	40,78066%
Corte lencol e box padrao	1	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%	19,32000%
Embalagem 001	20	91,09585%	90,32096%	91,15163%	91,15000%	91,15163%	91,15000%	90,31936%	91,15226%
Enroladeira F06	1	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%	1,87000%
Extrusora 01	1	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%	99,91000%
Impressora COMT	1	25,61683%	24,51305%	25,68000%	25,68000%	25,68000%	25,68000%	24,51655%	25,68000%
Impressora PADANE	1	25,63599%	24,53118%	25,70000%	25,70000%	25,70000%	25,70000%	24,52418%	25,70000%
Laminadora	1	62,84907%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,85000%	62,85000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%	19,31000%
Tear 01	1	18,88679%	18,88134%	18,93519%	18,95219%	18,88417%	18,86394%	18,87850%	18,86150%
Tear 02	1	33,47323%	33,50614%	33,39000%	33,30290%	33,44807%	33,44807%	33,47710%	33,47710%
Tear 03	1	42,82704%	42,79450%	42,82019%	42,89725%	42,84588%	42,92294%	42,84588%	42,89725%
Tear 04	1	6,69734%	6,73725%	6,65199%	6,72157%	6,72157%	6,69119%	6,66081%	6,72353%
Tear 05	1	13,02872%	13,07000%	13,02577%	12,99260%	12,99260%	13,00365%	12,98154%	13,09212%
Tear 06	1	18,38709%	18,33848%	18,33848%	18,43791%	18,46000%	18,31639%	18,43791%	18,40476%
Tear 07	1	23,14234%	23,10237%	23,05797%	23,28000%	23,00246%	23,13568%	23,20229%	23,00246%
Tear 08	1	27,49106%	27,37275%	27,47384%	27,44014%	27,46261%	27,74341%	27,40645%	27,35029%
Tear 09	1	31,64798%	31,64875%	31,67163%	31,38558%	31,66019%	31,69452%	31,67163%	31,72884%
Tear 10	1	34,56331%	34,42865%	34,92795%	34,64426%	34,56482%	34,42865%	34,54213%	34,31518%
Tear 11	1	37,63154%	37,44451%	37,95980%	37,53612%	37,58192%	37,63917%	37,98270%	37,82239%
Tear 12	1	40,00306%	40,26785%	39,93591%	39,97025%	40,10760%	40,02748%	40,03892%	39,98169%

Figura 4.118 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.118 com a 1ª, 2ª, e 3ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 91,15% a partir das alterações realizadas, o que é significativo. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e consequentemente uma programação da produção mais efetiva. Contudo, o fator de carga do cenário 7 foi de 91,15%, menor do que 93,34% do cenário 6 o que indica a necessidade de se avaliar o tamanho do lote no processo de impressão em função do aumento da frequência de *setup*.

Figura 4.119 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

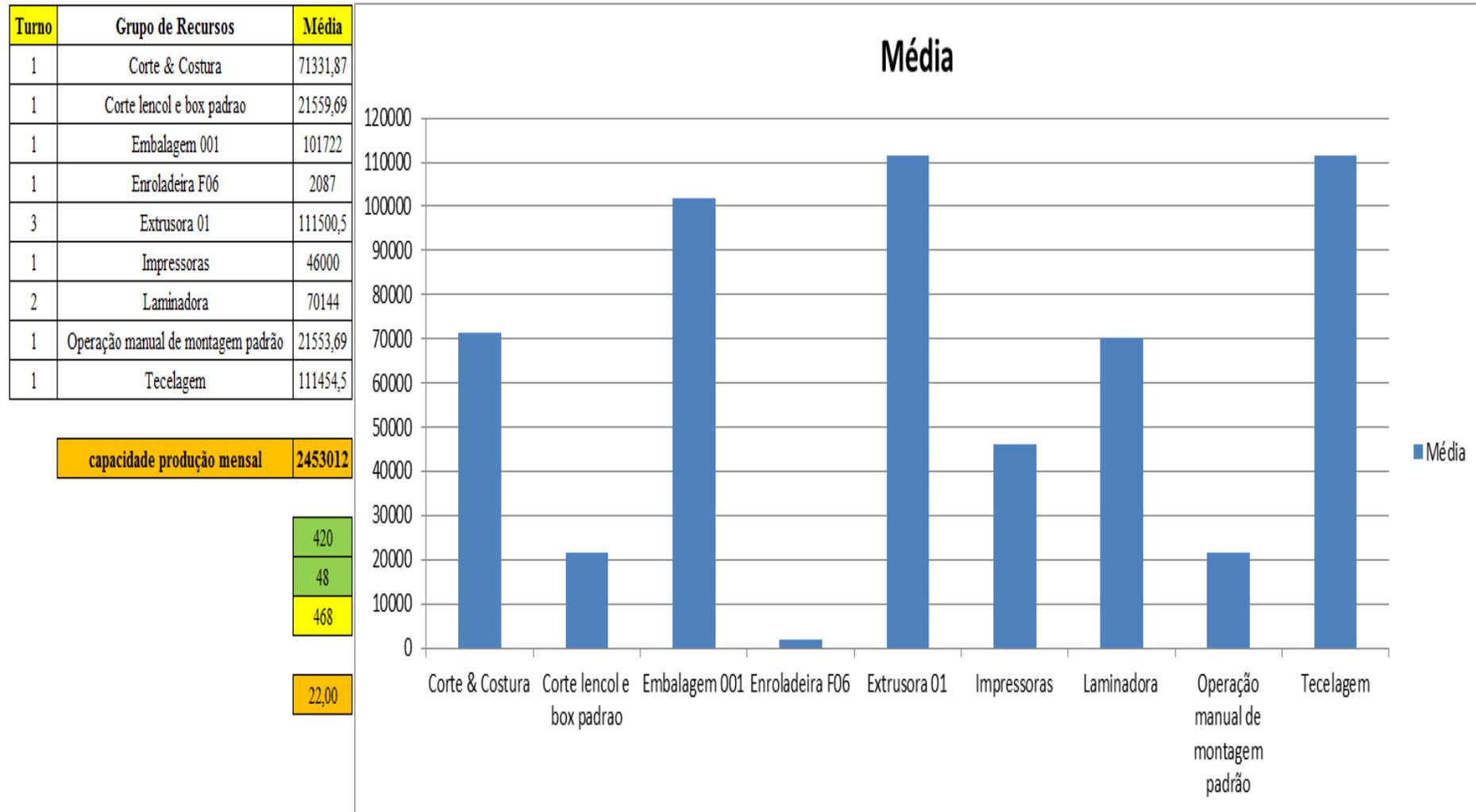


Figura 4.120 – Cenário 7 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	2290,867	2306,13	9300	4703	1	7,6012	7,7111	0,0813	0,0286	0,00	0,200 minutos	0,395 minutos	5,000 (unid./minuto)	2,528 (unid./minuto)	140400,000	6,49%	71000,129	4,62%	
2	723,301	2877,7	18601	15000	2	4,87514	4,9724	0,0548	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,124 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,065 (unid./minuto)	280815,097	12,99%	226451,613	14,75%	
3	0,000	41,0001	23250	23209	3	0,0036	0,0562	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	16,23%	350381,032	22,82%	
4	382,340	382,66	1551	786	4	7,31889	7,4015	0,0402	0,0425	0,00	1,199 minutos	2,366 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,423 (unid./minuto)	23415,097	1,08%	11866,065	0,77%	
5	1145,509	1145,49	4650	2359	5	7,57346	7,6395	0,0235	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,788 minutos	2,500 (unid./minuto)	1,268 (unid./minuto)	70200,000	3,25%	35613,290	2,32%	
6	1145,440	1144,56	4650	2360	6	7,6886	7,7484	0,0173	0,0425	0,00	0,400 minutos	0,788 minutos	2,500 (unid./minuto)	1,269 (unid./minuto)	70200,000	3,25%	35628,387	2,32%	
7	917,110	916,89	3721	1887	7	7,547	7,6173	0,0278	0,0425	0,00	0,500 minutos	0,986 minutos	2,001 (unid./minuto)	1,015 (unid./minuto)	56175,097	2,60%	28487,613	1,86%	
8	382,340	382,66	1551	786	8	7,73292	7,8155	0,0401	0,0425	0,00	1,199 minutos	2,366 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,423 (unid./minuto)	23415,097	1,08%	11866,065	0,77%	
9	382,340	382,66	1551	786	9	7,55206	7,6347	0,0402	0,0425	0,00	1,199 minutos	2,366 minutos	0,834 (unid./minuto)	0,423 (unid./minuto)	23415,097	1,08%	11866,065	0,77%	
10	2291,250	2289,75	9300	4719	10	7,64842	7,7103	0,0194	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,394 minutos	5,000 (unid./minuto)	2,537 (unid./minuto)	140400,000	6,49%	71241,677	4,64%	
11	3820,219	3815,47	15501	7865,3	11	7,57525	7,6354	0,0177	0,0425	0,00	0,120 minutos	0,236 minutos	8,334 (unid./minuto)	4,229 (unid./minuto)	234015,097	10,82%	118740,828	7,73%	
12	1018,035	1016,97	4134	2099	12	6,32808	6,3777	0,0210	0,0286	0,00	0,450 minutos	0,886 minutos	2,223 (unid./minuto)	1,128 (unid./minuto)	62410,065	2,89%	31688,129	2,06%	
13	1017,664	1029,34	4134	2087	13	7,6194	7,7623	0,1142	0,0287	0,00	0,450 minutos	0,891 minutos	2,223 (unid./minuto)	1,122 (unid./minuto)	62410,065	2,89%	31506,968	2,05%	
14	246,540	2854,46	18601	15500	14	4,86	4,9607	0,0651	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,120 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,333 (unid./minuto)	280815,097	12,99%	234000,000	15,24%	
15	264,730	2836,27	18601	15500	15	4,81177	4,8951	0,0478	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,120 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,333 (unid./minuto)	280815,097	12,99%	234000,000	15,24%	
16	1017,291	1042,71	4134	2074	16	7,85441	8,0984	0,2155	0,0285	0,00	0,450 minutos	0,897 minutos	2,223 (unid./minuto)	1,115 (unid./minuto)	62410,065	2,89%	31310,710	2,04%	
	17044,98	24464,7	143230	101720		104,5902	106,0366	0,8427	0,6037	0,00			77,005 (unid./minuto)	54,688 (unid./minuto)	2162310,968		1535648,570		
	11,90%	17,08%	100,00%	71,02%		98,64%	100,00%	0,79%	0,57%	0,00%					71,019%				

De acordo com os resultados das Figuras 4.100 e 4.120 a produção do cenário 7 é de 1.535.648 o que corresponde a 70,019% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra os 828.254 de produção do cenário 2, o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229, com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2 com a 1ª alteração do *setup* corresponde a 90,11%. A diferença com relação ao cenário 6 não é favorável a esse cenário o que demonstra a necessidade da avaliação do tamanho do lote no processo de impressão, o que deve ser realizado a partir do cenário 11. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado não chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo.

#### 4.1 Alteração do tamanho do lote – cenários 11, 12, 13 e 14

A partir do uso da técnica heurística *simulated annealing* foram testadas 42 possibilidades da demanda do *mix* de produtos com impressão por cenário, relacionadas ao tamanho do lote de impressão. Parâmetros do *simulated annealing*:

- 1)  $\alpha = 0,9$ ;
- 2) Temperatura = 2.000 °C;
- 3) *Mix* de possibilidades de demanda entre as 6 possíveis cores de impressão.

De acordo com os dados para cada cenário foi adotado um *mix* com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema com a alteração do tamanho do lote de produção na impressão com base nos resultados da heurística. O melhor resultado e compatível com a demanda média praticado pelo mercado foi do cenário 14 utilizado para os demais cenários: 15, 16, 17, 18 e 19 de acordo com os dados dos respectivos cenários apresentados no presente trabalho.

É fato a partir dos resultados que tamanho de lote acima de 400 unidades (representa 1 bobina) afeta o desempenho do sistema mesmo com a frequência de *setup* o que deve ser minimizado a partir do procedimento de *setup* proposto e do controle efetivo da produção de modo a definir regras de sequenciamento de acordo com o escopo do plano de programação da produção a fim de atender à demanda com o mínimo de perdas de tempo no fluxo de produção o que deve ser garantido a partir do ajuste específico do equipamento de acordo com o produto a ser fabricado e da manutenção dos equipamentos a partir das especificações técnicas, instruções de trabalho de plano de manutenção definido.

Todos esses fatores somente serão mantidos dentro do padrão desejado, além do que já foi exposto, se o quadro de colaboradores for qualificado e apresentar as habilidades e competências necessárias ao controle do processo, capaz de realizar as intervenções de rotina no sistema a fim de manter a fábrica não somente em operação, mas em operação com eficiência e eficácia dos processos, ou seja, um sistema de produção efetivo no atendimento das metas e objetivos traçados no escopo das estratégias de manufatura e do negócio. Cabe ressaltar, nesse caso que as alterações propostas são imprescindíveis, além dos avanços a ser realizados quanto ao fluxo de informações da fábrica e controles efetivos a serem instituídos e executados rotineiramente, mas que é fato para esse tipo de sistema de transformação de uso de mão de obra intensiva a qualificação da mão de obra, assim como o seu comprometimento com os objetivos já mencionados.



Figura 4.122 – Resumo dos resultados (cenário 11) do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.

<b>Produção</b>	alfa	<b>33</b>	<b>Lote mínimo</b>																	
<b>101189,32</b>	0,9		<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>												
			500 unidades	500 unidades	500 unidades	2000 unidades	500 unidades	500 unidades												
<b>Famílias</b>	<b>demanda</b>		<b>Demanda (%)</b>						<b>Demanda (Quantidade)</b>						<b>Atendimento à Demanda</b>					
	<b>%</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
Família 2	14,82%	15786,101	30%	35%	35%	0%	0%	0%	4736	5525	5525	0	0	0	9,47	11,05	11,05	0,00	0,00	0,00
Família 7	14,82%	15786,101	30%	35%	35%	0%	0%	0%	4736	5525	5525	0	0	0	9,47	11,05	11,05	0,00	0,00	0,00
Família 8	15,32%	16312,304	30%	35%	35%	0%	0%	0%	4894	5709	5709	0	0	0	9,79	11,42	11,42	0,00	0,00	0,00

Cenário 11					
1,6575	3,8621	5,7959	0,0000	0,0000	0,0000
1,6575	3,8621	5,7959	0,0000	0,0000	0,0000
1,7128	3,9908	5,9891	0,0000	0,0000	0,0000
Tempo de Setup					
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098

Total do Tempo de Setup						
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Total</b>
1,658	3,862	5,796	0,000	0,000	0,000	11,315
1,658	3,862	5,796	0,000	0,000	0,000	11,315
1,713	3,991	5,989	0,000	0,000	0,000	11,693
						34,324

Figura 4.123 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 11 – Família 02. Fonte: Próprio autor.

Família 2 - 1 cor			Família 2 - 2 cores			Família 2 - 3 cores			Família 2 - 4 cores			Família 2 - 5 cores			Família 2 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,09	0,998454158	2000,000	4,63	0,997685441	2000,000	6,62	0,996693554	2000,000	0,28	0,99986198	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,87	0,998405123	1800,000	4,08	0,997734371	1800,000	5,13	0,997152128	1800,000	1,10	0,999386723	1800,000	1,74	0,99903646	1800,000	0,00	1
1620,000	2,32	0,998568583	1620,000	3,09	0,998094623	1620,000	4,80	0,997040013	1620,000	1,49	0,999080225	1620,000	2,89	0,998216399	1620,000	7,95	0,995105463
1458,000	2,82	0,998069206	1458,000	2,43	0,998336374	1458,000	4,31	0,997051337	1458,000	1,27	0,99912941	1458,000	6,94	0,995250797	1458,000	5,96	0,995919553
1312,200	2,71	0,997938938	1312,200	3,09	0,997648208	1312,200	4,14	0,996850037	1312,200	0,88	0,999327013	1312,200	2,89	0,997798484	1312,200	13,25	0,989955001
1180,980	2,32	0,998036988	1180,980	2,76	0,997666851	1180,980	4,64	0,996081557	1180,980	1,21	0,998972009	1180,980	6,94	0,994140056	1180,980	9,27	0,992178467
1062,882	2,54	0,997611658	1062,882	2,98	0,997200875	1062,882	3,81	0,99642303	1062,882	0,83	0,999221122	1062,882	10,41	0,990252517	1062,882	9,27	0,991313193
956,594	2,21	0,99769233	956,594	2,87	0,997005345	956,594	3,81	0,99602638	956,594	1,27	0,998673386	956,594	10,41	0,989175345	956,594	8,61	0,991038661
860,934	2,21	0,997436251	860,934	2,43	0,99718426	860,934	4,14	0,995202925	860,934	1,44	0,998334004	860,934	9,25	0,989308266	860,934	9,27	0,989286498
774,841	2,60	0,996654195	774,841	3,09	0,996020469	774,841	2,98	0,996160495	774,841	0,83	0,998931735	774,841	9,83	0,987390033	774,841	11,92	0,984730206
697,357	2,65	0,996204198	697,357	3,75	0,994634525	697,357	1,99	0,997154505	697,357	0,66	0,999050374	697,357	8,68	0,987635752	697,357	14,57	0,979320112
627,621	2,32	0,996309442	627,621	3,20	0,994914358	627,621	2,32	0,996312951	627,621	1,16	0,998154334	627,621	13,30	0,979026738	627,621	9,27	0,985333169
564,859	1,99	0,996484874	564,859	2,43	0,995711536	564,859	3,64	0,993571152	564,859	1,55	0,997266895	564,859	12,15	0,978726034	564,859	9,27	0,983716858
508,373	2,32	0,99544573	508,373	2,10	0,995884451	508,373	3,81	0,992536033	508,373	1,27	0,997505201	508,373	9,83	0,980844063	508,373	12,59	0,975547869
457,536	2,04	0,995541902	457,536	2,43	0,994782666	457,536	4,80	0,989558905	457,536	1,05	0,997709853	457,536	10,41	0,977501898	457,536	11,92	0,979217607
411,782	2,43	0,994113643	411,782	3,75	0,990930436	411,782	1,66	0,995986625	411,782	0,77	0,998124637	411,782	13,30	0,968209735	411,782	11,92	0,97146072
370,604	2,76	0,992573484	370,604	4,19	0,988749522	370,604	0,00	1	370,604	0,55	0,998511328	370,604	17,35	0,954258116	370,604	9,94	0,973546519
333,544	2,21	0,993395921	333,544	3,09	0,990779648	333,544	2,65	0,992087861	333,544	0,99	0,997024872	333,544	14,46	0,957573447	333,544	10,60	0,968725079
300,189	1,88	0,993761668	300,189	3,09	0,989760426	300,189	3,97	0,986847912	300,189	1,10	0,996328286	300,189	5,78	0,980916505	300,189	17,88	0,942162943
270,170	2,32	0,991447546	270,170	2,10	0,99226992	270,170	4,14	0,984793491	270,170	0,88	0,996735587	270,170	14,46	0,947885048	270,170	10,60	0,96153176
243,153	1,77	0,992755061	243,153	2,54	0,989616705	243,153	3,31	0,986471619	243,153	1,66	0,993211164	243,153	14,46	0,942264805	243,153	8,61	0,965205854
218,838	1,77	0,991953315	218,838	1,32	0,9939675	218,838	4,97	0,977554528	218,838	1,77	0,99195904	218,838	12,15	0,946007919	218,838	10,60	0,952724753
196,954	2,10	0,989396517	196,954	1,99	0,989966064	196,954	3,31	0,983324887	196,954	1,44	0,992737954	196,954	12,15	0,9401917	196,954	13,25	0,934949435
177,259	1,99	0,988841564	177,259	1,32	0,992557746	177,259	3,31	0,981489346	177,259	1,82	0,989773931	177,259	16,20	0,912684367	177,259	9,27	0,949029367
159,533	1,99	0,987609449	159,533	1,32	0,991734256	159,533	3,31	0,979453875	159,533	1,66	0,989671172	159,533	14,46	0,913346413	159,533	13,25	0,920313844
143,580	2,54	0,982454333	143,580	0,22	0,998464126	143,580	3,31	0,977197191	143,580	1,55	0,989290679	143,580	13,30	0,911508581	143,580	15,90	0,895188732
129,222	1,60	0,987677015	129,222	2,43	0,981389138	129,222	3,97	0,969712394	129,222	1,21	0,99064421	129,222	12,15	0,910285415	129,222	16,56	0,879722318
116,299	1,49	0,987254804	116,299	1,10	0,990556877	116,299	4,31	0,963656078	116,299	1,93	0,98352142	116,299	16,20	0,870006199	116,299	11,26	0,907716053
104,670	2,27	0,978590063	104,670	3,53	0,966827601	104,670	2,48	0,976548082	104,670	0,00	1	104,670	17,35	0,847232865	104,670	16,56	0,853671684
94,203	2,21	0,976812406	94,203	2,98	0,968868252	94,203	1,16	0,987770285	94,203	0,88	0,990666273	94,203	14,46	0,857701008	94,203	18,55	0,821287689
84,782	1,33	0,98448124	84,782	1,77	0,9793912	84,782	4,31	0,950484895	84,782	1,44	0,983210832	84,782	16,20	0,826114522	84,782	15,23	0,835526074
76,304	0,66	0,99134851	76,304	0,88	0,988497705	76,304	4,64	0,941043424	76,304	1,99	0,974287567	76,304	18,51	0,784610822	76,304	17,88	0,791058689
68,674	1,44	0,97929899	68,674	0,77	0,98881542	68,674	0,83	0,988015647	68,674	2,21	0,96835262	68,674	20,24	0,744690313	68,674	19,87	0,748741207
61,806	0,50	0,991986786	61,806	0,00	1	61,806	5,96	0,908051705	61,806	2,04	0,967487972	61,806	19,09	0,734309775	61,806	18,55	0,740759713
55,626	0,44	0,992085322	55,626	0,11	0,998018263	55,626	5,96	0,898371981	55,626	2,04	0,963941411	55,626	19,09	0,709540208	55,626	18,55	0,716468434
50,063	0,39	0,992304326	50,063	0,22	0,995601472	50,063	5,96	0,887737702	50,063	2,04	0,960016034	50,063	19,09	0,682997165	50,063	18,55	0,690411228
45,057	0,33	0,99266944	45,057	0,22	0,995113943	45,057	6,13	0,872855522	45,057	2,04	0,95567325	45,057	19,09	0,654667831	45,057	18,55	0,662568736
40,551	0,22	0,99456478	40,551	0,44	0,989174504	40,551	6,13	0,859766273	40,551	2,04	0,95087097	40,551	19,09	0,624566793	40,551	18,55	0,632947532
36,496	0,11	0,996976777	36,496	0,66	0,982022692	36,496	6,13	0,845452744	36,496	2,04	0,945563401	36,496	19,09	0,592741634	36,496	18,55	0,601585633
32,846	0,06	0,998319301	32,846	0,77	0,976758411	32,846	6,13	0,829828132	32,846	2,04	0,939700841	32,846	19,09	0,559278674	32,846	18,55	0,568558231
29,562	0,00	1	29,562	0,77	0,974209589	29,562	6,13	0,812805881	29,562	2,07	0,932358427	29,562	19,09	0,524308568	29,562	18,88	0,528034316
		0,976812406			0,966827601			0,812805881			0,932358427			0,524308568			0,528034316

Figura 4.124 – Cálculo do Δ para o cenário 11 – Família 07. Fonte: Próprio autor.

Família 7 - 1 cor			Família 7 - 2 cores			Família 7 - 3 cores			Família 7 - 4 cores			Família 7 - 5 cores			Família 7 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>∅</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,09	0,998454158	2000,000	4,63	0,997685441	2000,000	6,62	0,996693554	2000,000	0,28	0,99986198	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,87	0,998405123	1800,000	4,08	0,997734371	1800,000	5,13	0,997152128	1800,000	1,10	0,999386723	1800,000	1,74	0,99903646	1800,000	0,00	1
1620,000	2,32	0,998568583	1620,000	3,09	0,998094623	1620,000	4,80	0,997040013	1620,000	1,49	0,999080225	1620,000	2,89	0,998216399	1620,000	7,95	0,995105463
1458,000	2,82	0,998069206	1458,000	2,43	0,998336374	1458,000	4,31	0,997051337	1458,000	1,27	0,99912941	1458,000	6,94	0,995250797	1458,000	5,96	0,995919553
1312,200	2,71	0,997938938	1312,200	3,09	0,997648208	1312,200	4,14	0,996850037	1312,200	0,88	0,999327013	1312,200	2,89	0,997798484	1312,200	13,25	0,989955001
1180,980	2,32	0,998036988	1180,980	2,76	0,997666851	1180,980	4,64	0,996081557	1180,980	1,21	0,998972009	1180,980	6,94	0,994140056	1180,980	9,27	0,992178467
1062,882	2,54	0,997611658	1062,882	2,98	0,997200875	1062,882	3,81	0,99642303	1062,882	0,83	0,999221122	1062,882	10,41	0,990252517	1062,882	9,27	0,991313193
956,594	2,21	0,99769233	956,594	2,87	0,997005345	956,594	3,81	0,99602638	956,594	1,27	0,998673386	956,594	10,41	0,989175345	956,594	8,61	0,991038661
860,934	2,21	0,997436251	860,934	2,43	0,99718426	860,934	4,14	0,995202925	860,934	1,44	0,998334004	860,934	9,25	0,989308266	860,934	9,27	0,989286498
774,841	2,60	0,996654195	774,841	3,09	0,996020469	774,841	2,98	0,996160495	774,841	0,83	0,998931735	774,841	9,83	0,987390033	774,841	11,92	0,984730206
697,357	2,65	0,996204198	697,357	3,75	0,994634525	697,357	1,99	0,997154505	697,357	0,66	0,999050374	697,357	8,68	0,987635752	697,357	14,57	0,979320112
627,621	2,32	0,996309442	627,621	3,20	0,994914358	627,621	2,32	0,996312951	627,621	1,16	0,998154334	627,621	13,30	0,979026738	627,621	9,27	0,985333169
564,859	1,99	0,996484874	564,859	2,43	0,995711536	564,859	3,64	0,993571152	564,859	1,55	0,997266895	564,859	12,15	0,978726034	564,859	9,27	0,983716858
508,373	2,32	0,99544573	508,373	2,10	0,995884451	508,373	3,81	0,992536033	508,373	1,27	0,997505201	508,373	9,83	0,980844063	508,373	12,59	0,975547869
457,536	2,04	0,995541902	457,536	2,43	0,994708266	457,536	4,80	0,989558905	457,536	1,05	0,997709853	457,536	10,41	0,977501898	457,536	11,92	0,974276707
411,782	2,43	0,994113643	411,782	3,75	0,990930436	411,782	1,66	0,995986625	411,782	0,77	0,998124637	411,782	13,30	0,968209735	411,782	11,92	0,971460272
370,604	2,76	0,992573484	370,604	4,19	0,988749522	370,604	0,00	1	370,604	0,55	0,998511328	370,604	17,35	0,954258116	370,604	9,94	0,973546519
333,544	2,21	0,993395921	333,544	3,09	0,990779648	333,544	2,65	0,992087861	333,544	0,99	0,997024872	333,544	14,46	0,957573447	333,544	10,60	0,968725079
300,189	1,88	0,993761668	300,189	3,09	0,989760426	300,189	3,97	0,986847912	300,189	1,10	0,996328286	300,189	5,78	0,980916505	300,189	17,88	0,942162943
270,170	2,32	0,991447546	270,170	2,10	0,99226992	270,170	4,14	0,984793491	270,170	0,88	0,996735587	270,170	14,46	0,947885048	270,170	10,60	0,96153176
243,153	1,77	0,992755061	243,153	2,54	0,989616705	243,153	3,31	0,986471619	243,153	1,66	0,993211164	243,153	14,46	0,942264805	243,153	8,61	0,965205854
218,838	1,77	0,991953315	218,838	1,32	0,9939675	218,838	4,97	0,977554528	218,838	1,77	0,99195904	218,838	12,15	0,946007919	218,838	10,60	0,952724753
196,954	2,10	0,989396517	196,954	1,99	0,989966064	196,954	3,31	0,983324887	196,954	1,44	0,992737954	196,954	12,15	0,9401917	196,954	13,25	0,934949435
177,259	1,99	0,988841564	177,259	1,32	0,992557746	177,259	3,31	0,981489346	177,259	1,82	0,989773931	177,259	16,20	0,912684367	177,259	9,27	0,949029367
159,533	1,99	0,987609449	159,533	1,32	0,991734256	159,533	3,31	0,979453875	159,533	1,66	0,989671172	159,533	14,46	0,913346413	159,533	13,25	0,920313844
143,580	2,54	0,982454333	143,580	0,22	0,998464126	143,580	3,31	0,977197191	143,580	1,55	0,989290679	143,580	13,30	0,911508581	143,580	15,90	0,895188732
129,222	1,60	0,987677015	129,222	2,43	0,981389138	129,222	3,97	0,969712394	129,222	1,21	0,99064421	129,222	12,15	0,910285415	129,222	16,56	0,879722318
116,299	1,49	0,987254804	116,299	1,10	0,990556877	116,299	4,31	0,963656078	116,299	1,93	0,98352142	116,299	16,20	0,870006199	116,299	11,26	0,907716053
104,670	2,27	0,978590063	104,670	3,53	0,966827601	104,670	2,48	0,976548082	104,670	0,00	1	104,670	17,35	0,847232865	104,670	16,56	0,853671684
94,203	2,21	0,976812406	94,203	2,98	0,968868252	94,203	1,16	0,987770285	94,203	0,88	0,990666273	94,203	14,46	0,857701008	94,203	18,55	0,821287689
84,782	1,33	0,98448124	84,782	1,77	0,9793912	84,782	4,31	0,950484895	84,782	1,44	0,983210832	84,782	16,20	0,826114522	84,782	15,23	0,835526074
76,304	0,66	0,99134851	76,304	0,88	0,988497705	76,304	4,64	0,941043424	76,304	1,99	0,974287567	76,304	18,51	0,784610822	76,304	17,88	0,791058689
68,674	1,44	0,97929899	68,674	0,77	0,98881542	68,674	0,83	0,988015647	68,674	2,21	0,96835262	68,674	20,24	0,744690313	68,674	19,87	0,748741207
61,806	0,50	0,991986786	61,806	0,00	1	61,806	5,96	0,908051705	61,806	2,04	0,967487972	61,806	19,09	0,734309775	61,806	18,55	0,740759713
55,626	0,44	0,992085322	55,626	0,11	0,998018263	55,626	5,96	0,898371981	55,626	2,04	0,963941411	55,626	19,09	0,709540208	55,626	18,55	0,716468434
50,063	0,39	0,992304326	50,063	0,22	0,995601472	50,063	5,96	0,887737702	50,063	2,04	0,960016034	50,063	19,09	0,682997165	50,063	18,55	0,690411228
45,057	0,33	0,99266944	45,057	0,22	0,995113943	45,057	6,13	0,872855522	45,057	2,04	0,95567325	45,057	19,09	0,654667831	45,057	18,55	0,662568736
40,551	0,22	0,99456478	40,551	0,44	0,989174504	40,551	6,13	0,859766273	40,551	2,04	0,95087097	40,551	19,09	0,624566793	40,551	18,55	0,632947532
36,496	0,11	0,996976777	36,496	0,66	0,982022692	36,496	6,13	0,845452744	36,496	2,04	0,945563401	36,496	19,09	0,592741634	36,496	18,55	0,601585633
32,846	0,06	0,998319301	32,846	0,77	0,976758411	32,846	6,13	0,829828132	32,846	2,04	0,939700841	32,846	19,09	0,559278674	32,846	18,55	0,568558231
29,562	0,00	1	29,562	0,77	0,974209589	29,562	6,13	0,812805881	29,562	2,07	0,932358427	29,562	19,09	0,524308568	29,562	18,88	0,528034316
		0,976812406			0,966827601			0,812805881			0,932358427			0,524308568			0,528034316

Figura 4.125 – Cálculo do Δ para o cenário 11 – Família 08. Fonte: Próprio autor.

Família 8 - 1 cor			Família 8 - 2 cores			Família 8 - 3 cores			Família 8 - 4 cores			Família 8 - 5 cores			Família 8 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,20	0,998402671	2000,000	4,79	0,997608381	2000,000	6,84	0,996583528	2000,000	0,29	0,999857379	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,97	0,998352004	1800,000	4,22	0,997658938	1800,000	5,30	0,997057339	1800,000	1,14	0,999366287	1800,000	1,79	0,999004358	1800,000	0,00	1
1620,000	2,40	0,998520904	1620,000	3,19	0,998031173	1620,000	4,96	0,996941498	1620,000	1,54	0,999049581	1620,000	2,99	0,998157	1620,000	8,21	0,994942726
1458,000	2,91	0,99800491	1458,000	2,51	0,998280967	1458,000	4,45	0,996953198	1458,000	1,31	0,999100403	1458,000	7,17	0,995092879	1458,000	6,16	0,995783825
1312,200	2,80	0,997870309	1312,200	3,19	0,997569911	1312,200	4,28	0,996745209	1312,200	0,91	0,999304588	1312,200	2,99	0,997725184	1312,200	13,69	0,989621911
1180,980	2,40	0,99797162	1180,980	2,85	0,997589174	1180,980	4,79	0,995951207	1180,980	1,26	0,998937761	1180,980	7,17	0,993945317	1180,980	9,58	0,991918806
1062,882	2,63	0,997532145	1062,882	3,08	0,997107706	1062,882	3,94	0,996304019	1062,882	0,86	0,99919517	1062,882	10,76	0,989929242	1062,882	9,58	0,991024936
956,594	2,28	0,997615499	956,594	2,96	0,996905678	956,594	3,94	0,995894198	956,594	1,31	0,998629196	956,594	10,76	0,988816548	956,594	8,90	0,990741337
860,934	2,28	0,997350906	860,934	2,51	0,997090539	860,934	4,28	0,995043419	860,934	1,48	0,998278519	860,934	9,56	0,98895385	860,934	9,58	0,988931365
774,841	2,68	0,996542861	774,841	3,19	0,995888091	774,841	3,08	0,996032766	774,841	0,86	0,998896145	774,841	10,16	0,98697245	774,841	12,32	0,984252548
697,357	2,74	0,99607792	697,357	3,88	0,994456173	697,357	2,05	0,997059794	697,357	0,68	0,999018736	697,357	8,97	0,987226254	697,357	15,06	0,978638197
627,621	2,40	0,996186659	627,621	3,31	0,994745283	627,621	2,40	0,996190284	627,621	1,20	0,99809287	627,621	13,75	0,978335257	627,621	9,58	0,984847997
564,859	2,06	0,996367916	564,859	2,51	0,995568905	564,859	3,76	0,99335757	564,859	1,60	0,99717592	564,859	12,55	0,97802475	564,859	9,58	0,983178677
508,373	2,40	0,995294279	508,373	2,17	0,995747558	508,373	3,94	0,992288195	508,373	1,31	0,997422149	508,373	10,16	0,980211891	508,373	13,00	0,974743177
457,536	2,11	0,995393641	457,536	2,51	0,994532358	457,536	4,96	0,989212752	457,536	1,08	0,997633606	457,536	10,76	0,976760742	457,536	12,32	0,973431684
411,782	2,51	0,993918029	411,782	3,88	0,990629538	411,782	1,71	0,995853123	411,782	0,80	0,998062185	411,782	13,75	0,967167646	411,782	12,32	0,970523569
370,604	2,85	0,992326886	370,604	4,33	0,988376694	370,604	0,00	1	370,604	0,57	0,998461744	370,604	17,93	0,952769965	370,604	10,27	0,972676893
333,544	2,28	0,993176538	333,544	3,19	0,990473771	333,544	2,74	0,991825204	333,544	1,03	0,996925854	333,544	14,94	0,956190662	333,544	10,95	0,9676996
300,189	1,94	0,993554395	300,189	3,19	0,989420919	300,189	4,11	0,9864125	300,189	1,14	0,996206128	300,189	5,98	0,9802867	300,189	18,48	0,940293757
270,170	2,40	0,991163728	270,170	2,17	0,992013283	270,170	4,28	0,984290609	270,170	0,91	0,996626957	270,170	14,94	0,946195464	270,170	10,95	0,960275293
243,153	1,83	0,992514469	243,153	2,62	0,989272459	243,153	3,42	0,986023839	243,153	1,71	0,992985665	243,153	14,94	0,940398805	243,153	8,90	0,964067136
218,838	1,83	0,99168621	218,838	1,37	0,993767044	218,838	5,13	0,976815086	218,838	1,83	0,991692124	218,838	12,55	0,944259285	218,838	10,95	0,951188003
196,954	2,17	0,98904501	196,954	2,05	0,989633339	196,954	3,42	0,982773865	196,954	1,48	0,992496796	196,954	12,55	0,938260918	196,954	13,69	0,932855539
177,259	2,06	0,988471768	177,259	1,37	0,992310627	177,259	3,42	0,980878261	177,259	1,88	0,989434868	177,259	16,74	0,90990901	177,259	9,58	0,947375844
159,533	2,06	0,987199085	159,533	1,37	0,991459911	159,533	3,42	0,978776323	159,533	1,71	0,989328721	159,533	14,94	0,910591053	159,533	13,69	0,917769922
143,580	2,63	0,98187481	143,580	0,23	0,998412971	143,580	3,42	0,976446119	143,580	1,60	0,988935683	143,580	13,75	0,908697752	143,580	16,43	0,891890957
129,222	1,66	0,987268874	129,222	2,51	0,980774777	129,222	4,11	0,968718762	129,222	1,26	0,990333862	129,222	12,55	0,907437739	129,222	17,11	0,875972482
116,299	1,54	0,986832773	116,299	1,14	0,990243647	116,299	4,45	0,962467634	116,299	2,00	0,982976835	116,299	16,74	0,865977135	116,299	11,64	0,904791163
104,670	2,34	0,977884348	104,670	3,65	0,965741012	104,670	2,57	0,975775896	104,670	0,00	1	104,670	17,93	0,842563977	104,670	17,11	0,849181594
94,203	2,28	0,976048816	94,203	3,08	0,967847389	94,203	1,20	0,987365214	94,203	0,91	0,990356654	94,203	14,94	0,853323654	94,203	19,16	0,815915449
84,782	1,37	0,983968116	84,782	1,82	0,978711604	84,782	4,45	0,948877307	84,782	1,48	0,982656074	84,782	16,74	0,820871036	84,782	15,74	0,830536406
76,304	0,69	0,991061419	76,304	0,91	0,988116582	76,304	4,79	0,939139239	76,304	2,05	0,973441968	76,304	19,13	0,778292366	76,304	18,48	0,78490241
68,674	1,48	0,978616386	68,674	0,80	0,988444763	68,674	0,86	0,987618651	68,674	2,28	0,967315135	68,674	20,92	0,737408651	68,674	20,53	0,741554019
61,806	0,51	0,991720788	61,806	0,00	1	61,806	6,16	0,905136888	61,806	2,11	0,966422636	61,806	19,72	0,726789459	61,806	19,16	0,7333871
55,626	0,46	0,991822581	55,626	0,11	0,997952273	55,626	6,16	0,89516839	55,626	2,11	0,962762116	55,626	19,72	0,701470768	55,626	19,16	0,708549664
50,063	0,40	0,992048826	50,063	0,23	0,995455188	50,063	6,16	0,88422099	50,063	2,11	0,958711131	50,063	19,72	0,674372001	50,063	19,16	0,681937815
45,057	0,34	0,992426016	45,057	0,23	0,994951486	45,057	6,33	0,868907961	45,057	2,11	0,954230025	45,057	19,72	0,64548829	45,057	19,16	0,653539695
40,551	0,23	0,994384116	40,551	0,46	0,98881568	40,551	6,33	0,855446955	40,551	2,11	0,949275579	40,551	19,72	0,614843878	40,551	19,16	0,623371057
36,496	0,11	0,99687616	36,496	0,68	0,981429047	36,496	6,33	0,84073472	36,496	2,11	0,943800803	36,496	19,72	0,582497789	36,496	19,16	0,591480873
32,846	0,06	0,998263327	32,846	0,80	0,975993065	32,846	6,33	0,824684361	32,846	2,11	0,9377544743	32,846	19,72	0,548549556	32,846	19,16	0,557957068
29,562	0,00	1	29,562	0,80	0,97336146	29,562	6,33	0,807209749	29,562	2,14	0,930184283	29,562	19,72	0,513144707	29,562	19,51	0,516913116
		0,976048816			0,965741012			0,807209749			0,930184283			0,513144707			0,516913116

Figura 4.126 – Tempo do *setup* – cenário 11 – Família 2 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

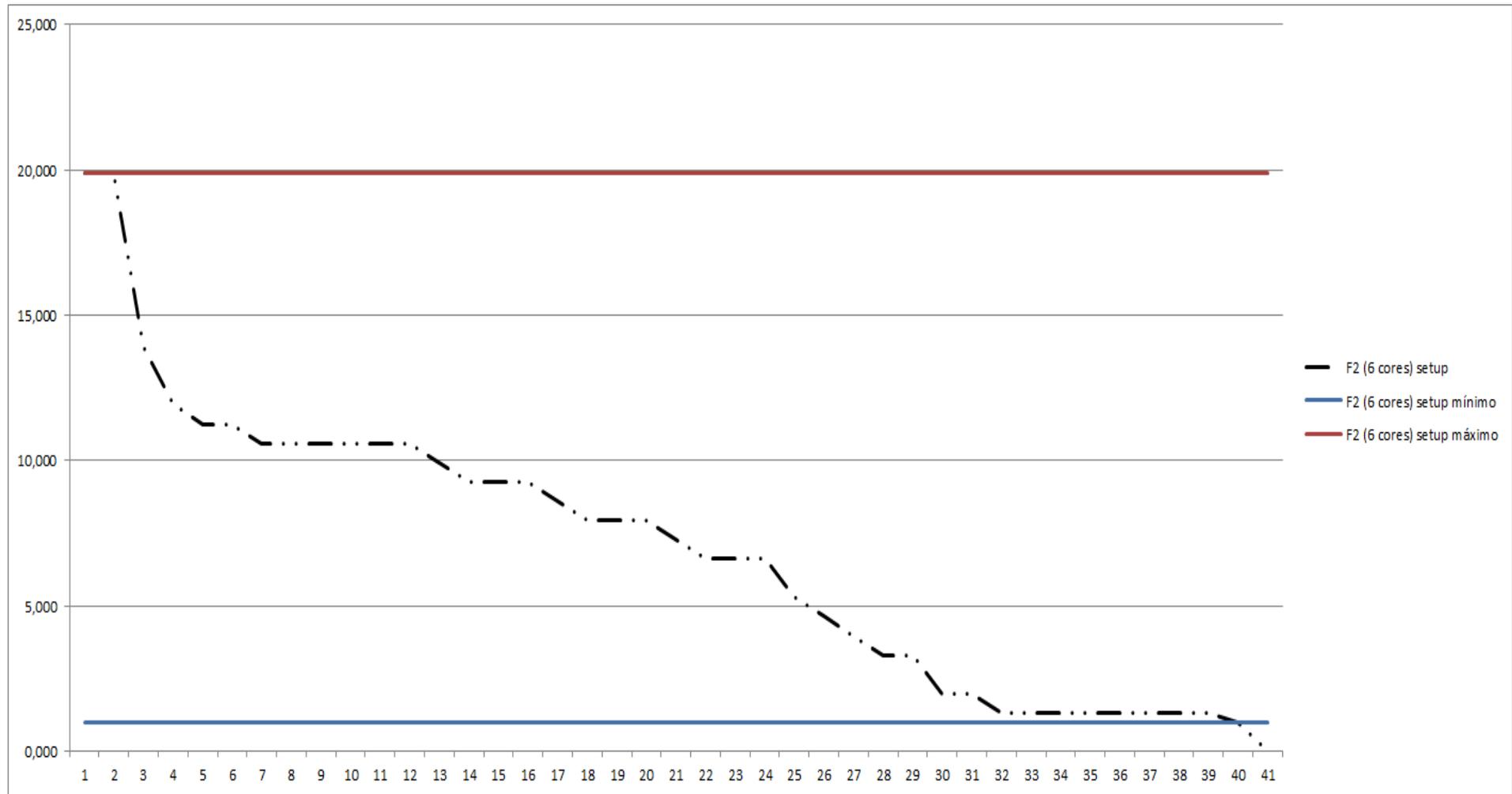


Figura 4.127 – Tempo do *setup* – cenário 11 – Família 7 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

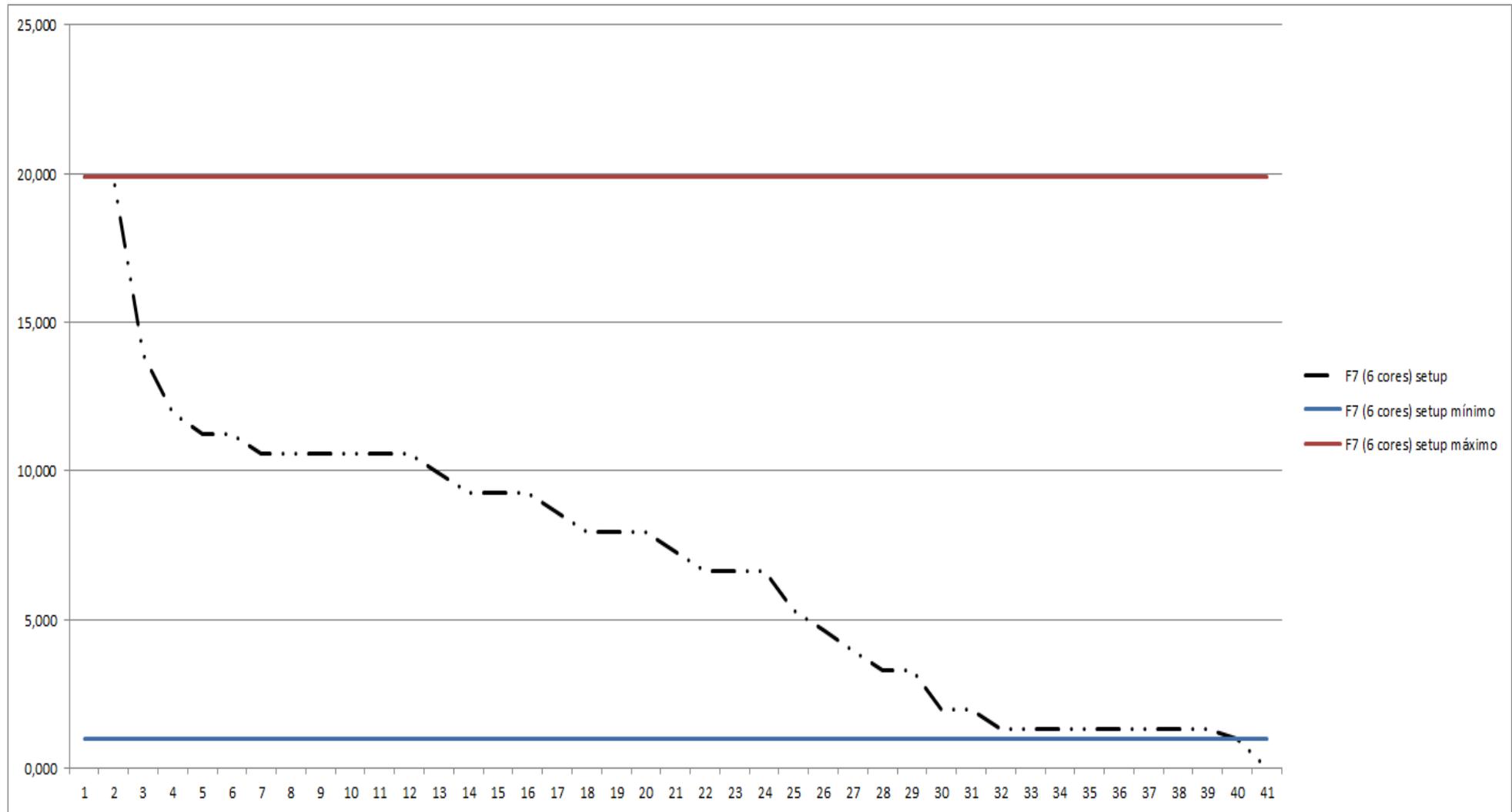


Figura 4.128 – Tempo do *setup* – cenário 11 – Família 8 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

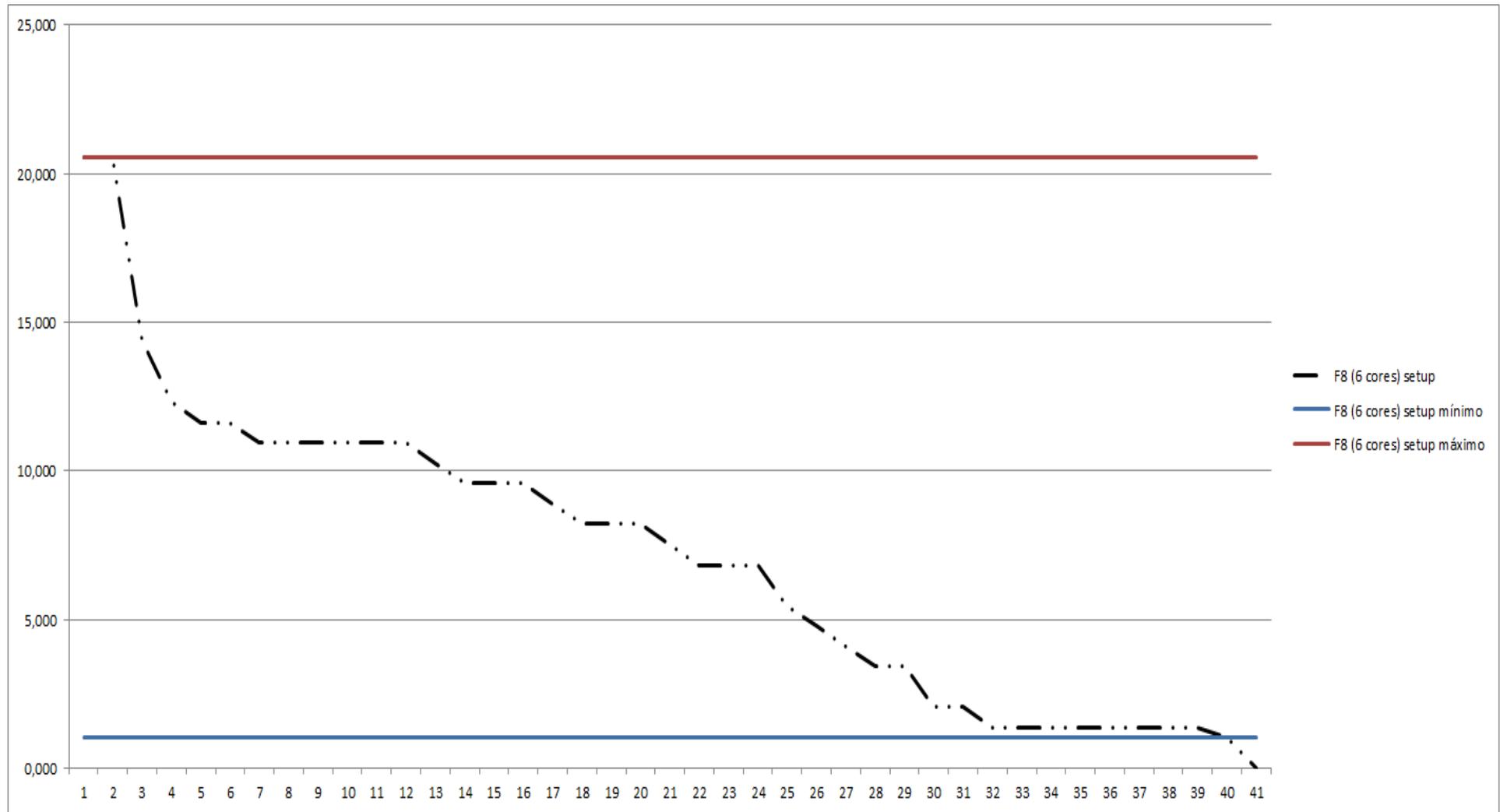


Figura 4.129 – Opção 18 adotada para o cenário 12 das possibilidades de mix dos produtos de impressão. Fonte: Próprio autor.

18								alterar →	simulação (médio)	7,0303	7,7558	5,5142	7,1866	14,545	10,875	7,2774	7,9257	5,3145	7,5194	14,241	10,645	6,8119	7,9133	5,6665	7,5364	14,525	11,008						
								alterar →	simulação (mínimo)	0,5722	0,9212	1,2712	1,6768	1,832	2,098	0,7485	0,9212	1,2712	1,9218	1,832	2,098	0,5722	0,921	1,2712	1,8804	1,98	2,098						
								alterar →	simulação (máximo)	13,707	14,717	9,9241	12,667	27,658	19,73	13,912	14,951	9,4887	13,178	27,19	19,024	13,493	14,76	10,028	13,222	27,109	19,805						
									%	-6%	-29%	4%	82%	-50%	-64%	-6%	-29%	4%	82%	-50%	-64%	-6%	-29%	4%	82%	-50%	-64%						
									preparação	0,6103	1,2897	1,2204	0,9222	3,664	5,8744	0,7984	1,2897	1,2204	1,057	3,664	5,8744	0,6103	1,2894	1,2204	1,0342	3,96	5,8744						
									planilha	0,35	0,46	1,72	2,94	0,96	1,10	0,35	0,46	1,72	2,94	0,96	1,10	0,36	0,48	1,78	3,04	1,00	1,14						
										Familia 2						Familia 7						Familia 8											
										1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores						
										2,10	1,84	3,16	2,32	1,05	1,47	2,10	1,84	3,16	2,32	1,05	1,47	2,17	1,90	3,26	2,39	1,09	1,52						
								alterar ↓		Setup - Família 2						Setup - Família 7						Setup - Família 8											
	alfa	18						30	10	18	18	21	22	Produção	Demanda - %																		
	0,9	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	106492,32	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores							
100,00%		0							1	0,0%	0,0%	0,0%	35,0%	35,0%	30,0%	0,00	0,00	0,00	2,58	6,75	6,62	0,00	0,00	0,00	2,58	6,75	6,62	0,00	0,00	0,00	2,66	6,97	6,84
100,00%		0							2	4,0%	5,0%	9,0%	20,0%	32,0%	30,0%	0,09	0,23	0,62	1,47	6,17	6,62	0,09	0,23	0,62	1,47	6,17	6,62	0,10	0,24	0,64	1,52	6,38	6,84
100,00%		1		1					3	14,0%	14,0%	11,0%	13,0%	30,0%	18,0%	0,32	0,64	0,76	0,96	5,78	3,97	0,32	0,64	0,76	0,96	5,78	3,97	0,33	0,67	0,78	0,99	5,98	4,11
100,00%		0							4	5,0%	20,0%	14,0%	17,0%	23,0%	21,0%	0,12	0,92	0,97	1,25	4,43	4,64	0,12	0,92	0,97	1,25	4,43	4,64	0,12	0,95	1,00	1,29	4,58	4,79
100,00%		1		1					5	7,0%	14,0%	15,0%	24,0%	30,0%	10,0%	0,16	0,64	1,03	1,77	5,78	2,21	0,16	0,64	1,03	1,77	5,78	2,21	0,17	0,67	1,07	1,83	5,98	2,28
100,00%		0							6	14,0%	17,0%	12,0%	18,0%	23,0%	16,0%	0,32	0,78	0,83	1,33	4,43	3,53	0,32	0,78	0,83	1,33	4,43	3,53	0,33	0,81	0,86	1,37	4,58	3,65
100,00%		0							7	10,0%	15,0%	17,0%	25,0%	17,0%	16,0%	0,23	0,69	1,17	1,84	3,28	3,53	0,23	0,69	1,17	1,84	3,28	3,53	0,24	0,71	1,21	1,90	3,39	3,65
100,00%		1		1					8	16,0%	16,0%	17,0%	17,0%	17,0%	17,0%	0,37	0,74	1,17	1,25	3,28	3,75	0,37	0,74	1,17	1,25	3,28	3,75	0,38	0,76	1,21	1,29	3,39	3,88
100,00%		1		1					9	16,0%	20,0%	15,0%	14,0%	19,0%	16,0%	0,37	0,92	1,03	1,03	3,66	3,53	0,37	0,92	1,03	1,03	3,66	3,53	0,38	0,95	1,07	1,06	3,79	3,65
100,00%		1			1				10	9,0%	14,0%	22,0%	25,0%	18,0%	12,0%	0,21	0,64	1,52	1,84	3,47	2,65	0,21	0,64	1,52	1,84	3,47	2,65	0,21	0,67	1,57	1,90	3,59	2,74
100,00%		0							11	8,0%	8,0%	28,0%	28,0%	20,0%	8,0%	0,18	0,37	1,93	2,06	3,86	1,77	0,18	0,37	1,93	2,06	3,86	1,77	0,19	0,38	2,00	2,13	3,98	1,83
100,00%		0							12	14,0%	13,0%	26,0%	19,0%	12,0%	16,0%	0,32	0,60	1,79	1,40	2,31	3,53	0,32	0,60	1,79	1,40	2,31	3,53	0,33	0,62	1,85	1,45	2,39	3,65
100,00%		0							13	20,0%	20,0%	18,0%	12,0%	14,0%	16,0%	0,46	0,92	1,24	0,88	2,70	3,53	0,46	0,92	1,24	0,88	2,70	3,53	0,48	0,95	1,28	0,91	2,79	3,65
100,00%		0							14	14,0%	23,0%	17,0%	17,0%	18,0%	11,0%	0,32	1,06	1,17	1,25	3,47	2,43	0,32	1,06	1,17	1,25	3,47	2,43	0,33	1,09	1,21	1,29	3,59	2,51
100,00%		0							15	19,0%	20,0%	11,0%	21,0%	17,0%	12,0%	0,44	0,92	0,76	1,55	3,28	2,65	0,44	0,92	0,76	1,55	3,28	2,65	0,45	0,95	0,78	1,60	3,39	2,74
100,00%		0							16	12,0%	8,0%	30,0%	26,0%	12,0%	12,0%	0,28	0,37	2,07	1,91	2,31	2,65	0,28	0,37	2,07	1,91	2,31	2,65	0,29	0,38	2,14	1,98	2,39	2,74
100,00%		0							17	6,0%	4,0%	40,0%	30,0%	5,0%	15,0%	0,14	0,18	2,76	2,21	0,96	3,31	0,14	0,18	2,76	2,21	0,96	3,31	0,14	0,19	2,85	2,28	1,00	3,42
100,00%		18		1					18	16,0%	14,0%	24,0%	22,0%	10,0%	14,0%	0,37	0,64	1,66	1,62	1,93	3,09	0,37	0,64	1,66	1,62	1,93	3,09	0,38	0,67	1,71	1,67	1,99	3,19
100,00%		1		1					19	22,0%	14,0%	16,0%	20,0%	25,0%	3,0%	0,51	0,64	1,10	1,47	4,82	0,66	0,51	0,64	1,10	1,47	4,82	0,66	0,52	0,67	1,14	1,52	4,98	0,68
100,00%		2							20	14,0%	23,0%	15,0%	24,0%	10,0%	14,0%	0,32	1,06	1,03	1,77	1,93	3,09	0,32	1,06	1,03	1,77	1,93	3,09	0,33	1,09	1,07	1,83	1,99	3,19
100,00%		1							21	24,0%	19,0%	20,0%	10,0%	10,0%	17,0%	0,55	0,87	1,38	0,74	1,93	3,75	0,55	0,87	1,38	0,74	1,93	3,75	0,57	0,90	1,43	0,76	1,99	3,88
100,00%		1							22	24,0%	30,0%	10,0%	8,0%	14,0%	14,0%	0,55	1,38	0,69	0,59	2,70	3,09	0,55	1,38	0,69	0,59	2,70	3,09	0,57	1,43	0,71	0,61	2,79	3,19
100,00%		0							23	18,0%	24,0%	20,0%	14,0%	14,0%	10,0%	0,41	1,10	1,38	1,03	2,70	2,21	0,41	1,10	1,38	1,03	2,70	2,21	0,43	1,14	1,43	1,06	2,79	2,28
100,00%		0							24	20,0%	30,0%	20,0%	7,0%	7,0%	16,0%	0,46	1,38	1,38	0,52	1,35	3,53	0,46	1,38	1,38	0,52	1,35	3,53	0,48	1,43	1,43	0,53	1,39	3,65
100,00%		1							25	20,0%	30,0%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%	0,46	1,38	1,38	0,74	1,93	2,21	0,46	1,38	1,38	0,74	1,93	2,21	0,48	1,43	1,43	0,76	1,99	2,28
100,00%		0							26	10,0%	40,0%	20,0%	12,0%	12,0%	6,0%	0,23	1,84	1,38	0,88	2,31	1,32	0,23	1,84	1,38	0,88	2,31	1,32	0,24	1,90	1,43	0,91	2,39	1,37
100,00%		0							27	27,0%	20,0%	16,0%	18,0%	14,0%	5,0%	0,62	0,92	1,10	1,33	2,70	1,10	0,62	0,92	1,10	1,33	2,70	1,10	0,64	0,95	1,14	1,37	2,79	1,14
100,00%		0							28	29,0%	32,0%	14,0%	5,0%	7,0%	13,0%	0,67	1,47	0,97	0,37	1,35	2,87	0,67	1,47	0,97	0,37	1,35	2,87	0,69	1,52	1,00	0,38	1,39	2,97
100,00%		0							29	15,0%	10,0%	25,0%	40,0%	5,0%	5,0%	0,35	0,46	1,72	2,94	0,96	1,10	0,35	0,46	1,72	2,94	0,96	1,10	0,36	0,48	1,78	3,04	1,00	1,14
100,00%		2		1					30	16,0%	15,0%	33,0%	24,0%	10,0%	2,0%	0,37	0,69	2,28	1,77	1,93	0,44	0,37	0,69	2,28	1,77	1,93	0,44	0,38	0,71	2,35	1,83	1,99	0,46
100,00%		0							31	32,0%	26,0%	14,0%	14,0%	7,0%	7,0%	0,74	1,20	0,97	1,03	1,35	1,55	0,74	1,20	0,97	1,03	1,35	1,55	0,76	1,24	1,00	1,06	1,39	1,60
100,00%		0							32	44,0%	34,0%	12,0%	4,0%	3,0%	3,0%	1,01	1,56	0,83	0,29	0,58	0,66	1,01	1,56	0,83	0,29	0,58	0,66	1,05	1,62	0,86	0,30	0,60	0,68
100,00%		0							33	30,0%	35,0%	35,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,69	1,61	2,41	0,00	0,00	0,00	0,69	1,61	2,41	0,00	0,00	0,00	0,71	1,66	2,50	0,00	0,00	0,00
100,00%		0							34	47,0%	42,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	1,08	1,93	0,28	0,22	0,39	0,44	1,08	1,93	0,28	0,22	0,39	0,44	1,12	2,00	0,29	0,23	0,40	0,46
100,00%		0							35	48,0%	41,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	1,11	1,89	0,28	0,22	0,39	0,44	1,11	1,89	0,28	0,22	0,39	0,44	1,14	1,95	0,29	0,23	0,40	0,46
100,00%		0							36	49,0%	40,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	1,13	1,84	0,28	0,22	0,39	0,44	1,13	1,84	0,28	0,22	0,39	0,44	1,17	1,90	0,29	0,23	0,40	0,46
100,00%		0							37	50,0%	40,0%	3,0%	3,0%	2,0%	2,0%	1,15	1,84	0,21	0,22	0,39	0,44	1,15	1,84	0,21	0,22	0,39	0,44	1,19	1,90	0,21	0,23	0,40	0,46
100,00%		0							38	52,0%	38,0%	3,0%	3,0%	2,0%	2,0%	1,20	1,75	0,21	0,22	0,39	0,44	1,20	1,75	0,21	0,22	0,39	0,44	1,24	1				

Figura 4.130 – Resumo dos resultados (cenário 12) do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.

<b>Produção</b>	alfa	<b>18</b>	<b>Lote mínimo</b>																	
<b>101189,32</b>	0,9		<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>												
			1200 unidades	1200 unidades	1200 unidades	1500 unidades	1500 unidades	1500 unidades												
<b>Famílias</b>	<b>demanda</b>		<b>Demanda (%)</b>						<b>Demanda (Quantidade)</b>						<b>Atendimento à Demanda</b>					
	<b>%</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
Família 2	14,82%	15786,101	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2526	2210	3789	3473	1579	2210	2,10	1,84	3,16	2,32	1,05	1,47
Família 7	14,82%	15786,101	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2526	2210	3789	3473	1579	2210	2,10	1,84	3,16	2,32	1,05	1,47
Família 8	15,32%	16312,304	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2610	2284	3915	3589	1631	2284	2,17	1,90	3,26	2,39	1,09	1,52

<b>Cenário 12</b>					
<b>0,3683</b>	<b>0,6437</b>	<b>1,6560</b>	<b>1,6195</b>	<b>1,9280</b>	<b>3,0911</b>
<b>0,3683</b>	<b>0,6437</b>	<b>1,6560</b>	<b>1,6195</b>	<b>1,9280</b>	<b>3,0911</b>
<b>0,3806</b>	<b>0,6651</b>	<b>1,7112</b>	<b>1,6735</b>	<b>1,9923</b>	<b>3,1942</b>
<b>Tempo de Setup</b>					
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098

<b>Total do Tempo de Setup</b>						
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Total</b>
0,368	0,644	1,656	1,620	1,928	3,091	9,307
0,368	0,644	1,656	1,620	1,928	3,091	9,307
0,381	0,665	1,711	1,674	1,992	3,194	9,617
						28,230

Figura 4.131 – Cálculo do Δ para o cenário 12 – Família 02. Fonte: Próprio autor.

Família 2 - 1 cor			Família 2 - 2 cores			Família 2 - 3 cores			Família 2 - 4 cores			Família 2 - 5 cores			Família 2 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)
2000,000	1,29	0,999355609	2000,000	1,93	0,999034949	2000,000	2,76	0,998620983	2000,000	0,37	0,999815977	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	1,20	0,999335159	1800,000	1,70	0,999055363	1800,000	2,14	0,9988124	1800,000	1,47	0,999182381	1800,000	0,58	0,999678717	1800,000	0,00	1
1620,000	0,97	0,999403327	1620,000	1,29	0,999205651	1620,000	2,00	0,998765606	1620,000	1,99	0,998773822	1620,000	0,96	0,999405112	1620,000	2,65	0,998365819
1458,000	1,17	0,999195049	1458,000	1,01	0,999306486	1458,000	1,79	0,998770332	1458,000	1,69	0,998839381	1458,000	2,31	0,99841442	1458,000	1,99	0,998637997
1312,200	1,13	0,999140707	1312,200	1,29	0,999019414	1312,200	1,72	0,998686308	1312,200	1,18	0,999102785	1312,200	0,96	0,999265622	1312,200	4,42	0,996640393
1180,980	0,97	0,999181609	1180,980	1,15	0,999027192	1180,980	1,93	0,998365445	1180,980	1,62	0,99862958	1180,980	2,31	0,998042857	1180,980	3,09	0,997385995
1062,882	1,06	0,999004163	1062,882	1,24	0,998832745	1062,882	1,59	0,998508038	1062,882	1,10	0,99896163	1062,882	3,47	0,996740224	1062,882	3,09	0,997095973
956,594	0,92	0,999037823	956,594	1,20	0,998751136	956,594	1,59	0,998342402	956,594	1,69	0,998231572	956,594	3,47	0,996378684	956,594	2,87	0,997003919
860,934	0,92	0,998930971	860,934	1,01	0,99882581	860,934	1,72	0,997998415	860,934	1,91	0,99777929	860,934	3,08	0,996423311	860,934	3,09	0,996416003
774,841	1,08	0,998604552	774,841	1,29	0,998339933	774,841	1,24	0,998398411	774,841	1,10	0,9985759	774,841	3,28	0,995778885	774,841	3,97	0,994883939
697,357	1,11	0,998416661	697,357	1,56	0,997760877	697,357	0,83	0,998813391	697,357	0,88	0,998734033	697,357	2,89	0,99586148	697,357	4,86	0,993058633
627,621	0,97	0,998460609	627,621	1,33	0,997877831	627,621	0,97	0,998462074	627,621	1,55	0,997539869	627,621	4,43	0,99295946	627,621	3,09	0,995086958
564,859	0,83	0,99853386	564,859	1,01	0,9982109	564,859	1,52	0,997316273	564,859	2,06	0,996357521	564,859	4,05	0,992857788	564,859	3,09	0,994542556
508,373	0,97	0,998099861	508,373	0,87	0,998283125	508,373	1,59	0,996883216	508,373	1,69	0,996674986	508,373	3,28	0,993573476	508,373	4,20	0,991781938
457,536	0,85	0,998140038	457,536	1,01	0,997791698	457,536	2,00	0,995636222	457,536	1,40	0,996947637	457,536	3,47	0,992443678	457,536	3,97	0,991351284
411,782	1,01	0,997543127	411,782	1,56	0,99621097	411,782	0,69	0,998325799	411,782	1,03	0,997500297	411,782	4,43	0,989288928	411,782	3,97	0,990394945
370,604	1,15	0,996898889	370,604	1,75	0,995296827	370,604	0,00	1	370,604	0,74	0,998015597	370,604	5,78	0,984514131	370,604	3,31	0,991103256
333,544	0,92	0,997242982	333,544	1,29	0,996147804	333,544	1,10	0,996695636	333,544	1,33	0,996035131	333,544	4,82	0,985652963	333,544	3,53	0,989464418
300,189	0,78	0,99739595	300,189	1,29	0,9957207	300,189	1,66	0,994498794	300,189	1,47	0,995107379	300,189	1,93	0,993597936	300,189	5,96	0,980336877
270,170	0,97	0,996427548	270,170	0,87	0,996771842	270,170	1,72	0,993635625	270,170	1,18	0,995649819	270,170	4,82	0,982317522	270,170	3,53	0,987009224
243,153	0,74	0,996974872	243,153	1,06	0,995660453	243,153	1,38	0,994340773	243,153	2,21	0,990958476	243,153	4,82	0,980372205	243,153	2,87	0,988264774
218,838	0,74	0,996639312	218,838	0,55	0,997482022	218,838	2,07	0,990585758	218,838	2,36	0,989293113	218,838	4,05	0,981668655	218,838	3,53	0,983986522
196,954	0,87	0,995568141	196,954	0,83	0,995806893	196,954	1,38	0,993017944	196,954	1,91	0,99032901	196,954	4,05	0,979652695	196,954	4,42	0,977828538
177,259	0,83	0,99533543	177,259	0,55	0,996892303	177,259	1,38	0,992245175	177,259	2,43	0,986388532	177,259	5,40	0,970004027	177,259	3,09	0,982712659
159,533	0,83	0,99481849	159,533	0,55	0,9965476	159,533	1,38	0,991387249	159,533	2,21	0,986251992	159,533	4,82	0,970238512	159,533	4,42	0,972699408
143,580	1,06	0,992651543	143,580	0,09	0,999359766	143,580	1,38	0,990434867	143,580	2,06	0,985746452	143,580	4,43	0,969587305	143,580	5,30	0,963765855
129,222	0,67	0,994846847	129,222	1,01	0,992202963	129,222	1,66	0,987266864	129,222	1,62	0,987545105	129,222	4,05	0,96915341	129,222	5,52	0,958183166
116,299	0,62	0,994669627	116,299	0,46	0,996054474	116,299	1,79	0,984693022	116,299	2,58	0,978089125	116,299	5,40	0,954642538	116,299	3,75	0,96824071
104,670	0,94	0,991022848	104,670	1,47	0,986042044	104,670	1,03	0,990160688	104,670	0,00	1	104,670	5,78	0,946239191	104,670	5,52	0,948630227
94,203	0,92	0,99027235	94,203	1,24	0,98690868	94,203	0,48	0,994885991	94,203	1,18	0,987574431	94,203	4,82	0,950120394	94,203	6,18	0,936479851
84,782	0,55	0,99350434	84,782	0,74	0,991360816	84,782	1,79	0,979062706	84,782	1,91	0,977677317	84,782	5,40	0,93831088	84,782	5,08	0,941860685
76,304	0,28	0,996386075	76,304	0,37	0,9951912	76,304	1,93	0,974998678	76,304	2,65	0,965864523	76,304	6,17	0,922326665	76,304	5,96	0,924846311
68,674	0,60	0,991321924	68,674	0,32	0,995324465	68,674	0,34	0,994988954	68,674	2,94	0,958027647	68,674	6,75	0,906411141	68,674	6,62	0,908051705
61,806	0,21	0,996653324	61,806	0,00	1	61,806	2,48	0,960607724	61,806	2,72	0,956887245	61,806	6,36	0,902179809	61,806	6,18	0,904813597
55,626	0,18	0,996694573	55,626	0,05	0,999173798	55,626	2,48	0,956327731	55,626	2,72	0,952213171	55,626	6,36	0,891919523	55,626	6,18	0,894813142
50,063	0,16	0,996786243	50,063	0,09	0,998164923	50,063	2,48	0,951594545	50,063	2,72	0,947046527	50,063	6,36	0,880656004	50,063	6,18	0,883831105
45,057	0,14	0,996939044	45,057	0,09	0,997961234	45,057	2,55	0,944914801	45,057	2,72	0,941338684	45,057	6,36	0,868307729	45,057	6,18	0,871786849
40,551	0,09	0,997731724	40,551	0,18	0,995475053	40,551	2,55	0,93898467	40,551	2,72	0,935036975	40,551	6,36	0,854790388	40,551	6,18	0,858596743
36,496	0,05	0,998739211	36,496	0,28	0,992469802	36,496	2,55	0,932439274	36,496	2,72	0,928084541	36,496	6,36	0,840017779	36,496	6,18	0,844174998
32,846	0,02	0,999299365	32,846	0,32	0,990249541	32,846	2,55	0,925220111	32,846	2,72	0,920420227	32,846	6,36	0,823903004	32,846	6,18	0,828434768
29,562	0,00	1	29,562	0,32	0,989172043	29,562	2,55	0,917264352	29,562	2,76	0,910843718	29,562	6,36	0,806360016	29,562	6,29	0,808265514
		0,99027235			0,986042044			0,917264352			0,910843718			0,806360016			0,808265514

Figura 4.132 – Cálculo do Δ para o cenário 12 – Família 07. Fonte: Próprio autor.

Família 7 - 1 cor			Família 7 - 2 cores			Família 7 - 3 cores			Família 7 - 4 cores			Família 7 - 5 cores			Família 7 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>Δ</sup> (-delta C / T)
2000,000	1,29	0,999355609	2000,000	1,93	0,999034949	2000,000	2,76	0,998620983	2000,000	0,37	0,999815977	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	1,20	0,999335159	1800,000	1,70	0,999055363	1800,000	2,14	0,9988124	1800,000	1,47	0,999182381	1800,000	0,58	0,999678717	1800,000	0,00	1
1620,000	0,97	0,999403327	1620,000	1,29	0,999205651	1620,000	2,00	0,998765606	1620,000	1,99	0,998773822	1620,000	0,96	0,999405112	1620,000	2,65	0,998365819
1458,000	1,17	0,999195049	1458,000	1,01	0,999306486	1458,000	1,79	0,998770332	1458,000	1,69	0,998839381	1458,000	2,31	0,99841442	1458,000	1,99	0,998637997
1312,200	1,13	0,999140707	1312,200	1,29	0,999019414	1312,200	1,72	0,998686308	1312,200	1,18	0,999102785	1312,200	0,96	0,999265622	1312,200	4,42	0,996640393
1180,980	0,97	0,999181609	1180,980	1,15	0,999027192	1180,980	1,93	0,998365445	1180,980	1,62	0,99862958	1180,980	2,31	0,998042857	1180,980	3,09	0,997385995
1062,882	1,06	0,999004163	1062,882	1,24	0,998832745	1062,882	1,59	0,998508038	1062,882	1,10	0,99896163	1062,882	3,47	0,996740224	1062,882	3,09	0,997095973
956,594	0,92	0,999037823	956,594	1,20	0,998751136	956,594	1,59	0,998342402	956,594	1,69	0,998231572	956,594	3,47	0,996378684	956,594	2,87	0,997003919
860,934	0,92	0,998930971	860,934	1,01	0,99882581	860,934	1,72	0,997998415	860,934	1,91	0,99777929	860,934	3,08	0,996423311	860,934	3,09	0,996416003
774,841	1,08	0,998604552	774,841	1,29	0,998339933	774,841	1,24	0,998398411	774,841	1,10	0,9985759	774,841	3,28	0,995778885	774,841	3,97	0,994883939
697,357	1,11	0,998416661	697,357	1,56	0,997760877	697,357	0,83	0,998813391	697,357	0,88	0,998734033	697,357	2,89	0,99586148	697,357	4,86	0,993058633
627,621	0,97	0,998460609	627,621	1,33	0,997877831	627,621	0,97	0,998462074	627,621	1,55	0,997539869	627,621	4,43	0,99295946	627,621	3,09	0,995086958
564,859	0,83	0,99853386	564,859	1,01	0,9982109	564,859	1,52	0,997316273	564,859	2,06	0,996357521	564,859	4,05	0,992857788	564,859	3,09	0,994542556
508,373	0,97	0,9988099861	508,373	0,87	0,998283125	508,373	1,59	0,996883216	508,373	1,69	0,996674986	508,373	3,28	0,993573476	508,373	4,20	0,991781938
457,536	0,85	0,998140038	457,536	1,01	0,997791698	457,536	2,00	0,995636222	457,536	1,40	0,996947637	457,536	3,47	0,992443678	457,536	3,97	0,991351284
411,782	1,01	0,997543127	411,782	1,56	0,99621097	411,782	0,69	0,998325799	411,782	1,03	0,997500297	411,782	4,43	0,989288928	411,782	3,97	0,990394945
370,604	1,15	0,996898889	370,604	1,75	0,995296827	370,604	0,00	1	370,604	0,74	0,998015597	370,604	5,78	0,984514131	370,604	3,31	0,991103256
333,544	0,92	0,997242982	333,544	1,29	0,996147804	333,544	1,10	0,996695636	333,544	1,33	0,996035131	333,544	4,82	0,985652963	333,544	3,53	0,989464418
300,189	0,78	0,99739595	300,189	1,29	0,9957207	300,189	1,66	0,994498794	300,189	1,47	0,995107379	300,189	1,93	0,993597936	300,189	5,96	0,980336877
270,170	0,97	0,996427548	270,170	0,87	0,996771842	270,170	1,72	0,993635625	270,170	1,18	0,995649819	270,170	4,82	0,982317522	270,170	3,53	0,987009224
243,153	0,74	0,996974872	243,153	1,06	0,995660453	243,153	1,38	0,994340773	243,153	2,21	0,990958476	243,153	4,82	0,980372205	243,153	2,87	0,988264774
218,838	0,74	0,996639312	218,838	0,55	0,997482022	218,838	2,07	0,990585758	218,838	2,36	0,989293113	218,838	4,05	0,981668655	218,838	3,53	0,983986522
196,954	0,87	0,995568141	196,954	0,83	0,995806893	196,954	1,38	0,993017944	196,954	1,91	0,99032901	196,954	4,05	0,979652695	196,954	4,42	0,977828538
177,259	0,83	0,99533543	177,259	0,55	0,996892303	177,259	1,38	0,992245175	177,259	2,43	0,986388532	177,259	5,40	0,970004027	177,259	3,09	0,982712659
159,533	0,83	0,99481849	159,533	0,55	0,9965476	159,533	1,38	0,991387249	159,533	2,21	0,986251992	159,533	4,82	0,970238512	159,533	4,42	0,972699408
143,580	1,06	0,992651543	143,580	0,09	0,999359766	143,580	1,38	0,990434867	143,580	2,06	0,985746452	143,580	4,43	0,969587305	143,580	5,30	0,963765855
129,222	0,67	0,994846847	129,222	1,01	0,992202963	129,222	1,66	0,987266864	129,222	1,62	0,987545105	129,222	4,05	0,96915341	129,222	5,52	0,958183166
116,299	0,62	0,994669627	116,299	0,46	0,996054474	116,299	1,79	0,984693022	116,299	2,58	0,978089125	116,299	5,40	0,954642538	116,299	3,75	0,96824071
104,670	0,94	0,991022848	104,670	1,47	0,986042044	104,670	1,03	0,990160688	104,670	0,00	1	104,670	5,78	0,946239191	104,670	5,52	0,948630227
94,203	0,92	0,99027235	94,203	1,24	0,98690868	94,203	0,48	0,994885991	94,203	1,18	0,987574431	94,203	4,82	0,950120394	94,203	6,18	0,936479851
84,782	0,55	0,99350434	84,782	0,74	0,991360816	84,782	1,79	0,979062706	84,782	1,91	0,977677317	84,782	5,40	0,93831088	84,782	5,08	0,941860685
76,304	0,28	0,996386075	76,304	0,37	0,9951912	76,304	1,93	0,974998678	76,304	2,65	0,965864523	76,304	6,17	0,922326665	76,304	5,96	0,924846311
68,674	0,60	0,991321924	68,674	0,32	0,995324465	68,674	0,34	0,994988954	68,674	2,94	0,958027647	68,674	6,75	0,906411141	68,674	6,62	0,908051705
61,806	0,21	0,996653324	61,806	0,00	1	61,806	2,48	0,960607724	61,806	2,72	0,956887245	61,806	6,36	0,902179809	61,806	6,18	0,904813597
55,626	0,18	0,996694573	55,626	0,05	0,999173798	55,626	2,48	0,956327731	55,626	2,72	0,952213171	55,626	6,36	0,891919523	55,626	6,18	0,894813142
50,063	0,16	0,996786243	50,063	0,09	0,998164923	50,063	2,48	0,951594545	50,063	2,72	0,947046527	50,063	6,36	0,880656004	50,063	6,18	0,883831105
45,057	0,14	0,996939044	45,057	0,09	0,997961234	45,057	2,55	0,944914801	45,057	2,72	0,941338684	45,057	6,36	0,868307729	45,057	6,18	0,871786849
40,551	0,09	0,997731724	40,551	0,18	0,995475053	40,551	2,55	0,93898467	40,551	2,72	0,935036975	40,551	6,36	0,854790388	40,551	6,18	0,858596743
36,496	0,05	0,998739211	36,496	0,28	0,992469802	36,496	2,55	0,932439274	36,496	2,72	0,928084541	36,496	6,36	0,840017779	36,496	6,18	0,844174998
32,846	0,02	0,999299365	32,846	0,32	0,990249541	32,846	2,55	0,925220111	32,846	2,72	0,920420227	32,846	6,36	0,823903004	32,846	6,18	0,828434768
29,562	0,00	1	29,562	0,32	0,989172043	29,562	2,55	0,917264352	29,562	2,76	0,910843718	29,562	6,36	0,806360016	29,562	6,29	0,808265514
		0,99027235			0,986042044			0,917264352			0,910843718			0,806360016			0,808265514

Figura 4.133 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 12 – Família 08. Fonte: Próprio autor.

Família 8 - 1 cor			Família 8 - 2 cores			Família 8 - 3 cores			Família 8 - 4 cores			Família 8 - 5 cores			Família 8 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)
2000,000	1,33	0,999334136	2000,000	2,00	0,999002796	2000,000	2,85	0,998575049	2000,000	0,38	0,999809844	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	1,24	0,999313005	1800,000	1,76	0,999023891	1800,000	2,21	0,998772837	1800,000	1,52	0,999155138	1800,000	0,60	0,999668009	1800,000	0,00	1
1620,000	1,00	0,999383444	1620,000	1,33	0,999179184	1620,000	2,07	0,998724485	1620,000	2,05	0,998732975	1620,000	1,00	0,999385289	1620,000	2,74	0,998311392
1458,000	1,21	0,999168228	1458,000	1,05	0,999283377	1458,000	1,85	0,998729369	1458,000	1,75	0,998800717	1458,000	2,39	0,99836161	1458,000	2,05	0,998592629
1312,200	1,17	0,999112077	1312,200	1,33	0,998986744	1312,200	1,78	0,998642548	1312,200	1,22	0,999072892	1312,200	1,00	0,999241152	1312,200	4,56	0,9965286
1180,980	1,00	0,999154341	1180,980	1,19	0,998994782	1180,980	2,00	0,998311006	1180,980	1,67	0,998583932	1180,980	2,39	0,997977685	1180,980	3,19	0,99729898
1062,882	1,09	0,998970986	1062,882	1,28	0,998793859	1062,882	1,64	0,998458344	1062,882	1,14	0,998927037	1062,882	3,59	0,996631748	1062,882	3,19	0,996999317
956,594	0,95	0,999005766	956,594	1,24	0,998709534	956,594	1,64	0,998287196	956,594	1,75	0,998172679	956,594	3,59	0,996258199	956,594	2,97	0,996904205
860,934	0,95	0,998895357	860,934	1,05	0,998786694	860,934	1,78	0,997931764	860,934	1,98	0,997705351	860,934	3,19	0,996304309	860,934	3,19	0,996296758
774,841	1,12	0,99855807	774,841	1,33	0,998284645	774,841	1,28	0,998345069	774,841	1,14	0,998528465	774,841	3,39	0,995638488	774,841	4,11	0,994713855
697,357	1,14	0,998363927	697,357	1,62	0,997686326	697,357	0,86	0,998773862	697,357	0,91	0,998691862	697,357	2,99	0,995723825	697,357	5,02	0,992828086
627,621	1,00	0,998409337	627,621	1,38	0,99780717	627,621	1,00	0,998410851	627,621	1,60	0,997457969	627,621	4,58	0,992725631	627,621	3,19	0,994923606
564,859	0,86	0,998485025	564,859	1,05	0,998151319	564,859	1,57	0,99722694	564,859	2,13	0,996236333	564,859	4,18	0,992620595	564,859	3,19	0,994361156
508,373	1,00	0,998036585	508,373	0,90	0,998225947	508,373	1,64	0,996779491	508,373	1,75	0,996564342	508,373	3,39	0,993359971	508,373	4,33	0,991509169
457,536	0,88	0,998078099	457,536	1,05	0,997718172	457,536	2,07	0,995491091	457,536	1,45	0,996846052	457,536	3,59	0,992192787	457,536	4,11	0,991064286
411,782	1,05	0,997461336	411,782	1,62	0,996084917	411,782	0,71	0,99827004	411,782	1,06	0,997417082	411,782	4,58	0,988933875	411,782	4,11	0,99007637
370,604	1,19	0,996795685	370,604	1,81	0,995140436	370,604	0,00	1	370,604	0,76	0,997949518	370,604	5,98	0,984002086	370,604	3,42	0,990808065
333,544	0,95	0,997151212	333,544	1,33	0,996019654	333,544	1,14	0,996585678	333,544	1,37	0,99590324	333,544	4,98	0,98517829	333,544	3,65	0,98911515
300,189	0,81	0,997309265	300,189	1,33	0,995578372	300,189	1,71	0,994315943	300,189	1,52	0,994944705	300,189	1,99	0,993385241	300,189	6,16	0,979688141
270,170	1,00	0,996308686	270,170	0,90	0,996664416	270,170	1,78	0,993424178	270,170	1,22	0,99550514	270,170	4,98	0,981733522	270,170	3,65	0,986579117
243,153	0,76	0,996874192	243,153	1,09	0,995516126	243,153	1,43	0,994152684	243,153	2,28	0,990658504	243,153	4,98	0,979724623	243,153	2,97	0,987875981
218,838	0,76	0,996527484	218,838	0,57	0,997398198	218,838	2,14	0,990273481	218,838	2,43	0,988938198	218,838	4,18	0,981063432	218,838	3,65	0,983457178
196,954	0,90	0,995420751	196,954	0,86	0,995667426	196,954	1,43	0,99278605	196,954	1,98	0,990008259	196,954	4,18	0,978981629	196,954	4,56	0,977098016
177,259	0,86	0,99518032	177,259	0,57	0,99678888	177,259	1,43	0,991987719	177,259	2,51	0,985938021	177,259	5,58	0,969019809	177,259	3,19	0,98214159
159,533	0,86	0,994646236	159,533	0,57	0,996432726	159,533	1,43	0,991101438	159,533	2,28	0,985796995	159,533	4,98	0,969261865	159,533	4,56	0,971802339
143,580	1,09	0,992407526	143,580	0,10	0,999338432	143,580	1,43	0,99011761	143,580	2,13	0,985274849	143,580	4,58	0,968589636	143,580	5,48	0,96258093
129,222	0,69	0,994675533	129,222	1,05	0,991944111	129,222	1,71	0,98684523	129,222	1,67	0,987132624	129,222	4,18	0,968141743	129,222	5,70	0,956819801
116,299	0,64	0,994492438	116,299	0,48	0,995923225	116,299	1,85	0,984186845	116,299	2,66	0,97736709	116,299	5,58	0,953166584	116,299	3,88	0,967199619
104,670	0,98	0,990725002	104,670	1,52	0,98558015	104,670	1,07	0,989834384	104,670	0,00	1	104,670	5,98	0,944497826	104,670	5,70	0,94696412
94,203	0,95	0,989949729	94,203	1,28	0,986475267	94,203	0,50	0,994715975	94,203	1,22	0,987162915	94,203	4,98	0,948501295	94,203	6,39	0,934433469
84,782	0,57	0,993288546	84,782	0,76	0,991074132	84,782	1,85	0,978372398	84,782	1,98	0,976941872	84,782	5,58	0,93632146	84,782	5,25	0,939982045
76,304	0,29	0,996265836	76,304	0,38	0,995031306	76,304	2,00	0,974176153	76,304	2,74	0,964746966	76,304	6,38	0,919844163	76,304	6,16	0,922440907
68,674	0,62	0,991033955	68,674	0,33	0,995168991	68,674	0,36	0,994822352	68,674	3,04	0,956659328	68,674	6,97	0,90344713	68,674	6,84	0,905136888
61,806	0,21	0,996541961	61,806	0,00	1	61,806	2,57	0,959321719	61,806	2,81	0,955482619	61,806	6,57	0,899089391	61,806	6,39	0,901801782
55,626	0,19	0,99658458	55,626	0,05	0,99914627	55,626	2,57	0,954905308	55,626	2,81	0,950660225	55,626	6,57	0,888525424	55,626	6,39	0,891504279
50,063	0,17	0,996679295	50,063	0,10	0,998103812	50,063	2,57	0,950022027	50,063	2,81	0,94533055	50,063	6,57	0,876933196	50,063	6,39	0,88020046
45,057	0,14	0,996837174	45,057	0,10	0,997893347	45,057	2,64	0,94313184	45,057	2,81	0,939443725	45,057	6,57	0,864230235	45,057	6,39	0,867808681
40,551	0,10	0,997656204	40,551	0,19	0,995324574	40,551	2,64	0,937016241	40,551	2,81	0,932945794	40,551	6,57	0,850331533	40,551	6,39	0,85424454
36,496	0,05	0,998697212	36,496	0,29	0,992219775	36,496	2,64	0,93026763	36,496	2,81	0,92577857	36,496	6,57	0,835150529	36,496	6,39	0,839421783
32,846	0,02	0,999276019	32,846	0,33	0,989926169	32,846	2,64	0,922826165	32,846	2,81	0,917879547	32,846	6,57	0,818600407	32,846	6,39	0,823253516
29,562	0,00	1	29,562	0,33	0,988813137	29,562	2,64	0,914627663	29,562	2,85	0,908012853	29,562	6,57	0,800595758	29,562	6,50	0,802550773
		0,989949729			0,98558015			0,914627663			0,908012853			0,800595758			0,802550773

Figura 4.134 – Tempo do *setup* – cenário 12 – Família 2 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

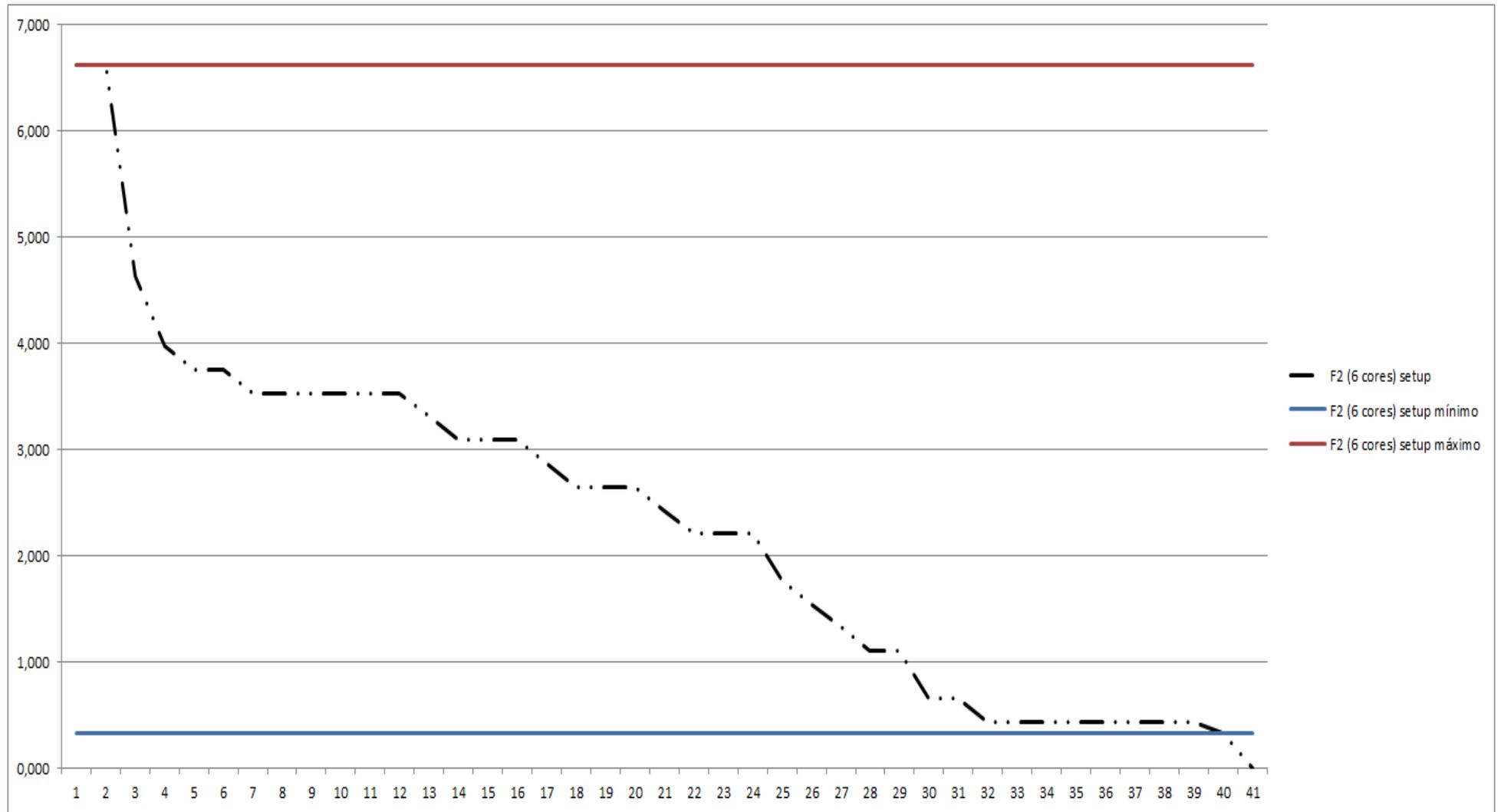


Figura 4.135 – Tempo do *setup* – cenário 12 – Família 7 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

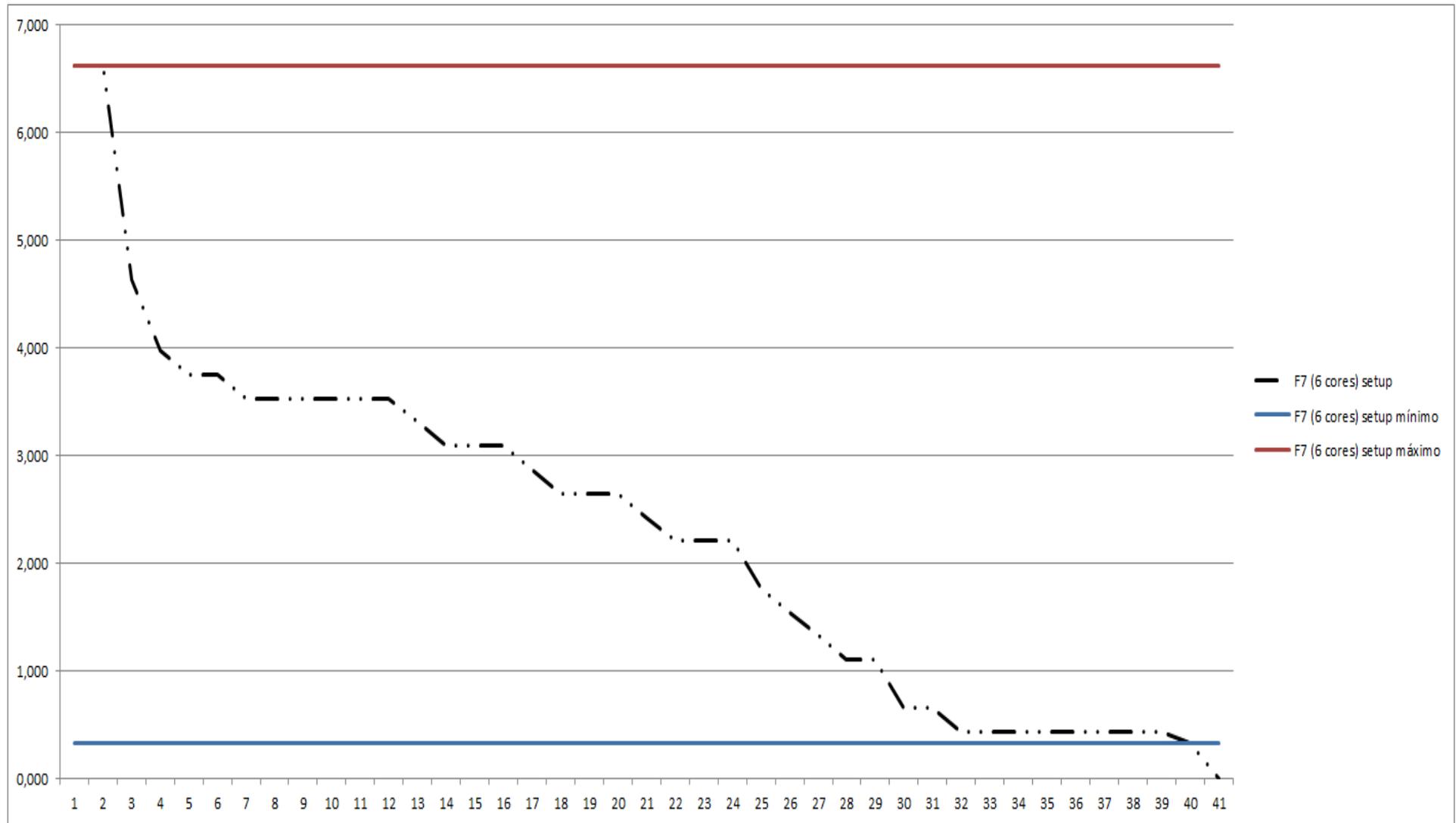


Figura 4.136 – Tempo do *setup* – cenário 12 – Família 8 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

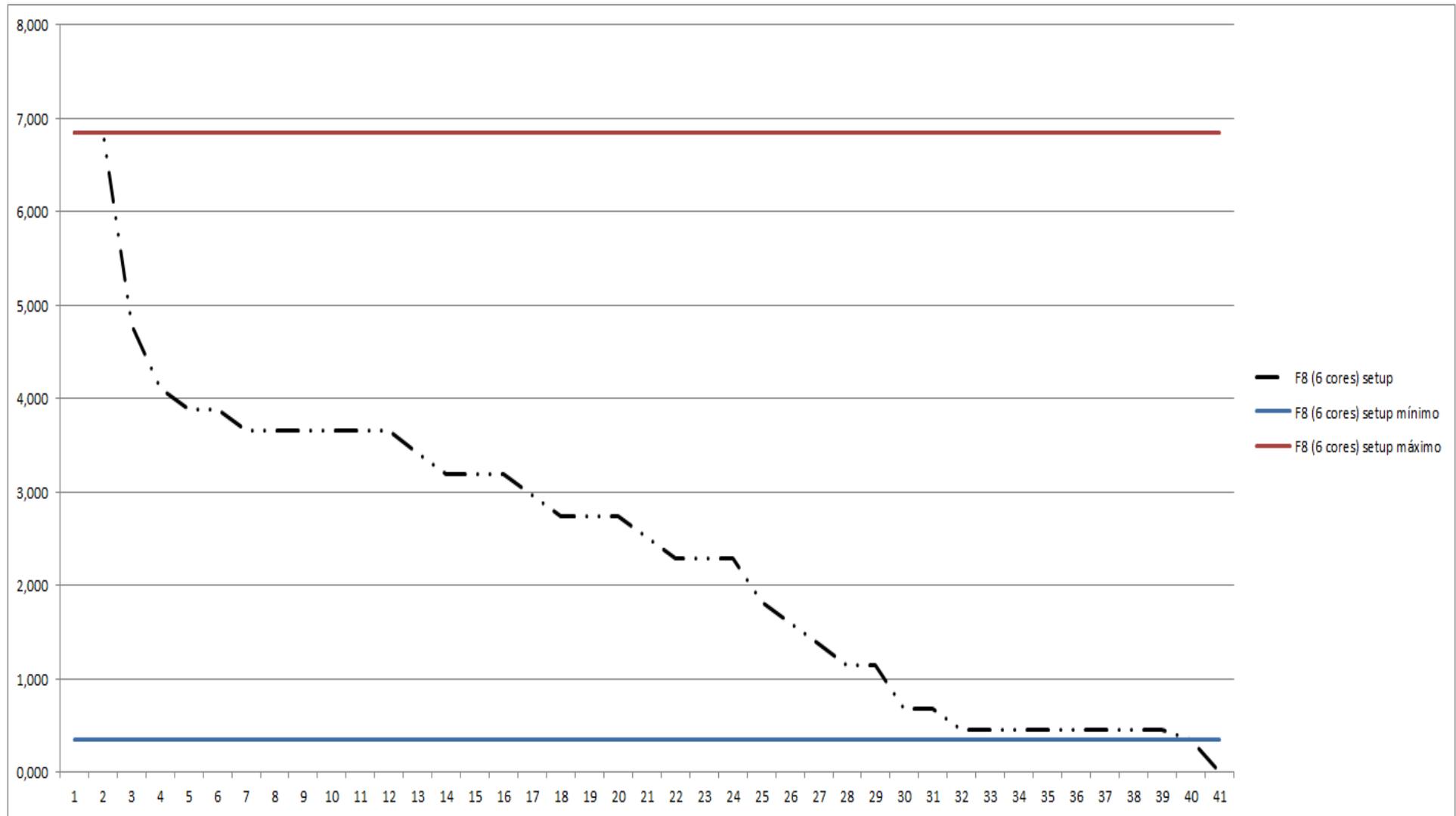


Figura 4.137 – Opção 18 adotada para o cenário 13 das possibilidades de mix dos produtos de impressão. Fonte: Próprio autor.

18		alterar						simulação (médio)						2,9358 3,872 2,8546 9,5538 5,9451 4,9848 3,0776 3,7636 2,824 9,0838 6,23 5,0782 2,979 3,8041 2,8494 9,8535 6,2841 5,2136																		
18		alterar						simulação (mínimo)						0,4425 0,7915 1,1415 2,1945 1,832 2,098 0,4425 0,7915 1,1415 1,8325 1,832 2,098 0,4425 0,7915 1,1415 2,5126 1,832 2,098																		
18		alterar						simulação (máximo)						5,7012 7,3887 4,7457 16,7 10,453 7,9588 5,8692 6,8209 4,711 16,318 10,73 8,3667 5,8023 7,0038 4,7484 17,083 10,655 8,3921																		
		%						-6% -29% 4% 82% -50% -64% -6% -29% 4% 82% -50% -64% -6% -29% 4% 82%																								
		preparação						0,472 1,1081 1,0958 1,207 3,664 5,8744 0,472 1,1081 1,0958 1,0079 3,664 5,8744 0,472 1,1081 1,0958 1,3819 3,664 5,8744																								
		planilha						0,83 1,10 4,14 2,21 2,89 3,31 0,83 1,10 4,14 2,21 2,89 3,31 0,86 1,14 4,28 2,28 2,99 3,42																								
		Familia 2						Familia 7						Familia 8																		
		1 cor		2 cores		3 cores		4 cores		5 cores		6 cores		1 cor		2 cores		3 cores		4 cores		5 cores		6 cores								
		5,05		4,42		7,58		1,74		3,16		4,42		5,05		4,42		7,58		1,74		3,16		4,42								
alfa	18	30		10		18		18		21		22		alterar																		
0,9		1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	Produção						Demanda - %																		
		16,0%	14,0%	24,0%	22,0%	10,0%	14,0%	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	Setup - Familia 2						Setup - Familia 7						Setup - Familia 8						
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	0,00%	0,00%	35,0%	35,0%	30,0%	0,00	0,00	0,00	1,93	20,24	19,87	0,00	0,00	0,00	1,93	20,24	19,87	0,00	0,00	2,00	2,00	20,92	20,53		
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	0,00%	4,0%	5,0%	9,0%	20,0%	32,0%	30,0%	0,22	0,55	1,49	1,10	18,51	19,87	0,22	0,55	1,49	1,10	18,51	19,87	0,23	0,57	1,54	1,14	19,13	20,53
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	14,0%	14,0%	11,0%	13,0%	30,0%	18,0%	0,77	1,54	1,82	0,72	17,35	11,92	0,77	1,54	1,82	0,72	17,35	11,92	0,80	1,60	1,88	0,74	17,93	12,32	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	5,0%	20,0%	14,0%	17,0%	23,0%	21,0%	0,28	2,21	2,32	0,94	13,30	13,91	0,28	2,21	2,32	0,94	13,30	13,91	0,29	2,28	2,40	0,97	13,75	14,37	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	14,0%	15,0%	15,0%	24,0%	30,0%	10,0%	0,39	1,54	2,48	1,33	17,35	6,62	0,39	1,54	2,48	1,33	17,35	6,62	0,40	1,60	2,57	1,37	17,93	6,84	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	14,0%	17,0%	12,0%	23,0%	16,0%	10,0%	0,77	1,88	1,99	0,99	13,30	10,60	0,77	1,88	1,99	0,99	13,30	10,60	0,80	1,94	2,05	1,03	13,75	10,95	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	10,0%	15,0%	17,0%	25,0%	17,0%	16,0%	0,55	1,66	2,82	1,38	9,83	10,60	0,55	1,66	2,82	1,38	9,83	10,60	0,57	1,71	2,91	1,43	10,16	10,95	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	16,0%	16,0%	17,0%	17,0%	17,0%	17,0%	0,88	1,77	2,82	0,94	9,83	11,26	0,88	1,77	2,82	0,94	9,83	11,26	0,91	1,82	2,91	0,97	10,16	11,64	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	16,0%	20,0%	15,0%	14,0%	19,0%	16,0%	0,88	2,21	2,48	0,77	10,99	10,60	0,88	2,21	2,48	0,77	10,99	10,60	0,91	2,28	2,57	0,80	11,36	10,95	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	9,0%	14,0%	22,0%	25,0%	18,0%	12,0%	0,50	1,54	3,64	1,38	10,41	7,95	0,50	1,54	3,64	1,38	10,41	7,95	0,51	1,60	3,76	1,43	10,76	8,21	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	8,0%	8,0%	28,0%	28,0%	20,0%	8,0%	0,44	0,88	4,64	1,55	11,57	5,30	0,44	0,88	4,64	1,55	11,57	5,30	0,46	0,91	4,79	1,60	11,95	5,48	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	14,0%	13,0%	26,0%	19,0%	12,0%	16,0%	0,77	1,43	4,31	1,05	6,94	10,60	0,77	1,43	4,31	1,05	6,94	10,60	0,80	1,48	4,59	1,08	7,17	10,95	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	20,0%	20,0%	18,0%	12,0%	14,0%	16,0%	1,11	2,21	2,98	0,66	8,10	10,60	1,11	2,21	2,98	0,66	8,10	10,60	1,14	2,28	3,08	0,68	8,37	10,95	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	14,0%	23,0%	17,0%	17,0%	18,0%	11,0%	0,77	2,54	2,82	0,94	10,41	7,29	0,77	2,54	2,82	0,94	10,41	7,29	0,80	2,62	2,91	0,97	10,76	7,53	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	19,0%	20,0%	11,0%	21,0%	17,0%	12,0%	1,05	2,21	1,82	1,16	9,83	7,95	1,05	2,21	1,82	1,16	9,83	7,95	1,08	2,28	1,88	1,20	10,16	8,21	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	12,0%	8,0%	30,0%	26,0%	12,0%	12,0%	0,66	0,88	4,97	1,44	6,94	7,95	0,66	0,88	4,97	1,44	6,94	7,95	0,69	0,91	5,13	1,48	7,17	8,21	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	6,0%	4,0%	40,0%	30,0%	5,0%	15,0%	0,33	0,44	6,62	1,66	2,89	9,94	0,33	0,44	6,62	1,66	2,89	9,94	0,34	0,46	6,84	1,71	2,99	10,27	
100,00%	18	100,00%	6	100,00%	1	100,00%	1	14,0%	14,0%	24,0%	22,0%	10,0%	14,0%	0,88	1,54	3,97	1,21	5,78	9,27	0,88	1,54	3,97	1,21	5,78	9,27	0,91	1,60	4,11	1,26	5,98	9,58	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	22,0%	14,0%	16,0%	20,0%	25,0%	3,0%	1,22	1,54	2,65	1,10	14,46	1,99	1,22	1,54	2,65	1,10	14,46	1,99	1,26	1,60	2,74	1,14	14,94	2,05	
100,00%	2	100,00%	2	100,00%	2	100,00%	2	14,0%	23,0%	15,0%	24,0%	10,0%	14,0%	0,77	2,54	2,48	1,33	5,78	9,27	0,77	2,54	2,48	1,33	5,78	9,27	0,80	2,62	2,57	1,37	5,98	9,58	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	24,0%	19,0%	20,0%	10,0%	10,0%	17,0%	1,33	2,10	3,31	0,55	5,78	11,26	1,33	2,10	3,31	0,55	5,78	11,26	1,37	2,17	3,42	0,57	5,98	11,64	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	24,0%	30,0%	10,0%	8,0%	14,0%	14,0%	1,33	3,31	1,66	0,44	8,10	9,27	1,33	3,31	1,66	0,44	8,10	9,27	1,37	3,42	1,71	0,46	8,37	9,58	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	18,0%	24,0%	20,0%	14,0%	14,0%	10,0%	0,99	2,65	3,31	0,77	8,10	6,62	0,99	2,65	3,31	0,77	8,10	6,62	1,03	2,74	3,42	0,80	8,37	6,84	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	20,0%	30,0%	20,0%	7,0%	7,0%	16,0%	1,11	3,31	3,31	0,39	4,05	10,60	1,11	3,31	3,31	0,39	4,05	10,60	1,14	3,42	3,42	0,40	4,18	10,95	
100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	20,0%	30,0%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%	1,11	3,31	3,31	0,55	5,78	6,62	1,11	3,31	3,31	0,55	5,78	6,62	1,14	3,42	3,42	0,57	5,98	6,84	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	10,0%	40,0%	20,0%	12,0%	12,0%	6,0%	0,55	4,41	3,31	0,66	6,94	3,97	0,55	4,41	3,31	0,66	6,94	3,97	0,57	4,56	3,42	0,68	7,17	4,11	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	27,0%	20,0%	16,0%	18,0%	14,0%	5,0%	1,49	2,21	2,65	0,99	8,10	3,31	1,49	2,21	2,65	0,99	8,10	3,31	1,54	2,28	2,74	1,03	8,37	3,42	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	29,0%	32,0%	14,0%	5,0%	7,0%	13,0%	1,60	3,53	2,32	0,28	4,05	8,61	1,60	3,53	2,32	0,28	4,05	8,61	1,66	3,65	2,40	0,29	4,18	8,90	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	15,0%	10,0%	25,0%	40,0%	5,0%	5,0%	0,83	1,10	4,14	2,21	2,89	3,31	0,83	1,10	4,14	2,21	2,89	3,31	0,86	1,14	4,28	2,28	2,99	3,42	
100,00%	2	100,00%	1	100,00%	1	100,00%	1	16,0%	15,0%	33,0%	24,0%	10,0%	2,0%	0,88	1,66	5,46	1,33	5,78	1,32	0,88	1,66	5,46	1,33	5,78	1,32	0,91	1,71	5,65	1,37	5,98	1,37	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	32,0%	26,0%	14,0%	14,0%	7,0%	7,0%	1,77	2,87	2,32	0,77	4,05	4,64	1,77	2,87	2,32	0,77	4,05	4,64	1,83	2,96	2,40	0,80	4,18	4,79	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	44,0%	34,0%	12,0%	4,0%	3,0%	3,0%	2,43	3,75	1,99	0,22	1,74	1,99	2,43	3,75	1,99	0,22	1,74	1,99	2,51	3,88	2,05	0,23	1,79	2,05	
100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	100,00%	0	30,0%	35,0%	35,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,66	3,86	5,80	0,00	0,00	0,00	1,66	3,86	5,80</										

Figura 4.138 – Resumo dos resultados (cenário 13) do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.

<b>Produção</b>	alfa	<b>18</b>	<b>Lote mínimo</b>																							
<b>101189,32</b>	0,9		<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>							<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>						
			500 unidades	500 unidades	500 unidades	2000 unidades	500 unidades	500 unidades													500 unidades	500 unidades	500 unidades	2000 unidades	500 unidades	500 unidades
<b>Famílias</b>	<b>demanda</b>		<b>Demanda (%)</b>						<b>Demanda (Quantidade)</b>						<b>Atendimento à Demanda</b>											
	<b>%</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>						
Família 2	14,82%	15786,101	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2526	2210	3789	3473	1579	2210	5,05	4,42	7,58	1,74	3,16	4,42						
Família 7	14,82%	15786,101	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2526	2210	3789	3473	1579	2210	5,05	4,42	7,58	1,74	3,16	4,42						
Família 8	15,32%	16312,304	16%	14%	24%	22%	10%	14%	2610	2284	3915	3589	1631	2284	5,22	4,57	7,83	1,79	3,26	4,57						

<b>Cenário 13</b>					
<b>0,8840</b>	<b>1,5448</b>	<b>3,9743</b>	<b>1,2147</b>	<b>5,7840</b>	<b>9,2734</b>
<b>0,8840</b>	<b>1,5448</b>	<b>3,9743</b>	<b>1,2147</b>	<b>5,7840</b>	<b>9,2734</b>
<b>0,9135</b>	<b>1,5963</b>	<b>4,1068</b>	<b>1,2552</b>	<b>5,9768</b>	<b>9,5825</b>
<b>Tempo de Setup</b>					
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098

<b>Total do Tempo de Setup</b>						
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Total</b>
0,884	1,545	3,974	1,215	5,784	9,273	22,675
0,884	1,545	3,974	1,215	5,784	9,273	22,675
0,913	1,596	4,107	1,255	5,977	9,582	23,431
						68,782

Figura 4.139 – Cálculo do Δ para o cenário 13 – Família 02. Fonte: Próprio autor.

Família 2 - 1 cor			Família 2 - 2 cores			Família 2 - 3 cores			Família 2 - 4 cores			Família 2 - 5 cores			Família 2 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>-(delta C / T)</sup>
2000,000	3,09	0,998454158	2000,000	4,63	0,997685441	2000,000	6,62	0,996693554	2000,000	0,28	0,99986198	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,87	0,998405123	1800,000	4,08	0,997734371	1800,000	5,13	0,997152128	1800,000	1,10	0,999386723	1800,000	1,74	0,99903646	1800,000	0,00	1
1620,000	2,32	0,998568583	1620,000	3,09	0,998094623	1620,000	4,80	0,997040013	1620,000	1,49	0,999080225	1620,000	2,89	0,998216399	1620,000	7,95	0,995105463
1458,000	2,82	0,998069206	1458,000	2,43	0,998336374	1458,000	4,31	0,997051337	1458,000	1,27	0,99912941	1458,000	6,94	0,995250797	1458,000	5,96	0,995919553
1312,200	2,71	0,997938938	1312,200	3,09	0,997648208	1312,200	4,14	0,996850037	1312,200	0,88	0,999327013	1312,200	2,89	0,997798484	1312,200	13,25	0,989955001
1180,980	2,32	0,998036988	1180,980	2,76	0,997666851	1180,980	4,64	0,996081557	1180,980	1,21	0,998972009	1180,980	6,94	0,994140056	1180,980	9,27	0,992178467
1062,882	2,54	0,997611658	1062,882	2,98	0,997200875	1062,882	3,81	0,99642303	1062,882	0,83	0,999221122	1062,882	10,41	0,990252517	1062,882	9,27	0,991313193
956,594	2,21	0,99769233	956,594	2,87	0,997005345	956,594	3,81	0,99602638	956,594	1,27	0,998673386	956,594	10,41	0,989175345	956,594	8,61	0,991038661
860,934	2,21	0,997436251	860,934	2,43	0,99718426	860,934	4,14	0,995202925	860,934	1,44	0,998334004	860,934	9,25	0,989308266	860,934	9,27	0,989286498
774,841	2,60	0,996654195	774,841	3,09	0,996020469	774,841	2,98	0,996160495	774,841	0,83	0,998931735	774,841	9,83	0,987390033	774,841	11,92	0,984730206
697,357	2,65	0,996204198	697,357	3,75	0,994634525	697,357	1,99	0,997154505	697,357	0,66	0,999050374	697,357	8,68	0,987635752	697,357	14,57	0,979320112
627,621	2,32	0,996309442	627,621	3,20	0,994914358	627,621	2,32	0,996312951	627,621	1,16	0,998154334	627,621	13,30	0,979026738	627,621	9,27	0,985333169
564,859	1,99	0,996484874	564,859	2,43	0,995711536	564,859	3,64	0,993571152	564,859	1,55	0,997266895	564,859	12,15	0,978726034	564,859	9,27	0,983716858
508,373	2,32	0,99544573	508,373	2,10	0,995884451	508,373	3,81	0,992536033	508,373	1,27	0,997505201	508,373	9,83	0,980844063	508,373	12,59	0,975547869
457,536	2,04	0,995541902	457,536	2,43	0,994708266	457,536	4,80	0,989558905	457,536	1,05	0,997709853	457,536	10,41	0,977501898	457,536	11,92	0,974277607
411,782	2,43	0,994113643	411,782	3,75	0,990930436	411,782	1,66	0,995986625	411,782	0,77	0,998124637	411,782	13,30	0,968209735	411,782	11,92	0,97146072
370,604	2,76	0,992573484	370,604	4,19	0,988749522	370,604	0,00	1	370,604	0,55	0,998511328	370,604	17,35	0,954258116	370,604	9,94	0,973546519
333,544	2,21	0,993395921	333,544	3,09	0,990779648	333,544	2,65	0,992087861	333,544	0,99	0,997024872	333,544	14,46	0,957573447	333,544	10,60	0,968725079
300,189	1,88	0,993761668	300,189	3,09	0,989760426	300,189	3,97	0,986847912	300,189	1,10	0,996328286	300,189	5,78	0,980916505	300,189	17,88	0,942162943
270,170	2,32	0,991447546	270,170	2,10	0,99226992	270,170	4,14	0,984793491	270,170	0,88	0,996735587	270,170	14,46	0,947885048	270,170	10,60	0,96153176
243,153	1,77	0,992755061	243,153	2,54	0,989616705	243,153	3,31	0,986471619	243,153	1,66	0,993211164	243,153	14,46	0,942264805	243,153	8,61	0,965205854
218,838	1,77	0,991953315	218,838	1,32	0,9939675	218,838	4,97	0,977554528	218,838	1,77	0,99195904	218,838	12,15	0,946007919	218,838	10,60	0,952724753
196,954	2,10	0,989396517	196,954	1,99	0,989966064	196,954	3,31	0,983324887	196,954	1,44	0,992737954	196,954	12,15	0,9401917	196,954	13,25	0,934949435
177,259	1,99	0,988841564	177,259	1,32	0,992557746	177,259	3,31	0,981489346	177,259	1,82	0,989773931	177,259	16,20	0,912684367	177,259	9,27	0,949029367
159,533	1,99	0,987609449	159,533	1,32	0,991734256	159,533	3,31	0,979453875	159,533	1,66	0,989671172	159,533	14,46	0,913346413	159,533	13,25	0,920313844
143,580	2,54	0,982454333	143,580	0,22	0,998464126	143,580	3,31	0,977197191	143,580	1,55	0,989290679	143,580	13,30	0,911508581	143,580	15,90	0,895188732
129,222	1,60	0,987677015	129,222	2,43	0,981389138	129,222	3,97	0,969712394	129,222	1,21	0,99064421	129,222	12,15	0,910285415	129,222	16,56	0,879722318
116,299	1,49	0,987254804	116,299	1,10	0,990556877	116,299	4,31	0,963656078	116,299	1,93	0,98352142	116,299	16,20	0,870006199	116,299	11,26	0,907716053
104,670	2,27	0,978590063	104,670	3,53	0,966827601	104,670	2,48	0,976548082	104,670	0,00	1	104,670	17,35	0,847232865	104,670	16,56	0,853671684
94,203	2,21	0,976812406	94,203	2,98	0,968868252	94,203	1,16	0,987770285	94,203	0,88	0,990666273	94,203	14,46	0,857701008	94,203	18,55	0,821287689
84,782	1,33	0,98448124	84,782	1,77	0,9793912	84,782	4,31	0,950484895	84,782	1,44	0,983210832	84,782	16,20	0,826114522	84,782	15,23	0,835526074
76,304	0,66	0,99134851	76,304	0,88	0,988497705	76,304	4,64	0,941043424	76,304	1,99	0,974287567	76,304	18,51	0,784610822	76,304	17,88	0,791058689
68,674	1,44	0,97929899	68,674	0,77	0,98881542	68,674	0,83	0,988015647	68,674	2,21	0,96835262	68,674	20,24	0,744690313	68,674	19,87	0,748741207
61,806	0,50	0,991986786	61,806	0,00	1	61,806	5,96	0,908051705	61,806	2,04	0,967487972	61,806	19,09	0,734309775	61,806	18,55	0,740759713
55,626	0,44	0,992085322	55,626	0,11	0,998018263	55,626	5,96	0,898371981	55,626	2,04	0,963941411	55,626	19,09	0,709540208	55,626	18,55	0,716468434
50,063	0,39	0,992304326	50,063	0,22	0,995601472	50,063	5,96	0,887737702	50,063	2,04	0,960016034	50,063	19,09	0,682997165	50,063	18,55	0,690411228
45,057	0,33	0,99266944	45,057	0,22	0,995113943	45,057	6,13	0,872855522	45,057	2,04	0,95567325	45,057	19,09	0,654667831	45,057	18,55	0,662568736
40,551	0,22	0,99456478	40,551	0,44	0,989174504	40,551	6,13	0,859766273	40,551	2,04	0,95087097	40,551	19,09	0,624566793	40,551	18,55	0,632947532
36,496	0,11	0,996976777	36,496	0,66	0,982022692	36,496	6,13	0,845452744	36,496	2,04	0,945563401	36,496	19,09	0,592741634	36,496	18,55	0,601585633
32,846	0,06	0,998319301	32,846	0,77	0,976758411	32,846	6,13	0,829828132	32,846	2,04	0,939700841	32,846	19,09	0,559278674	32,846	18,55	0,568558231
29,562	0,00	1	29,562	0,77	0,974209589	29,562	6,13	0,812805881	29,562	2,07	0,932358427	29,562	19,09	0,524308568	29,562	18,88	0,528034316
		0,976812406			0,966827601			0,812805881			0,932358427			0,524308568			0,528034316

Figura 4.140 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 13 – Família 07. Fonte: Próprio autor.

Família 7 - 1 cor			Família 7 - 2 cores			Família 7 - 3 cores			Família 7 - 4 cores			Família 7 - 5 cores			Família 7 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>	T	delta C	e <sup>(-delta C / T)</sup>
2000,000	3,09	0,998454158	2000,000	4,63	0,997685441	2000,000	6,62	0,996693554	2000,000	0,28	0,99986198	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,87	0,998405123	1800,000	4,08	0,997734371	1800,000	5,13	0,997152128	1800,000	1,10	0,999386723	1800,000	1,74	0,99903646	1800,000	0,00	1
1620,000	2,32	0,998568583	1620,000	3,09	0,998094623	1620,000	4,80	0,997040013	1620,000	1,49	0,999080225	1620,000	2,89	0,998216399	1620,000	7,95	0,995105463
1458,000	2,82	0,998069206	1458,000	2,43	0,998336374	1458,000	4,31	0,997051337	1458,000	1,27	0,99912941	1458,000	6,94	0,995250797	1458,000	5,96	0,995919553
1312,200	2,71	0,997938938	1312,200	3,09	0,997648208	1312,200	4,14	0,996850037	1312,200	0,88	0,999327013	1312,200	2,89	0,997798484	1312,200	13,25	0,989955001
1180,980	2,32	0,998036988	1180,980	2,76	0,997666851	1180,980	4,64	0,996081557	1180,980	1,21	0,998972009	1180,980	6,94	0,994140056	1180,980	9,27	0,992178467
1062,882	2,54	0,997611658	1062,882	2,98	0,997200875	1062,882	3,81	0,99642303	1062,882	0,83	0,999221122	1062,882	10,41	0,990252517	1062,882	9,27	0,991313193
956,594	2,21	0,99769233	956,594	2,87	0,997005345	956,594	3,81	0,99602638	956,594	1,27	0,998673386	956,594	10,41	0,989175345	956,594	8,61	0,991038661
860,934	2,21	0,997436251	860,934	2,43	0,99718426	860,934	4,14	0,995202925	860,934	1,44	0,998334004	860,934	9,25	0,989308266	860,934	9,27	0,989286498
774,841	2,60	0,996654195	774,841	3,09	0,996020469	774,841	2,98	0,996160495	774,841	0,83	0,998931735	774,841	9,83	0,987390033	774,841	11,92	0,984730206
697,357	2,65	0,996204198	697,357	3,75	0,994634525	697,357	1,99	0,997154505	697,357	0,66	0,999050374	697,357	8,68	0,987635752	697,357	14,57	0,979320112
627,621	2,32	0,996309442	627,621	3,20	0,994914358	627,621	2,32	0,996312951	627,621	1,16	0,998154334	627,621	13,30	0,979026738	627,621	9,27	0,985333169
564,859	1,99	0,996484874	564,859	2,43	0,996484874	564,859	3,64	0,993571152	564,859	1,55	0,997266895	564,859	12,15	0,978726034	564,859	9,27	0,983716858
508,373	2,32	0,99544573	508,373	2,10	0,995884451	508,373	3,81	0,992536033	508,373	1,27	0,997505201	508,373	9,83	0,980844063	508,373	12,59	0,975547869
457,536	2,04	0,995541902	457,536	2,43	0,994708266	457,536	4,80	0,989558905	457,536	1,05	0,997709853	457,536	10,41	0,977501898	457,536	11,92	0,974277607
411,782	2,43	0,994113643	411,782	3,75	0,990930436	411,782	1,66	0,995986625	411,782	0,77	0,998124637	411,782	13,30	0,968209735	411,782	11,92	0,97146072
370,604	2,76	0,992573484	370,604	4,19	0,988749522	370,604	0,00	1	370,604	0,55	0,998511328	370,604	17,35	0,954258116	370,604	9,94	0,973546519
333,544	2,21	0,993395921	333,544	3,09	0,990779648	333,544	2,65	0,992087861	333,544	0,99	0,997024872	333,544	14,46	0,957573447	333,544	10,60	0,968725079
300,189	1,88	0,993761668	300,189	3,09	0,989760426	300,189	3,97	0,986847912	300,189	1,10	0,996328286	300,189	5,78	0,980916505	300,189	17,88	0,942162943
270,170	2,32	0,991447546	270,170	2,10	0,99226992	270,170	4,14	0,984793491	270,170	0,88	0,996735587	270,170	14,46	0,947885048	270,170	10,60	0,96153176
243,153	1,77	0,992755061	243,153	2,54	0,989616705	243,153	3,31	0,986471619	243,153	1,66	0,993211164	243,153	14,46	0,942264805	243,153	8,61	0,965205854
218,838	1,77	0,991953315	218,838	1,32	0,9939675	218,838	4,97	0,977554528	218,838	1,77	0,99195904	218,838	12,15	0,946007919	218,838	10,60	0,952724753
196,954	2,10	0,989396517	196,954	1,99	0,989960604	196,954	3,31	0,983324887	196,954	1,44	0,992737954	196,954	12,15	0,9401917	196,954	13,25	0,934949435
177,259	1,99	0,988841564	177,259	1,32	0,992557746	177,259	3,31	0,981489346	177,259	1,82	0,989773931	177,259	16,20	0,912684367	177,259	9,27	0,949029367
159,533	1,99	0,987609449	159,533	1,32	0,991734256	159,533	3,31	0,979453875	159,533	1,66	0,989671172	159,533	14,46	0,913346413	159,533	13,25	0,920313844
143,580	2,54	0,982454333	143,580	0,22	0,998464126	143,580	3,31	0,977197191	143,580	1,55	0,989290679	143,580	13,30	0,911508581	143,580	15,90	0,895188732
129,222	1,60	0,987677015	129,222	2,43	0,981389138	129,222	3,97	0,969712394	129,222	1,21	0,99064421	129,222	12,15	0,910285415	129,222	16,56	0,879722318
116,299	1,49	0,987254804	116,299	1,10	0,990556877	116,299	4,31	0,963656078	116,299	1,93	0,98352142	116,299	16,20	0,870006199	116,299	11,26	0,907716053
104,670	2,27	0,978590063	104,670	3,53	0,966827601	104,670	2,48	0,976548082	104,670	0,00	1	104,670	17,35	0,847232865	104,670	16,56	0,853671684
94,203	2,21	0,976812406	94,203	2,98	0,968868252	94,203	1,16	0,987770285	94,203	0,88	0,990666273	94,203	14,46	0,857701008	94,203	18,55	0,821287689
84,782	1,33	0,98448124	84,782	1,77	0,9793912	84,782	4,31	0,950484895	84,782	1,44	0,983210832	84,782	16,20	0,826114522	84,782	15,23	0,835526074
76,304	0,66	0,99134851	76,304	0,88	0,988497705	76,304	4,64	0,941043424	76,304	1,99	0,974287567	76,304	18,51	0,784610822	76,304	17,88	0,791058689
68,674	1,44	0,97929899	68,674	0,77	0,98881542	68,674	0,83	0,988015647	68,674	2,21	0,96835262	68,674	20,24	0,744690313	68,674	19,87	0,748741207
61,806	0,50	0,991986786	61,806	0,00	1	61,806	5,96	0,908051705	61,806	2,04	0,967487972	61,806	19,09	0,734309775	61,806	18,55	0,740759713
55,626	0,44	0,992085322	55,626	0,11	0,998018263	55,626	5,96	0,898371981	55,626	2,04	0,963941411	55,626	19,09	0,709540208	55,626	18,55	0,716468434
50,063	0,39	0,992304326	50,063	0,22	0,995601472	50,063	5,96	0,887737702	50,063	2,04	0,960016034	50,063	19,09	0,682997165	50,063	18,55	0,690411228
45,057	0,33	0,99266944	45,057	0,22	0,995113943	45,057	6,13	0,872855522	45,057	2,04	0,95567325	45,057	19,09	0,654667831	45,057	18,55	0,662568736
40,551	0,22	0,99456478	40,551	0,44	0,989174504	40,551	6,13	0,859766273	40,551	2,04	0,95087097	40,551	19,09	0,624566793	40,551	18,55	0,632947532
36,496	0,11	0,996976777	36,496	0,66	0,982022692	36,496	6,13	0,845452744	36,496	2,04	0,945563401	36,496	19,09	0,592741634	36,496	18,55	0,601585633
32,846	0,06	0,998319301	32,846	0,77	0,976758411	32,846	6,13	0,829828132	32,846	2,04	0,939700841	32,846	19,09	0,559278674	32,846	18,55	0,568558231
29,562	0,00	1	29,562	0,77	0,974209589	29,562	6,13	0,812805881	29,562	2,07	0,932358427	29,562	19,09	0,524308568	29,562	18,88	0,528034316
		0,976812406			0,966827601			0,812805881			0,932358427			0,524308568			0,528034316

Figura 4.141 – Cálculo do Δ para o cenário 13 – Família 08. Fonte: Próprio autor.

Família 8 - 1 cor			Família 8 - 2 cores			Família 8 - 3 cores			Família 8 - 4 cores			Família 8 - 5 cores			Família 8 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>λ</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,20	0,998402671	2000,000	4,79	0,997608381	2000,000	6,84	0,996583528	2000,000	0,29	0,999857379	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	2,97	0,998352004	1800,000	4,22	0,997658938	1800,000	5,30	0,997057339	1800,000	1,14	0,999366287	1800,000	1,79	0,999004358	1800,000	0,00	1
1620,000	2,40	0,998520904	1620,000	3,19	0,998031173	1620,000	4,96	0,996941498	1620,000	1,54	0,999049581	1620,000	2,99	0,998157	1620,000	8,21	0,994942726
1458,000	2,91	0,99800491	1458,000	2,51	0,998280967	1458,000	4,45	0,996953198	1458,000	1,31	0,999100403	1458,000	7,17	0,995092879	1458,000	6,16	0,995783825
1312,200	2,80	0,997870309	1312,200	3,19	0,997569911	1312,200	4,28	0,996745209	1312,200	0,91	0,999304588	1312,200	2,99	0,997725184	1312,200	13,69	0,989621911
1180,980	2,40	0,99797162	1180,980	2,85	0,997589174	1180,980	4,79	0,995951207	1180,980	1,26	0,998937761	1180,980	7,17	0,993945317	1180,980	9,58	0,991918806
1062,882	2,63	0,997532145	1062,882	3,08	0,997107706	1062,882	3,94	0,996304019	1062,882	0,86	0,99919517	1062,882	10,76	0,989929242	1062,882	9,58	0,991024936
956,594	2,28	0,997615499	956,594	2,96	0,996905678	956,594	3,94	0,995894198	956,594	1,31	0,998629196	956,594	10,76	0,988816548	956,594	8,90	0,990741337
860,934	2,28	0,997350906	860,934	2,51	0,997090539	860,934	4,28	0,995043419	860,934	1,48	0,998278519	860,934	9,56	0,988953585	860,934	9,58	0,988931365
774,841	2,68	0,996542861	774,841	3,19	0,995888091	774,841	3,08	0,996032766	774,841	0,86	0,998896145	774,841	10,16	0,98697245	774,841	12,32	0,984225248
697,357	2,74	0,99607792	697,357	3,88	0,994456173	697,357	2,05	0,997059794	697,357	0,68	0,999018736	697,357	8,97	0,987226254	697,357	15,06	0,978638197
627,621	2,40	0,996186659	627,621	3,31	0,994745283	627,621	2,40	0,996190284	627,621	1,20	0,99809287	627,621	13,75	0,978335257	627,621	9,58	0,984847997
564,859	2,06	0,996367916	564,859	2,51	0,995568905	564,859	3,76	0,99335757	564,859	1,60	0,99717592	564,859	12,55	0,97802475	564,859	9,58	0,983178677
508,373	2,40	0,995294279	508,373	2,17	0,995747558	508,373	3,94	0,992288195	508,373	1,31	0,997422149	508,373	10,16	0,980211891	508,373	13,00	0,974743177
457,536	2,11	0,995393641	457,536	2,51	0,994532358	457,536	4,96	0,989212752	457,536	1,08	0,997633606	457,536	10,76	0,976760742	457,536	12,32	0,973431684
411,782	2,51	0,993918029	411,782	3,88	0,990629538	411,782	1,71	0,995853123	411,782	0,80	0,998062185	411,782	13,75	0,967167646	411,782	12,32	0,970523569
370,604	2,85	0,992326886	370,604	4,33	0,988376694	370,604	0,00	1	370,604	0,57	0,998461744	370,604	17,93	0,952769965	370,604	10,27	0,972676893
333,544	2,28	0,993176538	333,544	3,19	0,990473771	333,544	2,74	0,991825204	333,544	1,03	0,996925854	333,544	14,94	0,956190662	333,544	10,95	0,9676996
300,189	1,94	0,993554395	300,189	3,19	0,989420919	300,189	4,11	0,9864125	300,189	1,14	0,996206128	300,189	5,98	0,9802867	300,189	18,48	0,940293757
270,170	2,40	0,991163728	270,170	2,17	0,992013283	270,170	4,28	0,984290609	270,170	0,91	0,996626957	270,170	14,94	0,946195464	270,170	10,95	0,960275293
243,153	1,83	0,992514469	243,153	2,62	0,989272459	243,153	3,42	0,986023839	243,153	1,71	0,992985665	243,153	14,94	0,940398805	243,153	8,90	0,964067136
218,838	1,83	0,99168621	218,838	1,37	0,993767044	218,838	5,13	0,976815086	218,838	1,83	0,991692124	218,838	12,55	0,944259285	218,838	10,95	0,951188003
196,954	2,17	0,98904501	196,954	2,05	0,989633339	196,954	3,42	0,982773865	196,954	1,48	0,992496796	196,954	12,55	0,938260918	196,954	13,69	0,932855539
177,259	2,06	0,988471768	177,259	1,37	0,992310627	177,259	3,42	0,980878261	177,259	1,88	0,989434868	177,259	16,74	0,90990901	177,259	9,58	0,947375844
159,533	2,06	0,987199085	159,533	1,37	0,991459911	159,533	3,42	0,978776323	159,533	1,71	0,989328721	159,533	14,94	0,910591053	159,533	13,69	0,917769922
143,580	2,63	0,98187481	143,580	0,23	0,998412971	143,580	3,42	0,976446119	143,580	1,60	0,988935683	143,580	13,75	0,908697752	143,580	16,43	0,891890957
129,222	1,66	0,987268874	129,222	2,51	0,980774777	129,222	4,11	0,968718762	129,222	1,26	0,990333862	129,222	12,55	0,907437739	129,222	17,11	0,875972482
116,299	1,54	0,986832773	116,299	1,14	0,990243647	116,299	4,45	0,962467634	116,299	2,00	0,982976835	116,299	16,74	0,865977135	116,299	11,64	0,904791163
104,670	2,34	0,977884348	104,670	3,65	0,965741012	104,670	2,57	0,975775896	104,670	0,00	1	104,670	17,93	0,842563977	104,670	17,11	0,849181594
94,203	2,28	0,976048816	94,203	3,08	0,967847389	94,203	1,20	0,987365214	94,203	0,91	0,990356654	94,203	14,94	0,853323654	94,203	19,16	0,815915449
84,782	1,37	0,983968116	84,782	1,82	0,978711604	84,782	4,45	0,948877307	84,782	1,48	0,982656074	84,782	16,74	0,820871036	84,782	15,74	0,830536406
76,304	0,69	0,991061419	76,304	0,91	0,988116582	76,304	4,79	0,939139239	76,304	2,05	0,973441968	76,304	19,13	0,778292366	76,304	18,48	0,78490241
68,674	1,48	0,978616386	68,674	0,80	0,988444763	68,674	0,86	0,987618651	68,674	2,28	0,967315135	68,674	20,92	0,737408651	68,674	20,53	0,741554019
61,806	0,51	0,991720788	61,806	0,00	1	61,806	6,16	0,905136888	61,806	2,11	0,966422636	61,806	19,72	0,726789459	61,806	19,16	0,7333871
55,626	0,46	0,991822581	55,626	0,11	0,997952273	55,626	6,16	0,89516839	55,626	2,11	0,962762116	55,626	19,72	0,701470768	55,626	19,16	0,708549664
50,063	0,40	0,992048826	50,063	0,23	0,995455188	50,063	6,16	0,88422099	50,063	2,11	0,958711131	50,063	19,72	0,674372001	50,063	19,16	0,681937815
45,057	0,34	0,992426016	45,057	0,23	0,994951486	45,057	6,33	0,868907961	45,057	2,11	0,954230025	45,057	19,72	0,64548829	45,057	19,16	0,65339695
40,551	0,23	0,994384116	40,551	0,46	0,98881568	40,551	6,33	0,855446955	40,551	2,11	0,949275579	40,551	19,72	0,614843878	40,551	19,16	0,623371057
36,496	0,11	0,99687616	36,496	0,68	0,981429047	36,496	6,33	0,84073472	36,496	2,11	0,943800803	36,496	19,72	0,582497789	36,496	19,16	0,591480873
32,846	0,06	0,998263327	32,846	0,80	0,975993065	32,846	6,33	0,824684361	32,846	2,11	0,937754743	32,846	19,72	0,548549556	32,846	19,16	0,557957068
29,562	0,00	1	29,562	0,80	0,97336146	29,562	6,33	0,807209749	29,562	2,14	0,930184283	29,562	19,72	0,513144707	29,562	19,51	0,516913116
		0,976048816			0,965741012			0,807209749			0,930184283			0,513144707			0,516913116

Figura 4.142 – Tempo do *setup* – cenário 13 – Família 2 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

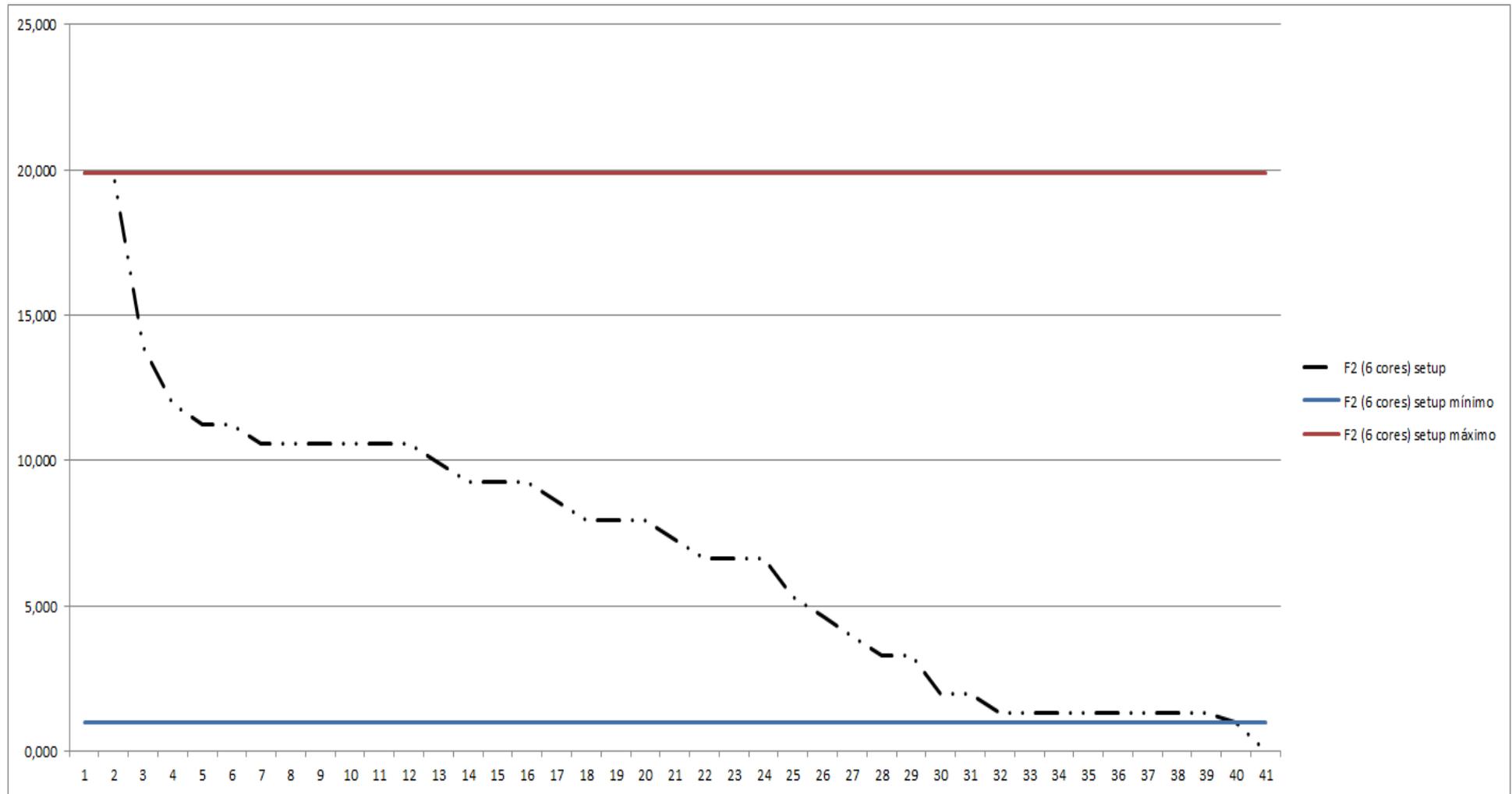


Figura 4.143 – Tempo do *setup* – cenário 13 – Família 7 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

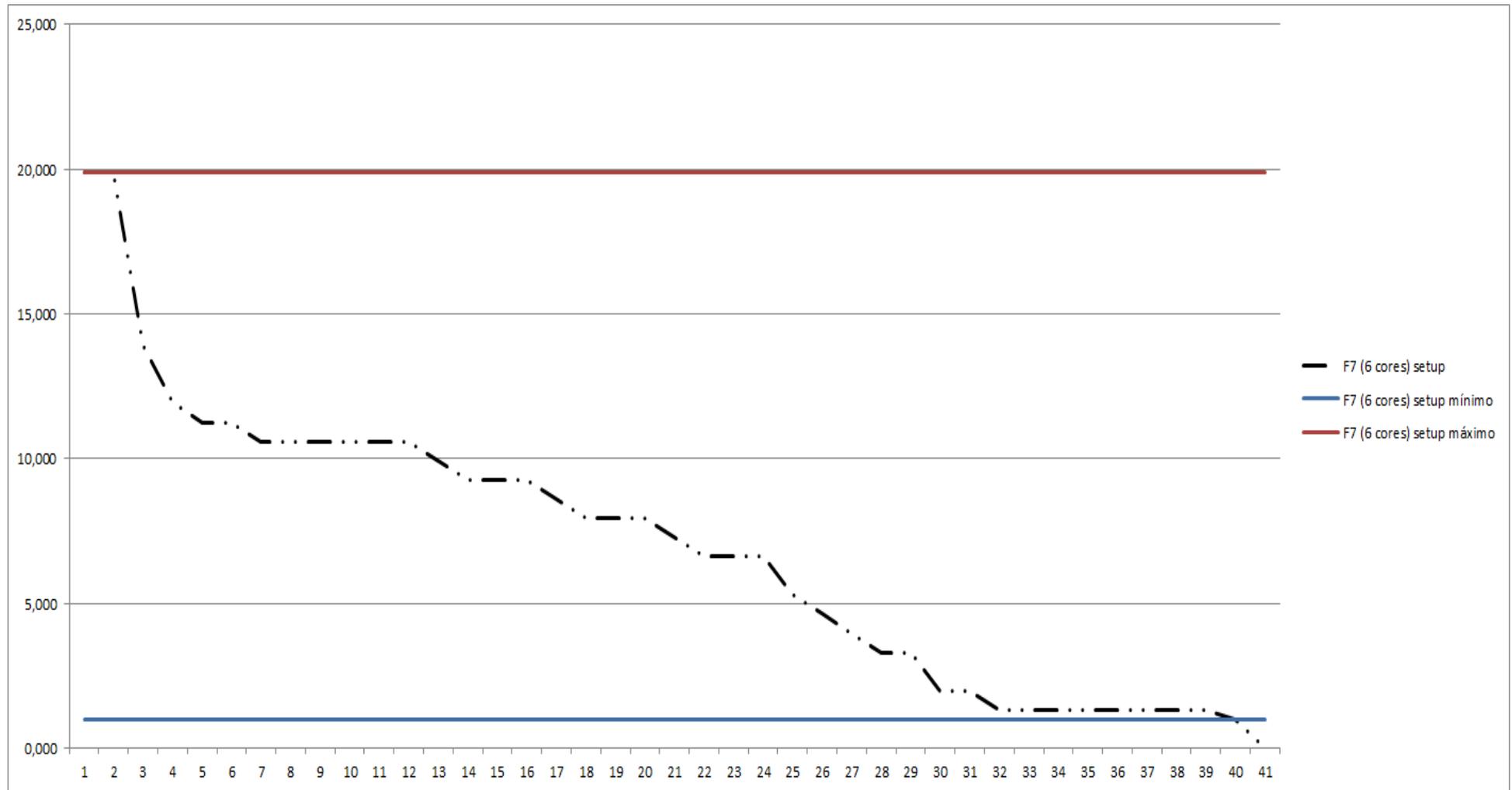


Figura 4.144 – Tempo do *setup* – cenário 13 – Família 8 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

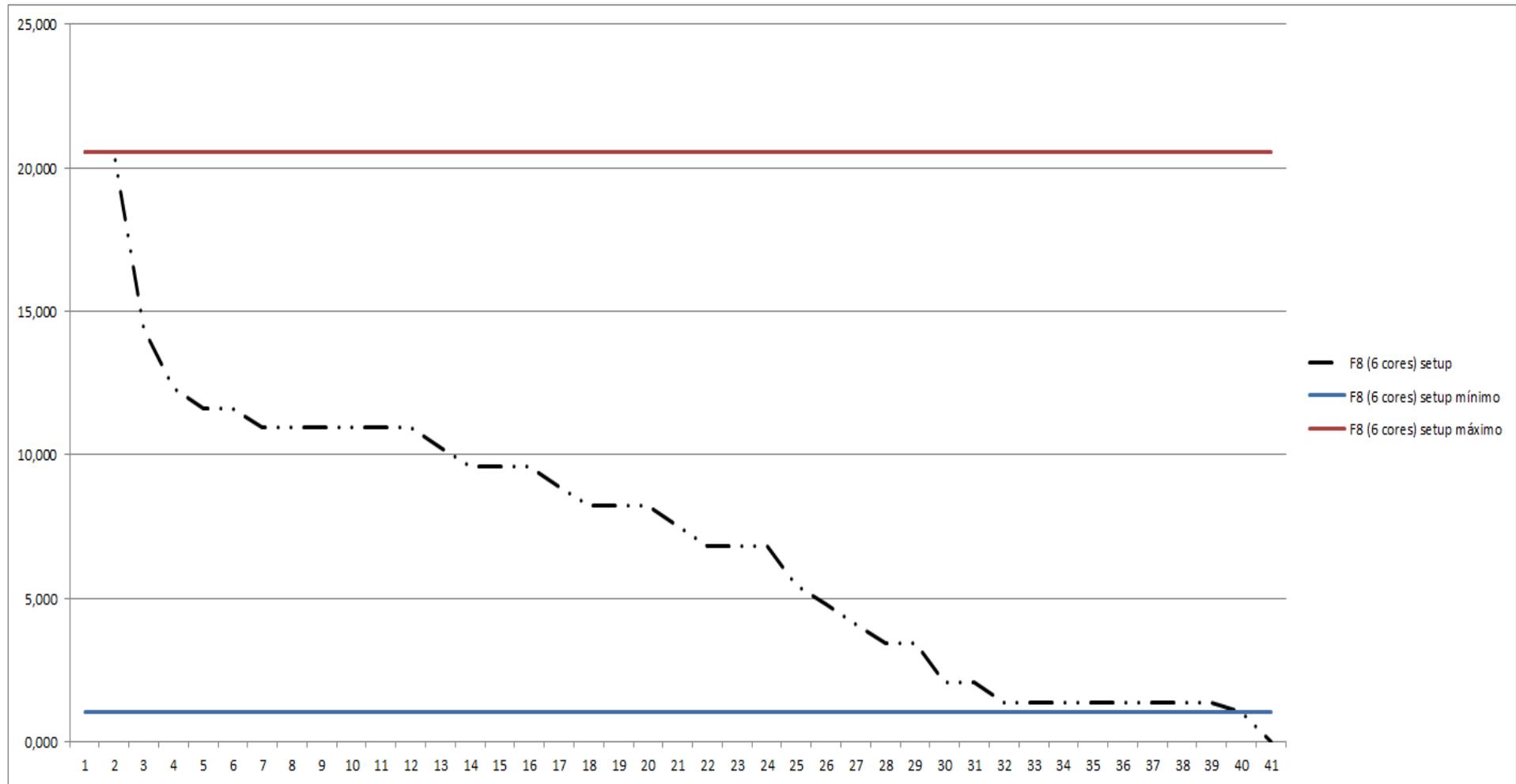


Figura 4.145 – Opção 25 adotada para o cenário 14 das possibilidades de mix dos produtos de impressão. Fonte: Próprio autor.

25		alterar ⇒																																	
		simulação (médio)						1,9155	2,7539	4,8034	5,1836	5,4665	2,1657	1,85	2,7822	4,7482	5,1438	5,4528	2,0765	1,8792	2,8006	4,8043	5,229	5,4909	5,5242										
		simulação (mínimo)						0,424	0,7732	1,1232	1,4732	1,832	2,098	0,4242	0,7731	1,1232	1,4732	1,832	2,098	0,4241	0,7732	1,1232	1,4732	1,832	2,098										
		simulação (máximo)						4,0793	3,1112	4,702	8,4801	8,9887	8,9725	4,0263	3,2122	4,6464	8,0606	8,7544	9,0849	3,8856	3,0781	4,6182	8,6098	9,2163	9,2171										
		%						-25%	-67%	25%	300%	-50%	-50%	-25%	-67%	25%	300%	-50%	-50%	-25%	-67%	25%	300%	-50%	-50%										
		preparação						0,5653	2,3196	0,8986	0,3683	3,664	4,196	0,5656	2,3193	0,8986	0,3683	3,664	4,196	0,5655	2,3196	0,8986	0,3683	3,664	4,196										
		planilha						1,04	1,38	5,17	11,04	3,62	4,14	1,04	1,38	5,17	11,04	3,62	4,14	1,07	1,43	5,35	11,41	3,74	4,28										
25		25						Demanda - %						Setup - Família 2						Setup - Família 7						Setup - Família 8									
		1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores	1 cor	2 cores	3 cores	4 cores	5 cores	6 cores				
alfa		20,0%	30,0%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%				
0,9		106492,32														1 cor 2 cores 3 cores 4 cores 5 cores 6 cores						1 cor 2 cores 3 cores 4 cores 5 cores 6 cores						1 cor 2 cores 3 cores 4 cores 5 cores 6 cores							
100,00%	0							1	0,0%	0,0%	0,0%	35,0%	35,0%	30,0%	0,00	0,00	0,00	9,66	25,31	24,84	0,00	0,00	9,66	25,31	24,84	0,00	0,00	9,66	25,31	24,84	0,00	0,00	9,98	26,15	25,67
100,00%	0							2	4,0%	5,0%	9,0%	20,0%	32,0%	30,0%	0,28	0,69	1,86	5,52	23,14	24,84	0,28	0,69	1,86	5,52	23,14	24,84	0,29	0,71	1,93	5,71	23,91	25,67			
100,00%	0							3	14,0%	14,0%	11,0%	13,0%	30,0%	18,0%	0,97	1,93	2,28	3,59	21,69	14,90	0,97	1,93	2,28	3,59	21,69	14,90	1,00	2,00	2,35	3,71	22,41	15,40			
100,00%	0							4	5,0%	20,0%	14,0%	17,0%	23,0%	21,0%	0,35	2,76	2,90	4,69	16,63	17,39	0,35	2,76	2,90	4,69	16,63	17,39	0,36	2,85	2,99	4,85	17,18	17,97			
100,00%	1							5	7,0%	14,0%	15,0%	24,0%	30,0%	10,0%	0,48	1,93	3,10	6,63	21,69	8,28	0,48	1,93	3,10	6,63	21,69	8,28	0,50	2,00	3,21	6,85	22,41	8,56			
100,00%	0							6	14,0%	17,0%	12,0%	18,0%	23,0%	16,0%	0,97	2,34	2,48	4,97	16,63	13,25	0,97	2,34	2,48	4,97	16,63	13,25	1,00	2,42	2,57	5,13	17,18	13,69			
100,00%	0							7	10,0%	15,0%	17,0%	25,0%	17,0%	16,0%	0,69	2,07	3,52	6,90	12,29	13,25	0,69	2,07	3,52	6,90	12,29	13,25	0,71	2,14	3,64	7,13	12,70	13,69			
100,00%	0							8	16,0%	16,0%	17,0%	17,0%	17,0%	17,0%	1,11	2,21	3,52	4,69	12,29	14,08	1,11	2,21	3,52	4,69	12,29	14,08	1,14	2,28	3,64	4,85	12,70	14,54			
100,00%	0							9	16,0%	20,0%	15,0%	14,0%	19,0%	16,0%	1,11	2,76	3,10	3,86	13,74	13,25	1,11	2,76	3,10	3,86	13,74	13,25	1,14	2,85	3,21	3,99	14,19	13,69			
100,00%	0							10	9,0%	14,0%	22,0%	25,0%	18,0%	12,0%	0,62	1,93	4,55	6,90	13,01	9,94	0,62	1,93	4,55	6,90	13,01	9,94	0,64	2,00	4,71	7,13	13,45	10,27			
100,00%	0							11	8,0%	8,0%	28,0%	28,0%	20,0%	8,0%	0,55	1,10	5,80	7,73	14,46	6,62	0,55	1,10	5,80	7,73	14,46	6,62	0,57	1,14	5,99	7,99	14,94	6,84			
100,00%	0							12	14,0%	13,0%	26,0%	19,0%	12,0%	16,0%	0,97	1,79	5,38	5,25	8,68	13,25	0,97	1,79	5,38	5,25	8,68	13,25	1,00	1,85	5,56	5,42	8,97	13,69			
100,00%	1	1						13	20,0%	20,0%	18,0%	12,0%	14,0%	16,0%	1,38	2,76	3,73	3,31	10,12	13,25	1,38	2,76	3,73	3,31	10,12	13,25	1,43	2,85	3,85	3,42	10,46	13,69			
100,00%	0							14	14,0%	23,0%	17,0%	17,0%	18,0%	11,0%	0,97	3,17	3,52	4,69	13,01	9,11	0,97	3,17	3,52	4,69	13,01	9,11	1,00	3,28	3,64	4,85	13,45	9,41			
100,00%	0							15	19,0%	20,0%	11,0%	21,0%	17,0%	12,0%	1,31	2,76	2,28	5,80	12,29	9,94	1,31	2,76	2,28	5,80	12,29	9,94	1,36	2,85	2,65	5,99	12,70	10,27			
100,00%	0							16	12,0%	8,0%	30,0%	26,0%	12,0%	12,0%	0,83	1,10	6,21	7,18	8,68	9,94	0,83	1,10	6,21	7,18	8,68	9,94	0,86	1,14	6,42	7,42	8,97	10,27			
100,00%	0							17	6,0%	4,0%	40,0%	30,0%	5,0%	15,0%	0,41	0,55	8,28	8,28	3,62	12,42	0,41	0,55	8,28	8,28	3,62	12,42	0,43	0,57	8,56	8,56	3,74	12,83			
100,00%	1						1	18	16,0%	14,0%	24,0%	22,0%	10,0%	14,0%	1,11	1,93	4,97	6,07	7,23	11,59	1,11	1,93	4,97	6,07	7,23	11,59	1,14	2,00	5,13	6,28	7,47	11,98			
100,00%	0							19	22,0%	14,0%	16,0%	20,0%	25,0%	3,0%	1,52	1,93	3,31	5,52	18,08	2,48	1,52	1,93	3,31	5,52	18,08	2,48	1,57	2,00	3,42	5,71	18,68	2,57			
100,00%	1							20	14,0%	23,0%	15,0%	24,0%	10,0%	14,0%	0,97	3,17	3,10	6,63	7,23	11,59	0,97	3,17	3,10	6,63	7,23	11,59	1,00	3,28	3,21	6,85	7,47	11,98			
100,00%	3							21	24,0%	19,0%	20,0%	10,0%	10,0%	17,0%	1,66	2,62	4,14	2,76	7,23	14,08	1,66	2,62	4,14	2,76	7,23	14,08	1,71	2,71	4,28	2,85	7,47	14,54			
100,00%	1		1					22	24,0%	30,0%	10,0%	8,0%	14,0%	14,0%	1,66	4,14	2,07	2,21	10,12	11,59	1,66	4,14	2,07	2,21	10,12	11,59	1,71	4,28	2,14	2,28	10,46	11,98			
100,00%	2						1	23	18,0%	24,0%	20,0%	14,0%	14,0%	10,0%	1,24	3,31	4,14	3,86	10,12	8,28	1,24	3,31	4,14	3,86	10,12	8,28	1,28	3,42	4,28	3,99	10,46	8,56			
100,00%	0							24	20,0%	30,0%	20,0%	7,0%	7,0%	16,0%	1,38	4,14	4,14	1,93	5,06	13,25	1,38	4,14	4,14	1,93	5,06	13,25	1,43	4,28	2,00	5,23	13,69				
100,00%	25	6	1	1	1	1	1	25	20,0%	30,0%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%	1,38	4,14	4,14	2,76	7,23	8,28	1,38	4,14	4,14	2,76	7,23	8,28	1,43	4,28	4,28	2,85	7,47	8,56			
100,00%	0							26	10,0%	40,0%	20,0%	12,0%	12,0%	6,0%	0,69	5,52	4,14	3,31	8,68	4,97	0,69	5,52	4,14	3,31	8,68	4,97	0,71	5,70	4,28	3,42	8,97	5,13			
100,00%	0							27	27,0%	20,0%	16,0%	18,0%	14,0%	5,0%	1,86	2,76	3,31	4,97	10,12	4,14	1,86	2,76	3,31	4,97	10,12	4,14	1,93	2,85	3,42	5,13	10,46	4,28			
100,00%	0							28	29,0%	32,0%	14,0%	5,0%	7,0%	13,0%	2,00	4,41	2,90	1,38	5,06	10,76	2,00	4,41	2,90	1,38	5,06	10,76	2,07	4,56	2,99	1,43	5,23	11,12			
100,00%	0							29	15,0%	10,0%	25,0%	40,0%	5,0%	5,0%	1,04	1,38	5,17	11,04	3,62	4,14	1,04	1,38	5,17	11,04	3,62	4,14	1,07	1,43	5,35	11,41	3,74	4,28			
100,00%	1						1	30	16,0%	15,0%	33,0%	24,0%	10,0%	2,0%	1,11	2,07	6,83	6,63	7,23	1,66	1,11	2,07	6,83	6,63	7,23	1,66	1,14	2,14	7,06	6,85	7,47	1,71			
100,00%	0							31	32,0%	26,0%	14,0%	14,0%	7,0%	7,0%	2,21	3,59	2,90	3,86	5,06	5,80	2,21	3,59	2,90	3,86	5,06	5,80	2,28	3,71	2,99	3,99	5,23	5,99			
100,00%	0							32	44,0%	34,0%	12,0%	4,0%	3,0%	3,0%	3,04	4,69	2,48	1,10	2,17	2,48	3,04	4,69	2,48	1,10	2,17	2,48	3,14	4,85	2,57	1,14	2,24	2,57			
100,00%	0							33	30,0%	35,0%	35,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,07	4,83	7,24	0,00	0,00	0,00	2,07	4,83	7,24	0,00	0,00	0,00	2,00	2,14	4,99	7,49	0,00	0,00	0,00		
100,00%	0							34	47,0%	42,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	3,25	5,79	0,83	0,83	1,45	1,66	3,25	5,79	0,83	0,83	1,45	1,66	3,35	5,99	0,86	0,86	1,49	1,71			
100,00%	0							35	48,0%	41,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	3,32	5,66	0,83	0,83	1,45	1,66	3,32	5,66	0,83	0,83	1,45	1,66	3,43	5,84	0,86	0,86	1,49	1,71			
100,00%	0							36	49,0%	40,0%	4,0%	3,0%	2,0%	2,0%	3,38	5,52	0,83	0,83	1,45	1,66	3,38	5,52	0,83	0,83	1,45	1,66	3,50	5,70	0,86	0,86	1,49	1,71			
100,00%	0</																																		

Figura 4.146 – Resumo dos resultados (cenário 14) do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.

<b>Produção</b>	alfa	<b>25</b>	<b>Lote mínimo</b>																	
<b>101189,32</b>	0,9		<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>							<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
			400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades							400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades	400 unidades
<b>Famílias</b>	<b>demanda</b>		<b>Demanda (%)</b>						<b>Demanda (Quantidade)</b>						<b>Atendimento à Demanda</b>					
	<b>%</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
Família 2	14,82%	15786,101	20%	30%	20%	10%	10%	10%	3157	4736	3157	1579	1579	1579	7,89	11,84	7,89	3,95	3,95	3,95
Família 7	14,82%	15786,101	20%	30%	20%	10%	10%	10%	3157	4736	3157	1579	1579	1579	7,89	11,84	7,89	3,95	3,95	3,95
Família 8	15,32%	16312,304	20%	30%	20%	10%	10%	10%	3262	4894	3262	1631	1631	1631	8,16	12,23	8,16	4,08	4,08	4,08

<b>Cenário 14</b>					
<b>1,3813</b>	<b>4,1379</b>	<b>4,1399</b>	<b>2,7606</b>	<b>7,2300</b>	<b>8,2798</b>
<b>1,3813</b>	<b>4,1379</b>	<b>4,1399</b>	<b>2,7606</b>	<b>7,2300</b>	<b>8,2798</b>
<b>1,4273</b>	<b>4,2759</b>	<b>4,2779</b>	<b>2,8526</b>	<b>7,4710</b>	<b>8,5558</b>
<b>Tempo de Setup</b>					
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098
0,350	0,699	1,049	1,399	1,832	2,098

<b>Total do Tempo de Setup</b>						
<b>Cor 1</b>	<b>Cor 2</b>	<b>Cor 3</b>	<b>Cor 4</b>	<b>Cor 5</b>	<b>Cor 6</b>	<b>Total</b>
1,381	4,138	4,140	2,761	7,230	8,280	27,930
1,381	4,138	4,140	2,761	7,230	8,280	27,930
1,427	4,276	4,278	2,853	7,471	8,556	28,861
						84,720

Figura 4.147 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 14 – Família 02. Fonte: Próprio autor.

Família 2 - 1 cor			Família 2 - 2 cores			Família 2 - 3 cores			Família 2 - 4 cores			Família 2 - 5 cores			Família 2 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,87	0,998068071	2000,000	5,79	0,997107639	2000,000	8,28	0,995868653	2000,000	1,38	0,99931009	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	3,59	0,998006801	1800,000	5,10	0,997168766	1800,000	6,42	0,996441429	1800,000	5,52	0,996937372	1800,000	2,17	0,99879572	1800,000	0,00	1
1620,000	2,90	0,998211049	1620,000	3,86	0,997618846	1620,000	6,00	0,996301386	1620,000	7,45	0,995409578	1620,000	3,62	0,997770996	1620,000	9,94	0,993885577
1458,000	3,52	0,99758709	1458,000	3,03	0,9979209	1458,000	5,38	0,996315531	1458,000	6,35	0,995654622	1458,000	8,68	0,994067025	1458,000	7,45	0,994902045
1312,200	3,38	0,997424337	1312,200	3,86	0,997061125	1312,200	5,17	0,996064098	1312,200	4,42	0,996639593	1312,200	3,62	0,997248863	1312,200	16,56	0,987459557
1180,980	2,90	0,997546837	1180,980	3,45	0,997084415	1180,980	5,80	0,995104347	1180,980	6,07	0,994870601	1180,980	8,68	0,992680444	1180,980	11,59	0,990232662
1062,882	3,18	0,997015464	1062,882	3,72	0,996502319	1062,882	4,76	0,995530789	1062,882	4,14	0,99611167	1062,882	13,01	0,987830528	1062,882	11,59	0,989153308
956,594	2,76	0,997116245	956,594	3,59	0,996258084	956,594	4,76	0,995035445	956,594	6,35	0,993384505	956,594	13,01	0,986487539	956,594	10,76	0,988810902
860,934	2,76	0,996796341	860,934	3,03	0,996481565	860,934	5,17	0,994007256	860,934	7,18	0,991697731	860,934	11,57	0,986653242	860,934	11,59	0,986626105
774,841	3,25	0,995819494	774,841	3,86	0,995028063	774,841	3,73	0,995202925	774,841	4,14	0,994670072	774,841	12,29	0,984262465	774,841	14,90	0,980949329
697,357	3,32	0,995257501	697,357	4,69	0,993297661	697,357	2,48	0,996444397	697,357	3,31	0,995260881	697,357	10,85	0,984568651	697,357	18,22	0,97421731
627,621	2,90	0,995388933	627,621	4,00	0,993646994	627,621	2,90	0,995393315	627,621	5,80	0,99080567	627,621	16,63	0,973852517	627,621	11,59	0,981700197
564,859	2,49	0,995608025	564,859	3,03	0,994642297	564,859	4,55	0,991970408	564,859	7,73	0,986408969	564,859	15,18	0,973478638	564,859	11,59	0,979687671
508,373	2,90	0,994310407	508,373	2,62	0,994858213	508,373	4,76	0,990678762	508,373	6,35	0,987588092	508,373	12,29	0,976112692	508,373	15,73	0,969528836
457,536	2,56	0,994430486	457,536	3,03	0,993389714	457,536	6,00	0,98696571	457,536	5,25	0,988601595	457,536	13,01	0,97195691	457,536	14,90	0,967951062
411,782	3,04	0,992647476	411,782	4,69	0,988675927	411,782	2,07	0,9949858	411,782	3,86	0,990658287	411,782	16,63	0,960421351	411,782	14,90	0,964454084
370,604	3,45	0,990725489	370,604	5,24	0,985956736	370,604	0,00	1	370,604	2,76	0,992578769	370,604	21,69	0,943153386	370,604	12,42	0,967043222
333,544	2,76	0,991751728	333,544	3,86	0,988487874	333,544	3,31	0,990119628	333,544	4,97	0,985212613	333,544	18,08	0,947251101	333,544	13,25	0,961060392
300,189	2,35	0,992208175	300,189	3,86	0,987216958	300,189	4,97	0,983587007	300,189	5,52	0,981775749	300,189	7,23	0,976202808	300,189	22,36	0,92823411
270,170	2,90	0,989320886	270,170	2,62	0,990346755	270,170	5,17	0,981028133	270,170	4,42	0,983784152	270,170	18,08	0,935286339	270,170	13,25	0,952148181
243,153	2,21	0,990952043	243,153	3,17	0,987037771	243,153	4,14	0,983118217	243,153	8,28	0,966513586	243,153	18,08	0,928359556	243,153	10,76	0,956698149
218,838	2,21	0,989951781	218,838	1,66	0,992465069	218,838	6,21	0,972022325	218,838	8,83	0,96043659	218,838	15,18	0,932971688	218,838	13,25	0,941259367
196,954	2,62	0,986763261	196,954	2,48	0,98747335	196,954	4,14	0,979199738	196,954	7,18	0,964213326	196,954	15,18	0,92580712	196,954	16,56	0,919359048
177,259	2,49	0,986071464	177,259	1,66	0,990705853	177,259	4,14	0,976915471	177,259	9,11	0,949904739	177,259	20,24	0,89207376	177,259	11,59	0,936697939
159,533	2,49	0,984535874	159,533	1,66	0,989678517	159,533	4,14	0,974383646	159,533	8,28	0,949411745	159,533	18,08	0,892882703	159,533	16,56	0,901404961
143,580	3,18	0,978116231	143,580	0,28	0,998080526	143,580	4,14	0,971578201	143,580	7,73	0,947588072	143,580	16,63	0,890637449	143,580	19,87	0,87074955
129,222	2,00	0,984620069	129,222	3,03	0,976790795	129,222	4,97	0,962284926	129,222	6,07	0,954088205	129,222	15,18	0,889143751	129,222	20,70	0,851985125
116,299	1,86	0,984093967	116,299	1,38	0,988210063	116,299	5,38	0,954778391	116,299	9,66	0,920278155	116,299	20,24	0,84023919	116,299	14,08	0,886007749
104,670	2,83	0,973309589	104,670	4,41	0,958707887	104,670	3,10	0,970771548	104,670	0,00	1	104,670	21,69	0,812837053	104,670	20,70	0,820566146
94,203	2,76	0,97110001	94,203	3,72	0,961237945	94,203	1,45	0,984736297	94,203	4,42	0,954194457	94,203	18,08	0,825410332	94,203	23,18	0,781842259
84,782	1,66	0,980639327	84,782	2,21	0,974305708	84,782	5,38	0,938494052	84,782	7,18	0,918825992	84,782	20,24	0,787590231	84,782	19,04	0,798821986
76,304	0,83	0,989197358	76,304	1,10	0,985642863	76,304	5,80	0,926855605	76,304	9,94	0,877881311	76,304	23,14	0,738444513	76,304	22,36	0,746037884
68,674	1,80	0,974191045	68,674	0,97	0,986038876	68,674	1,03	0,985042067	68,674	11,04	0,851466682	68,674	25,31	0,691782595	68,674	24,84	0,696489653
61,806	0,62	0,989993536	61,806	0,00	1	61,806	7,45	0,886417299	61,806	10,21	0,847672065	61,806	23,86	0,679749876	61,806	23,18	0,68722143
55,626	0,55	0,99011646	55,626	0,14	0,997523443	55,626	7,45	0,874621699	55,626	10,21	0,832248825	55,626	23,86	0,651210304	55,626	23,18	0,659168319
50,063	0,48	0,990389679	50,063	0,28	0,994504867	50,063	7,45	0,86169948	50,063	10,21	0,815440794	50,063	23,86	0,620902811	50,063	23,18	0,629339234
45,057	0,41	0,990845212	45,057	0,28	0,993896163	45,057	7,66	0,84368039	45,057	10,21	0,797163029	45,057	23,86	0,58887925	45,057	23,18	0,597776275
40,551	0,28	0,993210597	40,551	0,55	0,986486491	40,551	7,66	0,827895469	40,551	10,21	0,7773345	40,551	23,86	0,555230881	40,551	23,18	0,564593934
36,496	0,14	0,9962224	36,496	0,83	0,977579091	36,496	7,66	0,8107028	36,496	10,21	0,755880723	36,496	23,86	0,520093938	36,496	23,18	0,529812036
32,846	0,07	0,997899568	32,846	0,97	0,971032911	32,846	7,66	0,792018256	32,846	10,21	0,732736925	32,846	23,86	0,483654602	32,846	23,18	0,493706323
29,562	0,00	1	29,562	0,97	0,967866593	29,562	7,66	0,771762277	29,562	10,35	0,704554352	29,562	23,86	0,446152872	29,562	23,60	0,450119351
		0,97110001			0,958707887			0,771762277			0,704554352			0,446152872			0,450119351

Figura 4.148 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 14 – Família 07. Fonte: Próprio autor.

Família 7 - 1 cor			Família 7 - 2 cores			Família 7 - 3 cores			Família 7 - 4 cores			Família 7 - 5 cores			Família 7 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)
2000,000	3,87	0,998068071	2000,000	5,79	0,997107639	2000,000	8,28	0,995868653	2000,000	1,38	0,99931009	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	3,59	0,998006801	1800,000	5,10	0,997168766	1800,000	6,42	0,996441429	1800,000	5,52	0,996937372	1800,000	2,17	0,99879572	1800,000	0,00	1
1620,000	2,90	0,998211049	1620,000	3,86	0,997618846	1620,000	6,00	0,996301386	1620,000	7,45	0,995409578	1620,000	3,62	0,997770996	1620,000	9,94	0,993885577
1458,000	3,52	0,99758709	1458,000	3,03	0,9979209	1458,000	5,38	0,996315531	1458,000	6,35	0,995654622	1458,000	8,68	0,994067025	1458,000	7,45	0,994902045
1312,200	3,38	0,997424337	1312,200	3,86	0,997061125	1312,200	5,17	0,996064098	1312,200	4,42	0,996639593	1312,200	3,62	0,997248863	1312,200	16,56	0,987459557
1180,980	2,90	0,997546837	1180,980	3,45	0,997084415	1180,980	5,80	0,995104347	1180,980	6,07	0,994870601	1180,980	8,68	0,992680444	1180,980	11,59	0,990232662
1062,882	3,18	0,997015464	1062,882	3,72	0,996502319	1062,882	4,76	0,995530789	1062,882	4,14	0,99611167	1062,882	13,01	0,987830528	1062,882	11,59	0,989153308
956,594	2,76	0,997116245	956,594	3,59	0,996258084	956,594	4,76	0,995035445	956,594	6,35	0,993384505	956,594	13,01	0,986487539	956,594	10,76	0,988810902
860,934	2,76	0,996796341	860,934	3,03	0,996481565	860,934	5,17	0,994007256	860,934	7,18	0,991697731	860,934	11,57	0,986653242	860,934	11,59	0,986626105
774,841	3,25	0,995819494	774,841	3,86	0,995202925	774,841	3,73	0,995202925	774,841	4,14	0,994670072	774,841	12,29	0,984262465	774,841	14,90	0,980949329
697,357	3,32	0,995257501	697,357	4,69	0,993297661	697,357	2,48	0,996444397	697,357	3,31	0,995260881	697,357	10,85	0,984568651	697,357	18,22	0,97421731
627,621	2,90	0,995388933	627,621	4,00	0,993646994	627,621	2,90	0,995393315	627,621	5,80	0,99080567	627,621	16,63	0,973852517	627,621	11,59	0,981700197
564,859	2,49	0,995608025	564,859	3,03	0,994642297	564,859	4,55	0,991970408	564,859	7,73	0,986408969	564,859	15,18	0,973478638	564,859	11,59	0,979687671
508,373	2,90	0,994310407	508,373	2,62	0,994858213	508,373	4,76	0,990678762	508,373	6,35	0,987588092	508,373	12,29	0,976112692	508,373	15,73	0,969528836
457,536	2,56	0,994430486	457,536	3,03	0,993389714	457,536	6,00	0,98696571	457,536	5,25	0,988601595	457,536	13,01	0,97195691	457,536	14,90	0,967951062
411,782	3,04	0,992647476	411,782	4,69	0,988675927	411,782	2,07	0,9949858	411,782	3,86	0,990658287	411,782	16,63	0,960421351	411,782	14,90	0,964454084
370,604	3,45	0,990725489	370,604	5,24	0,985956736	370,604	0,00	1	370,604	2,76	0,992578769	370,604	21,69	0,943153386	370,604	12,42	0,967043222
333,544	2,76	0,991751728	333,544	3,86	0,988487874	333,544	3,31	0,990119628	333,544	4,97	0,985212613	333,544	18,08	0,947251101	333,544	13,25	0,961060392
300,189	2,35	0,992208175	300,189	3,86	0,987216958	300,189	4,97	0,983587007	300,189	5,52	0,981775749	300,189	7,23	0,976202808	300,189	22,36	0,92823411
270,170	2,90	0,989320886	270,170	2,62	0,990346755	270,170	5,17	0,981028133	270,170	4,42	0,983784152	270,170	18,08	0,935286339	270,170	13,25	0,952148181
243,153	2,21	0,990952043	243,153	3,17	0,987037771	243,153	4,14	0,983118217	243,153	8,28	0,966513586	243,153	18,08	0,928359556	243,153	10,76	0,956698149
218,838	2,21	0,989951781	218,838	1,66	0,992465069	218,838	6,21	0,972022325	218,838	8,83	0,96043659	218,838	15,18	0,932971688	218,838	13,25	0,941259367
196,954	2,62	0,986763261	196,954	2,48	0,98747335	196,954	4,14	0,979199738	196,954	7,18	0,964213326	196,954	15,18	0,92580712	196,954	16,56	0,919359048
177,259	2,49	0,986071464	177,259	1,66	0,990705853	177,259	4,14	0,976915471	177,259	9,11	0,949904739	177,259	20,24	0,89207376	177,259	11,59	0,936697939
159,533	2,49	0,984535874	159,533	1,66	0,989678517	159,533	4,14	0,974383646	159,533	8,28	0,949411745	159,533	18,08	0,892882703	159,533	16,56	0,901404961
143,580	3,18	0,978116231	143,580	0,28	0,998080526	143,580	4,14	0,971578201	143,580	7,73	0,947588072	143,580	16,63	0,890637449	143,580	19,87	0,87074955
129,222	2,00	0,984620069	129,222	3,03	0,976790795	129,222	4,97	0,962284926	129,222	6,07	0,954088205	129,222	15,18	0,889143751	129,222	20,70	0,851985125
116,299	1,86	0,984093967	116,299	1,38	0,988210063	116,299	5,38	0,954778391	116,299	9,66	0,920278155	116,299	20,24	0,84023919	116,299	14,08	0,886007749
104,670	2,83	0,973309589	104,670	4,41	0,958707887	104,670	3,10	0,970771548	104,670	0,00	1	104,670	21,69	0,812837053	104,670	20,70	0,820566146
94,203	2,76	0,97110001	94,203	3,72	0,961237945	94,203	1,45	0,984736297	94,203	4,42	0,954194457	94,203	18,08	0,825410332	94,203	23,18	0,781842259
84,782	1,66	0,980639327	84,782	2,21	0,974305708	84,782	5,38	0,938494052	84,782	7,18	0,918825992	84,782	20,24	0,787590231	84,782	19,04	0,798821986
76,304	0,83	0,989197358	76,304	1,10	0,985642863	76,304	5,80	0,926855605	76,304	9,94	0,877881311	76,304	23,14	0,738444513	76,304	22,36	0,746037884
68,674	1,80	0,974191045	68,674	0,97	0,986038876	68,674	1,03	0,985042067	68,674	11,04	0,851466682	68,674	25,31	0,691782595	68,674	24,84	0,696489653
61,806	0,62	0,989993536	61,806	0,00	1	61,806	7,45	0,886417299	61,806	10,21	0,847672065	61,806	23,86	0,679749876	61,806	23,18	0,687212143
55,626	0,55	0,99011646	55,626	0,14	0,997523443	55,626	7,45	0,874621699	55,626	10,21	0,832248825	55,626	23,86	0,651210304	55,626	23,18	0,659168319
50,063	0,48	0,990389679	50,063	0,28	0,994504867	50,063	7,45	0,86169948	50,063	10,21	0,815440794	50,063	23,86	0,620902811	50,063	23,18	0,629339234
45,057	0,41	0,990845212	45,057	0,28	0,993896163	45,057	7,66	0,84368039	45,057	10,21	0,797163029	45,057	23,86	0,58887925	45,057	23,18	0,597776275
40,551	0,28	0,993210597	40,551	0,55	0,986486491	40,551	7,66	0,827895469	40,551	10,21	0,7773345	40,551	23,86	0,555230881	40,551	23,18	0,564559394
36,496	0,14	0,9962224	36,496	0,83	0,977579091	36,496	7,66	0,8107028	36,496	10,21	0,755880723	36,496	23,86	0,520093938	36,496	23,18	0,529812036
32,846	0,07	0,997899568	32,846	0,97	0,971032911	32,846	7,66	0,792018256	32,846	10,21	0,732736925	32,846	23,86	0,483654602	32,846	23,18	0,493706323
29,562	0,00	1	29,562	0,97	0,967866593	29,562	7,66	0,771762277	29,562	10,35	0,704554352	29,562	23,86	0,446152872	29,562	23,60	0,450119351
		0,97110001			0,958707887			0,771762277			0,704554352			0,446152872			0,450119351

Figura 4.149 – Cálculo do  $\Delta$  para o cenário 14 – Família 08. Fonte: Próprio autor.

Família 8 - 1 cor			Família 8 - 2 cores			Família 8 - 3 cores			Família 8 - 4 cores			Família 8 - 5 cores			Família 8 - 6 cores		
T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)	T	delta C	e <sup>-</sup> (-delta C / T)
2000,000	4,00	0,998003738	2000,000	5,99	0,997011371	2000,000	8,56	0,995731235	2000,000	1,43	0,999287101	2000,000	0,00	1	2000,000	0,00	1
1800,000	3,71	0,99794043	1800,000	5,27	0,99707453	1800,000	6,63	0,996323028	1800,000	5,71	0,996835446	1800,000	2,24	0,998755602	1800,000	0,00	1
1620,000	3,00	0,998151472	1620,000	3,99	0,997539572	1620,000	6,20	0,996178335	1620,000	7,70	0,995256927	1620,000	3,74	0,997696781	1620,000	10,27	0,993682408
1458,000	3,64	0,99750676	1458,000	3,14	0,997851671	1458,000	5,56	0,99619295	1458,000	6,56	0,995510101	1458,000	8,97	0,993869866	1458,000	7,70	0,994732562
1312,200	3,50	0,997338596	1312,200	3,99	0,996963311	1312,200	5,35	0,995933168	1312,200	4,56	0,996527775	1312,200	3,74	0,997157289	1312,200	17,11	0,987044262
1180,980	3,00	0,997465168	1180,980	3,56	0,996987376	1180,980	5,99	0,994941572	1180,980	6,28	0,994700075	1180,980	8,97	0,992437383	1180,980	11,98	0,989908732
1062,882	3,28	0,996916133	1062,882	3,85	0,996385941	1062,882	4,92	0,99538216	1062,882	4,28	0,99598232	1062,882	13,45	0,98742744	1062,882	11,98	0,988793785
956,594	2,85	0,997020263	956,594	3,71	0,996133595	956,594	4,92	0,994870384	956,594	6,56	0,993164744	956,594	13,45	0,986040282	956,594	11,12	0,988440096
860,934	2,85	0,99668973	860,934	3,14	0,996364497	860,934	5,35	0,993808117	860,934	7,42	0,991422179	860,934	11,95	0,986211431	860,934	11,98	0,986183402
774,841	3,35	0,995680445	774,841	3,99	0,994862758	774,841	3,85	0,995043419	774,841	4,28	0,994492898	774,841	12,70	0,983742168	774,841	15,40	0,980320596
697,357	3,43	0,995099806	697,357	4,85	0,993075025	697,357	2,57	0,996326095	697,357	3,42	0,995103298	697,357	11,21	0,984058394	697,357	18,82	0,973369432
627,621	3,00	0,995235598	627,621	4,13	0,993435924	627,621	2,99	0,995240124	627,621	5,99	0,990500653	627,621	17,18	0,97299281	627,621	11,98	0,981096005
564,859	2,57	0,995461958	564,859	3,14	0,994464202	564,859	4,71	0,991703868	564,859	7,99	0,985959129	564,859	15,69	0,972606811	564,859	11,98	0,979017746
508,373	3,00	0,994121313	508,373	2,71	0,994687276	508,373	4,92	0,990369555	508,373	6,56	0,987177025	508,373	12,70	0,975326352	508,373	16,26	0,968529281
457,536	2,64	0,994245371	457,536	3,14	0,993170125	457,536	6,20	0,986534172	457,536	5,42	0,988223893	457,536	13,45	0,971035808	457,536	15,40	0,966900639
411,782	3,14	0,992403325	411,782	4,85	0,988300674	411,782	2,14	0,994819094	411,782	3,99	0,990348404	411,782	17,18	0,959129392	411,782	15,40	0,963291234
370,604	3,57	0,990417824	370,604	5,42	0,985492039	370,604	0,00	1	370,604	2,85	0,992332345	370,604	22,41	0,941315202	370,604	12,83	0,965963571
333,544	2,85	0,99147796	333,544	3,99	0,988106427	333,544	3,42	0,989791968	333,544	5,13	0,984723484	333,544	18,68	0,94554156	333,544	13,69	0,959788853
300,189	2,43	0,991949496	300,189	3,99	0,986793682	300,189	5,13	0,983044571	300,189	5,71	0,981174027	300,189	7,47	0,975419397	300,189	23,10	0,925932741
270,170	3,00	0,988966887	270,170	2,71	0,99002659	270,170	5,35	0,980401974	270,170	4,56	0,983248177	270,170	18,68	0,933202895	270,170	13,69	0,950593179
243,153	2,28	0,990651858	243,153	3,28	0,986608603	243,153	4,28	0,982560427	243,153	8,56	0,965416896	243,153	18,68	0,926062047	243,153	11,12	0,955287507
218,838	2,28	0,989618585	218,838	1,71	0,992214885	218,838	6,42	0,97110334	218,838	9,13	0,959145117	218,838	15,69	0,930816515	218,838	13,69	0,939361929
196,954	2,71	0,986325066	196,954	2,57	0,987058509	196,954	4,28	0,978513898	196,954	7,42	0,963042752	196,954	15,69	0,923431178	196,954	17,11	0,916786043
177,259	2,57	0,985610536	177,259	1,71	0,99039754	177,259	4,28	0,976155233	177,259	9,41	0,948278832	177,259	20,92	0,888684196	177,259	11,98	0,934658335
159,533	2,57	0,984024543	159,533	1,71	0,989336308	159,533	4,28	0,973541163	159,533	8,56	0,947770282	159,533	18,68	0,88951694	159,533	17,11	0,898291469
143,580	3,28	0,977395079	143,580	0,29	0,998016607	143,580	4,28	0,970644849	143,580	7,99	0,945889138	143,580	17,18	0,887205687	143,580	20,53	0,866741718
129,222	2,07	0,984111499	129,222	3,14	0,976026502	129,222	5,13	0,961052558	129,222	6,28	0,952594664	129,222	15,69	0,885668189	129,222	21,39	0,847448039
116,299	1,93	0,983568146	116,299	1,43	0,987819468	116,299	5,56	0,953306748	116,299	9,98	0,917733145	116,299	20,92	0,835377996	116,299	14,54	0,882440511
104,670	2,93	0,972432284	104,670	4,56	0,957361247	104,670	3,21	0,96981212	104,670	0,00	1	104,670	22,41	0,807241739	104,670	21,39	0,815174743
94,203	2,85	0,970151197	94,203	3,85	0,959972083	94,203	1,50	0,98423154	94,203	4,56	0,952704286	94,203	18,68	0,820148001	94,203	23,96	0,775454723
84,782	1,71	0,98000467	84,782	2,28	0,973460697	84,782	5,56	0,936510337	84,782	7,42	0,916236766	84,782	20,92	0,781346489	84,782	19,68	0,79286335
76,304	0,86	0,988839286	76,304	1,14	0,985167859	76,304	5,99	0,924511852	76,304	10,27	0,874078283	76,304	23,91	0,731018661	76,304	23,10	0,738787567
68,674	1,86	0,973342315	68,674	1,00	0,985576877	68,674	1,07	0,984547341	68,674	11,41	0,846915174	68,674	26,15	0,683337549	68,674	25,67	0,688142675
61,806	0,64	0,989661717	61,806	0,00	1	61,806	7,70	0,882862012	61,806	10,55	0,84301532	61,806	24,65	0,671059108	61,806	23,96	0,678682395
55,626	0,57	0,989788696	55,626	0,14	0,997440996	55,626	7,70	0,870724817	55,626	10,55	0,827170359	55,626	24,65	0,641965919	55,626	23,96	0,650074111
50,063	0,50	0,990070931	50,063	0,29	0,994322217	50,063	7,70	0,857434641	50,063	10,55	0,809913892	50,063	24,65	0,611117068	50,063	23,96	0,619699245
45,057	0,43	0,9905415	45,057	0,29	0,993693345	45,057	7,91	0,838913571	45,057	10,55	0,791161941	45,057	24,65	0,57857606	45,057	23,96	0,587611063
40,551	0,29	0,992985079	40,551	0,57	0,9860392	40,551	7,91	0,822699732	40,551	10,55	0,770835205	40,551	24,65	0,544447573	40,551	23,96	0,553902459
36,496	0,14	0,996096726	36,496	0,86	0,976840448	36,496	7,91	0,805051621	36,496	10,55	0,74886186	36,496	24,65	0,508882893	36,496	23,96	0,518711505
32,846	0,07	0,99782963	32,846	1,00	0,97008193	32,846	7,91	0,785886265	32,846	10,55	0,725180883	32,846	24,65	0,472084602	32,846	23,96	0,482226396
29,562	0,00	1	29,562	1,00	0,966813449	29,562	7,91	0,765126067	29,562	10,70	0,696377909	29,562	24,65	0,434309987	29,562	24,38	0,438300474
		0,970151197			0,957361247			0,765126067			0,696377909			0,434309987			0,438300474

Figura 4.150 – Tempo do *setup* – cenário 14 – Família 2 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

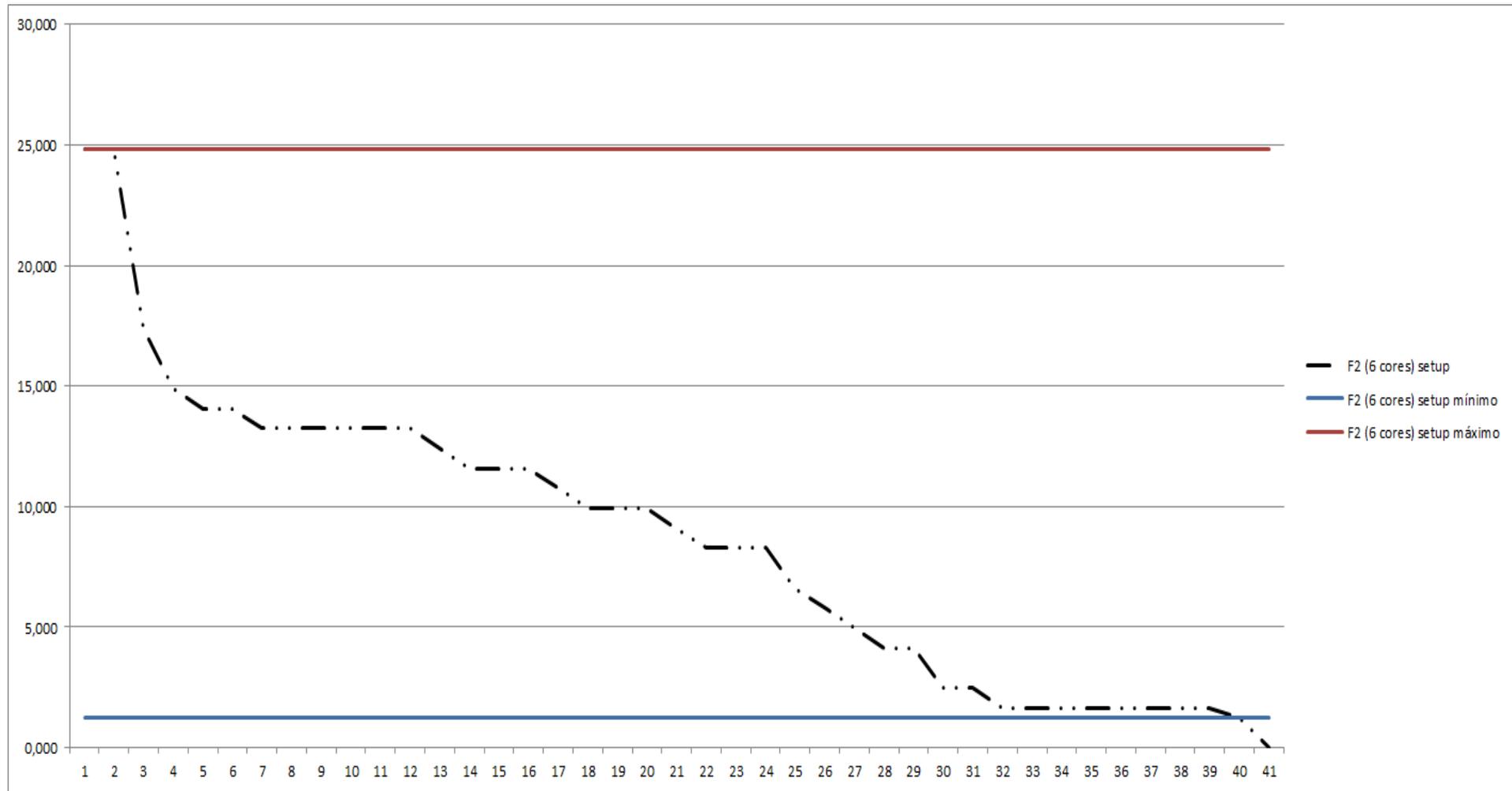


Figura 4.151 – Tempo do *setup* – cenário 14 – Família 7 (6 cores). Fonte: Próprio autor.

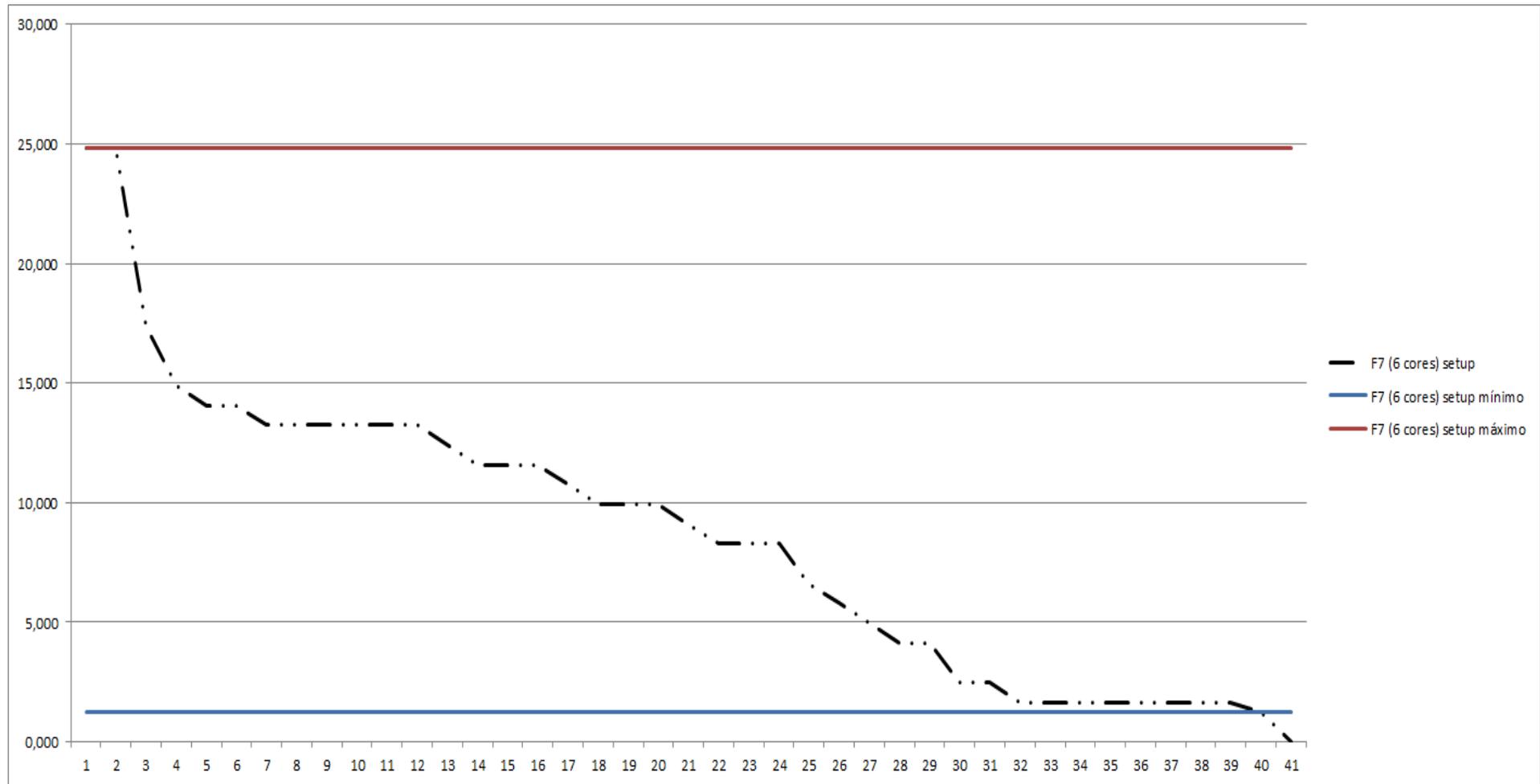
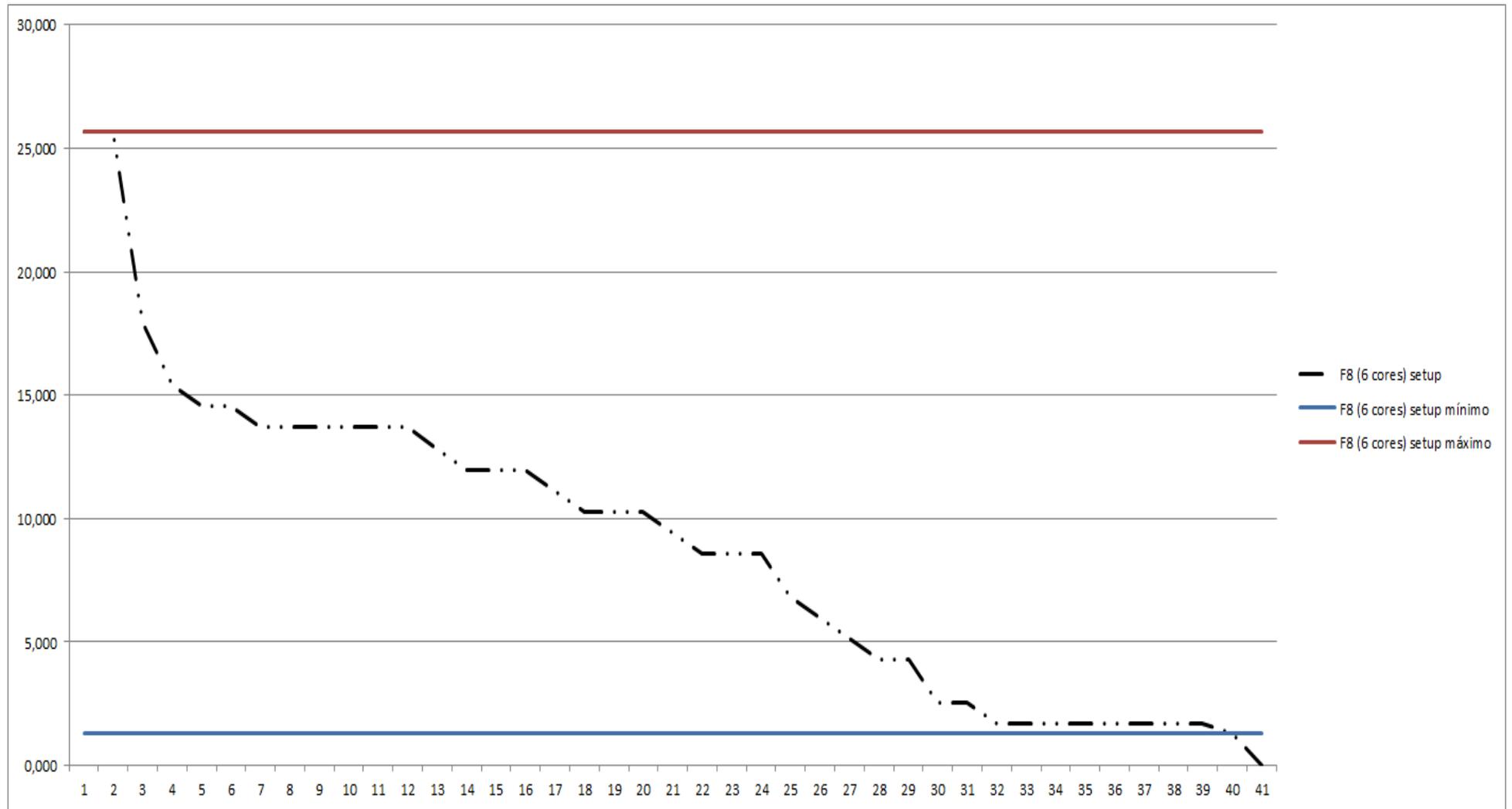


Figura 4.152 – Tempo do *setup* – cenário 14 – Família 8 (6 cores). Fonte: Próprio autor.



As Figuras 4.153 e 4.154 mostram os ganhos da produtividade entre cada cenário (cenário 2 ao cenário 14).

Figura 4.153 – Ganho geral da Fábrica. Fonte: Próprio autor.

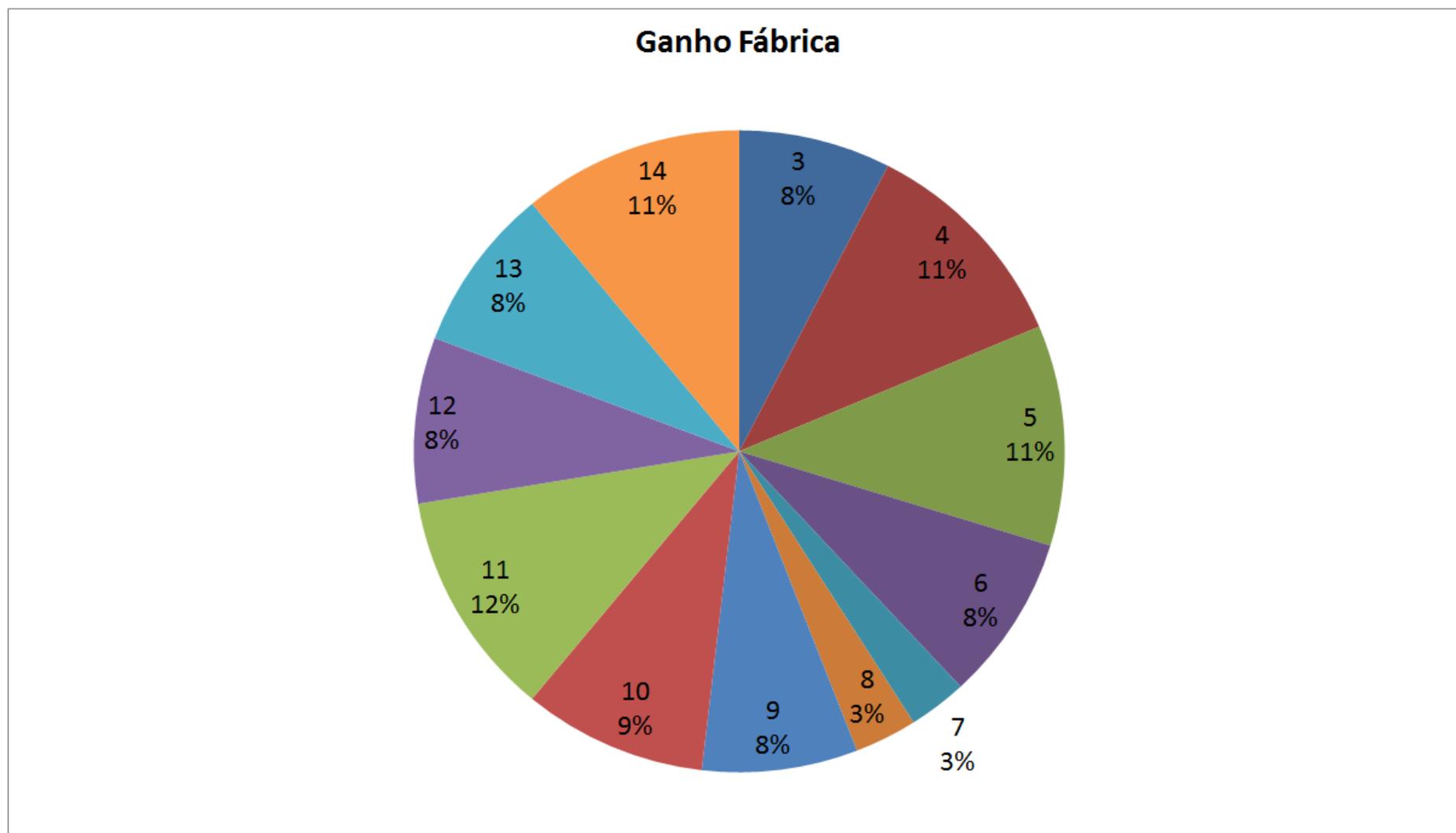


Figura 4.154 – Ganho do processo de impressão. Fonte: Próprio autor.

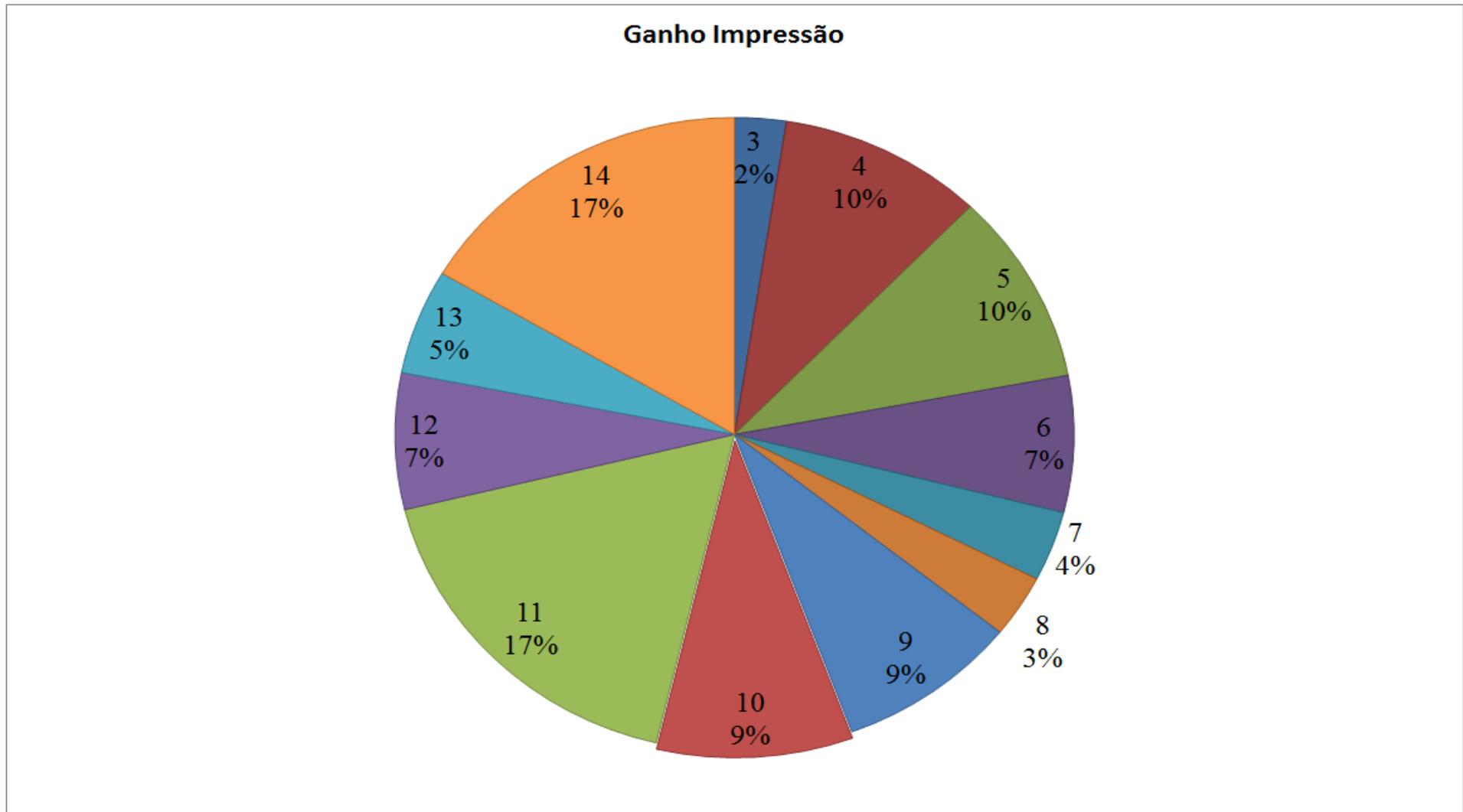


Figura 4.155 – Cenário 11 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,571	0,1085	5,0415	2,571	0,1085	5,04225	2,57103	0,10851	5,042	2,571	0,1085	5,04181	2,5709	0,1085	5,04187	2,57097	0,10851	5,04169	2,57097	0,10849	5,04187	2,5709	0,10849	5,0415
Família 2	Linha 2	2,1902	0,5377	3,6774	2,28929	0,53514	3,57151	2,25662	0,53473	3,54742	2,11451	0,53568	3,67741	2,28679	0,53545	3,58071	2,18038	0,53491	3,61464	2,19473	0,53559	3,70396	2,13014	0,53334	3,73496
Família 3	Linha 3	0,05379	0,04835	0,059815	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,5368	0,07973	5,01	2,53677	0,07972	5,00994	2,5368	0,07972	5,01006	2,5368	0,07972	5,00963	2,5368	0,07971	5,01074	2,5368	0,07972	5,00981	2,5368	0,07972	5,00981	2,5368	0,07971	5,01099
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5188	0,06296	4,9916	2,51883	0,06296	4,9916	2,5188	0,06296	4,99141	2,5188	0,06296	4,99123	2,5188	0,06296	4,99129	2,5188	0,06297	4,99154	2,51883	0,06297	4,99098	2,51883	0,06297	4,99154
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5124	0,05765	4,9883	2,51237	0,05765	4,98855	2,5124	0,05764	4,98818	2,5124	0,05765	4,98805	2,5124	0,05765	4,98879	2,5124	0,05764	4,9883	2,5124	0,05765	4,98799	2,5124	0,05764	4,98787
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5241	0,06905	4,9993	2,5241	0,06905	4,99911	2,5241	0,06905	4,99936	2,5241	0,06905	4,99967	2,5241	0,06905	4,99918	2,5241	0,06905	4,99911	2,5241	0,06905	4,9993	2,52407	0,06905	4,99942
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5368	0,08212	5,0114	2,5368	0,08212	5,01066	2,5368	0,08212	5,01109	2,5368	0,08212	5,01078	2,53683	0,08212	5,01146	2,53677	0,08211	5,01115	2,5368	0,08212	5,01097	2,53677	0,08211	5,01053
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,0061	2,5369	0,08104	5,00616	2,53687	0,08105	5,00641	2,5369	0,08104	5,0066	2,5369	0,08104	5,00653	2,5369	0,08105	5,0069	2,53687	0,08103	5,00666	2,53693	0,08105	5,0069
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5156	0,05922	4,9922	2,5156	0,05923	4,99208	2,5156	0,05922	4,99257	2,5156	0,05922	4,99214	2,5156	0,05922	4,99177	2,5156	0,05922	4,9922	2,5156	0,05922	4,99201	2,5156	0,05922	4,99263
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,99	2,5142	0,05684	4,99019	2,5142	0,05684	4,99087	2,5142	0,05684	4,99	2,5142	0,05684	4,98981	2,5142	0,05683	4,99025	2,5142	0,05684	4,99006	2,5142	0,05684	4,99099
Família 5	Linha 12	2,504	0,04764	4,979	2,50394	0,04764	4,97862	2,50397	0,04764	4,97859	2,50397	0,04764	4,97918	2,50403	0,04765	4,97868	2,50407	0,04764	4,97976	2,50394	0,04764	4,97874	2,50399	0,04764	4,97888
Família 6	Linha 13	2,6072	0,1447	5,0751	2,60709	0,1447	5,07528	2,60709	0,1447	5,07554	2,6072	0,1447	5,07548	2,60711	0,14471	5,07546	2,60714	0,1447	5,0754	2,60717	0,14469	5,07563	2,60711	0,1447	5,07528
Família 7	Linha 14	2,1854	0,5375	3,9558	2,16713	0,53759	3,67027	2,17	0,53935	3,64005	2,46204	0,53777	5,38826	2,6229	0,53858	5,44575	2,19214	0,53822	3,87517	2,11503	0,53718	3,71979	2,14972	0,53921	3,94378
Família 8	Linha 15	2,1577	0,5241	3,8516	2,16383	0,52339	3,85261	2,15121	0,5241	3,80891	2,15262	0,52459	3,81904	2,15404	0,52401	3,86092	2,14638	0,52544	3,81367	2,16288	0,52374	3,85073	2,18957	0,52437	3,89042
Família 9	Linha 16	2,717	0,2478	5,1846	2,71765	0,24777	5,18435	2,71744	0,24778	5,18468	2,71717	0,24782	5,18626	2,71678	0,2477	5,18684	2,71739	0,2478	5,18659	2,71739	0,24777	5,18568	2,71691	0,24775	5,18419
		2,717	0,5377	5,1846																					

Figura 4.156 – Cenário 11 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,57094	0,10849	5,041873	2,57103	0,1085	5,04169	2,571	0,10849	5,04249	2,57097	0,10849	5,04287	2,57094	0,1085	5,04181	2,5709	0,10849	5,04225	2,57097	0,10848	5,04212
Família 2	Linha 2	2,26325	0,53599	3,588559	2,18014	0,53505	3,60058	2,29982	0,53469	3,64736	2,19453	0,53509	3,65082	2,16382	0,53667	3,55169	2,27043	0,53581	3,61677	2,29639	0,53667	3,55859
Família 3	Linha 3	0,05379	0,04835	0,059829	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982	0,05379	0,04835	0,05982
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53677	0,07973	5,009752	2,5368	0,07972	5,00981	2,53677	0,07972	5,00969	2,53677	0,07973	5,01068	2,53677	0,07972	5,01012	2,5368	0,07973	5,01012	2,53674	0,07972	5,01111
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5188	0,06296	4,991105	2,51883	0,06297	4,99117	2,5188	0,06297	4,99111	2,5188	0,06297	4,99098	2,5188	0,06295	4,99111	2,51883	0,06297	4,99123	2,5188	0,06296	4,99111
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5124	0,05764	4,988176	2,5124	0,05765	4,98799	2,51237	0,05764	4,98898	2,5124	0,05764	4,98842	2,5124	0,05764	4,98799	2,5124	0,05764	4,98793	2,51237	0,05765	4,98799
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5241	0,06904	4,999238	2,52407	0,06905	4,99936	2,52407	0,06905	4,9993	2,5241	0,06905	4,99967	2,5241	0,06905	4,99936	2,52407	0,06905	4,99918	2,5241	0,06904	4,99949
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5368	0,08212	5,010781	2,5368	0,08212	5,01066	2,53677	0,08212	5,01053	2,5368	0,08213	5,01128	2,5368	0,08212	5,01084	2,5368	0,08213	5,01177	2,53683	0,08213	5,01084
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,006038	2,5369	0,08103	5,00622	2,53687	0,08103	5,00635	2,5369	0,08105	5,00622	2,53687	0,08105	5,00715	2,5369	0,08104	5,00598	2,53687	0,08105	5,00703
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5156	0,05922	4,992138	2,5156	0,05922	4,99214	2,5156	0,05922	4,99195	2,5156	0,05922	4,993	2,5156	0,05922	4,99208	2,5156	0,05922	4,99171	2,5156	0,05922	4,99251
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,990495	2,5142	0,05683	4,99062	2,5142	0,05684	4,99	2,5142	0,05684	4,99019	2,5142	0,05683	4,99043	2,5142	0,05684	4,98981	2,5142	0,05683	4,99
Família 5	Linha 12	2,50396	0,04764	4,978766	2,50399	0,04764	4,97888	2,50403	0,04764	4,97885	2,50397	0,04764	4,97856	2,50406	0,04764	4,97894	2,504	0,04764	4,97958	2,50399	0,04764	4,9788
Família 6	Linha 13	2,60715	0,14468	5,075248	2,60725	0,14469	5,07619	2,60714	0,1447	5,07593	2,60723	0,14469	5,07602	2,60709	0,1447	5,07563	2,60722	0,1447	5,07566	2,60706	0,1447	5,07548
Família 7	Linha 14	2,10044	0,53786	3,488994	2,14946	0,54097	3,57329	2,51989	0,5384	3,37437	2,18639	0,53858	3,92011	2,09205	0,53858	3,52108	2,19792	0,5375	4,0608	2,55097	0,53768	5,49758
Família 8	Linha 15	2,14807	0,52374	3,855064	2,17924	0,52428	3,87801	2,16261	0,5237	3,88216	2,16215	0,52374	3,8905	2,17723	0,52419	3,90617	2,1848	0,52512	3,8996	2,16235	0,52459	3,91057
Família 9	Linha 16	2,71696	0,2478	5,187828	2,71717	0,2478	5,18915	2,71739	0,24773	5,18559	2,71748	0,24785	5,18617	2,71717	0,24777	5,18485	2,717	0,24782	5,18336	2,71761	0,24788	5,18576

Figura 4.157 – Cenário 11 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

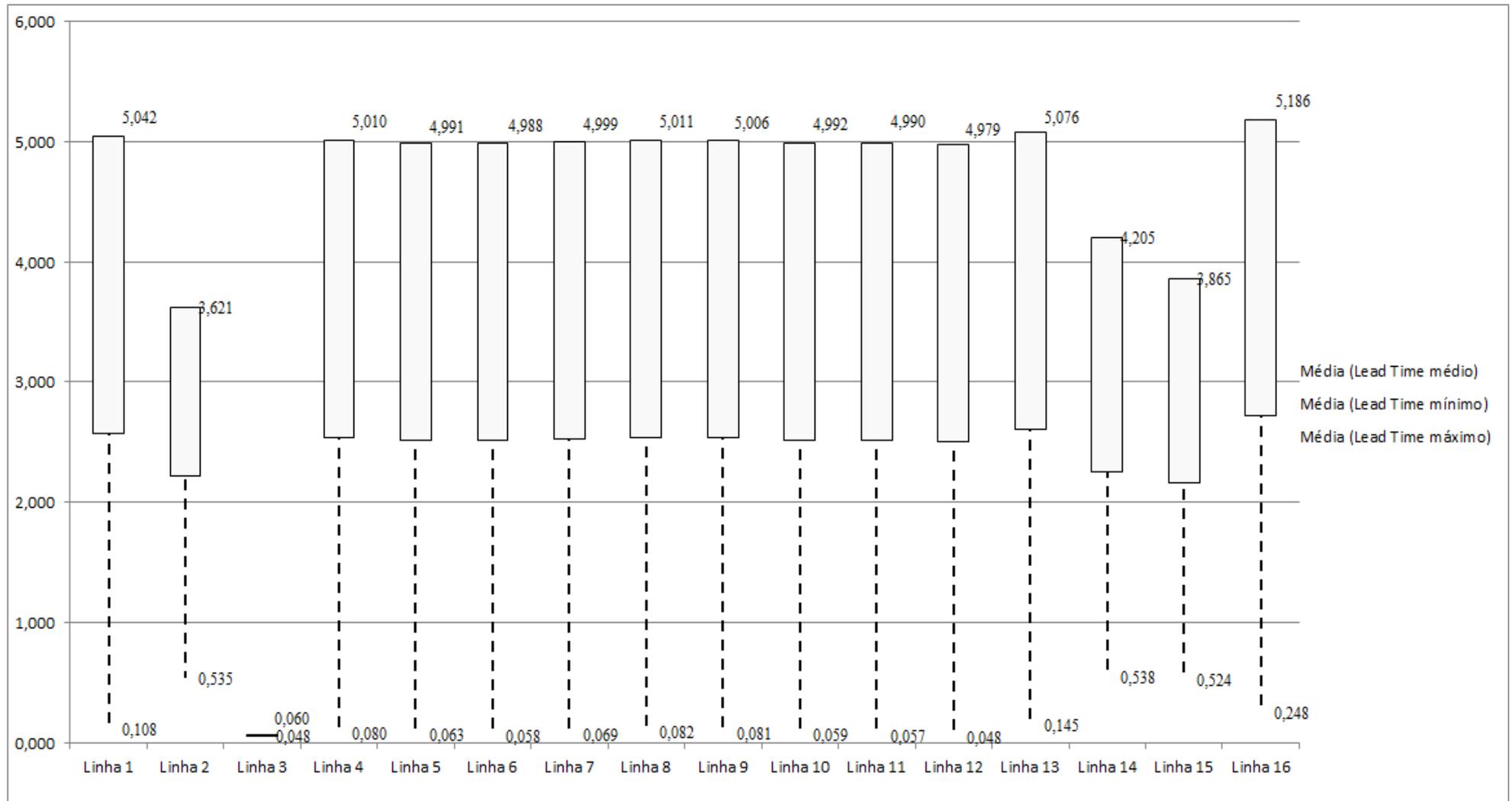




Figura 4.160 – Cenário 11 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

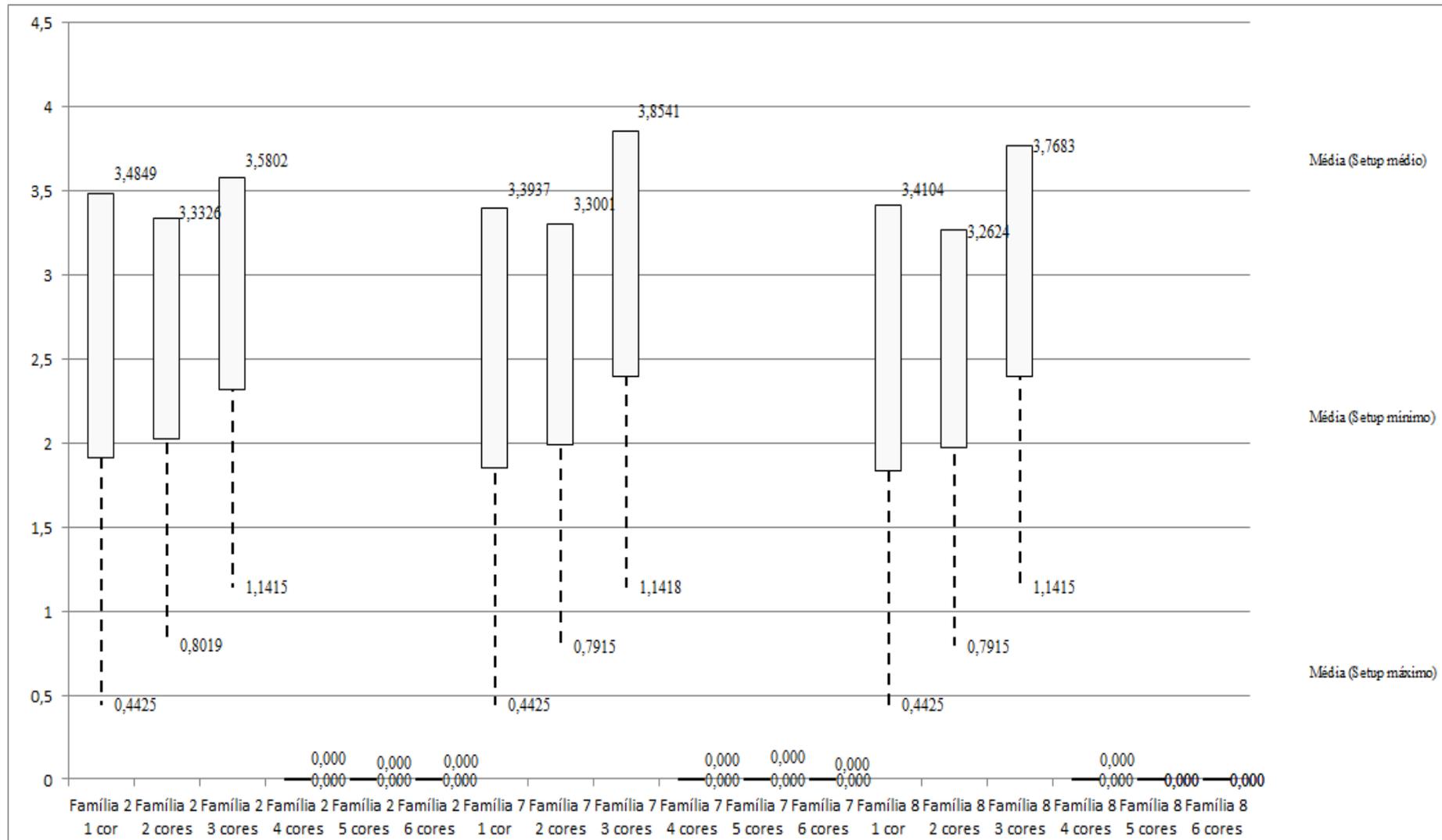


Figura 4.161 – Cenário 11 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,06	5637	4721	465,94	450,06	5637,00	4721,00	465,94	450,06	5637,00	4721,00	465,94	450,06	5637,00	4721,00	465,94	450,09	5637,00	4721,00	465,91
Família 2	Linha 2	289,04	18601	17042	1269,96	2085,64	18601,00	15148,44	1366,91	2108,65	18601,00	15148,44	1343,91	-1044,20	18601,00	18935,56	709,64	2079,90	18601,00	15148,44	1372,66
Família 3	Linha 3	0,00	23250	23211	39	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940	788	76,7651	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	226,24	2819	2364	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819	2365	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241	1880	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,24	940	788	76,7627	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940	788	76,7658	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,13	5637	4729	456,87	451,82	5637,00	4728,31	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,82	5637,00	4728,31	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,67	9300	7804	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	744,04	9300,00	7802,63	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514	2110	202,9	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,33	2481	2075	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,33	2481,00	2075,00	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66
Família 7	Linha 14	0,00	18601	17500	1101	0,59	18601,00	17500,00	1100,41	1,45	18601,00	17500,00	1099,55	-5812,94	18601,00	23333,33	1080,61	-5846,17	18601,00	23333,33	1113,84
Família 8	Linha 15	0,00	18601	17500	1101	2,61	18601,00	17500,00	1098,39	2,53	18601,00	17500,00	1098,47	-8,81	18601,00	17500,00	1098,47	-8,81	18601,00	17500,00	1098,47
Família 9	Linha 16	198,37	2481	2067	215,63	198,32	2481,00	2067,00	215,68	198,34	2481,00	2067,00	215,66	198,36	2481,00	2067,00	215,64	198,38	2481,00	2067,00	215,62
		3387,2264	117802	107732	6682,7736	5188,365712	117802	105837,0739	6776,560401	5211,479106	117802	105837,765	6752,755846	-3767,778407	117802	115458,8928	6110,885612	-660,0553372	117802	111671,0944	6790,960908
		2,88%	100,00%	91,45%	5,67%	4,40%	100,00%	89,84%	5,75%	4,42%	100,00%	89,84%	5,73%	-3,20%	100,00%	98,01%	5,19%	-0,56%	100,00%	94,80%	5,76%

Figura 4.162 – Cenário 11 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,06	5637,00	4721,00	465,94	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,06	5637,00	4721,00	465,94
Família 2	Linha 2	350,31	18601,00	17042,00	1208,69	319,17	18601,00	17091,23	1190,60	-1039,08	18601,00	18935,56	704,53	2103,86	18601,00	15148,44	1348,69	352,56	18601,00	17042,00	1206,44
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	226,24	2819,00	2364,00	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	450,44	5637,00	4729,69	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	744,03	9300,00	7802,63	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,33	2481,00	2075,00	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,33	2481,00	2075,00	207,66
Família 7	Linha 14	6,21	18601,00	17500,00	1094,79	7,56	18601,00	17500,00	1093,44	8,86	18601,00	17500,00	1092,14	10,10	18601,00	17500,00	1090,96	12,29	18601,00	17500,00	1088,71
Família 8	Linha 15	6,05	18601,00	17500,00	1094,95	3,70	18601,00	17500,00	1097,30	-13,39	18601,00	17500,00	1114,39	9,07	18601,00	17500,00	1091,93	-6,24	18601,00	17500,00	1107,24
Família 9	Linha 16	198,34	2481,00	2067,00	215,66	198,34	2481,00	2067,00	215,66	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,36	2481,00	2067,00	215,64
		3462,101015	117802	107730,6334	6609,26559	3429,292173	117802	107780,5491	6592,158685	2054,607139	117802	109625,5596	6121,833307	5220,572213	117802	105839,1356	6742,292181	3456,092635	117802	107732,6912	6613,216158
		2,94%	100,00%	91,45%	5,61%	2,91%	100,00%	91,49%	5,60%	1,74%	100,00%	93,06%	5,20%	4,43%	100,00%	89,84%	5,72%	2,93%	100,00%	91,45%	5,61%

A Figura 4.164 indica que após a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup*, a alteração do tamanho do lote como desejado permitiu a redução do estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, com aumento do volume de produção. No caso da linha 2 (Família 2) a produção no cenário 4 é de 4.000 unidades com estoque em processo de 2.333 unidades (58%) enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.042 unidades e o estoque em processo de 1.209 unidades (7,09%). No caso a alteração do tamanho do lote contribuiu para a maior amplitude entre o volume produzido e o estoque em processo para cada uma das famílias de produtos que passam pelo processo de impressão.

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades.

No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades, enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades.

Figura 4.163 – Cenário 11 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,06	5637,00	4721,00	465,94	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,09	5637,00	4721,00	465,91	450,09	5637,00	4721,00	465,91
Família 2	Linha 2	2086,60	18601,00	15148,44	1365,96	349,01	18601,00	17042,00	1209,99	342,30	18601,00	17042,00	1216,70	2095,48	18601,00	15148,44	1357,07	2095,91	18601,00	15148,44	1356,64
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	226,24	2819,00	2364,00	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76	225,55	2819,00	2364,69	228,76	226,24	2819,00	2364,00	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,13	5637,00	4729,00	456,87	450,44	5637,00	4729,69	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87	451,13	5637,00	4729,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,67	9300,00	7804,00	753,33	742,67	9300,00	7804,00	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,33	2481,00	2075,00	207,66	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,33	2481,00	2075,00	207,67	198,34	2481,00	2075,00	207,66
Família 7	Linha 14	-5818,15	18601,00	23333,33	1085,81	8,45	18601,00	17500,00	1092,55	17,95	18601,00	17500,00	1083,05	-6,96	18601,00	17500,00	1107,96	-5826,28	18601,00	23333,33	1093,94
Família 8	Linha 15	-3,97	18601,00	17500,00	1104,97	-0,02	18601,00	17500,00	1101,02	-11,15	18601,00	17500,00	1112,15	-13,64	18601,00	17500,00	1114,64	2,63	18601,00	17500,00	1098,37
Família 9	Linha 16	198,34	2481,00	2067,00	215,66	198,34	2481,00	2067,00	215,66	198,36	2481,00	2067,00	215,64	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,33	2481,00	2067,00	215,67
		-637,3529898	117802	111671,7778	6767,575212	3454,933288	117802	107732,6873	6614,379457	3447,294395	117802	107732,004	6622,701607	5173,086791	117802	105838,4484	6790,464858	-628,8734524	117802	111671,0945	6759,778977
		-0,54%	100,00%	94,80%	5,74%	2,93%	100,00%	91,45%	5,61%	2,93%	100,00%	91,45%	5,62%	4,39%	100,00%	89,84%	5,76%	-0,53%	100,00%	94,80%	5,74%

Há de acordo com a Figura 4.164, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira, da segunda e da terceira alteração do *setup*, somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível. Outro fator importante a ser considerado é o tamanho do lote o qual permite um aumento do volume de produtos em unidades produzidos com redução do estoque em processos.

Figura 4.164 – Cenário 11 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

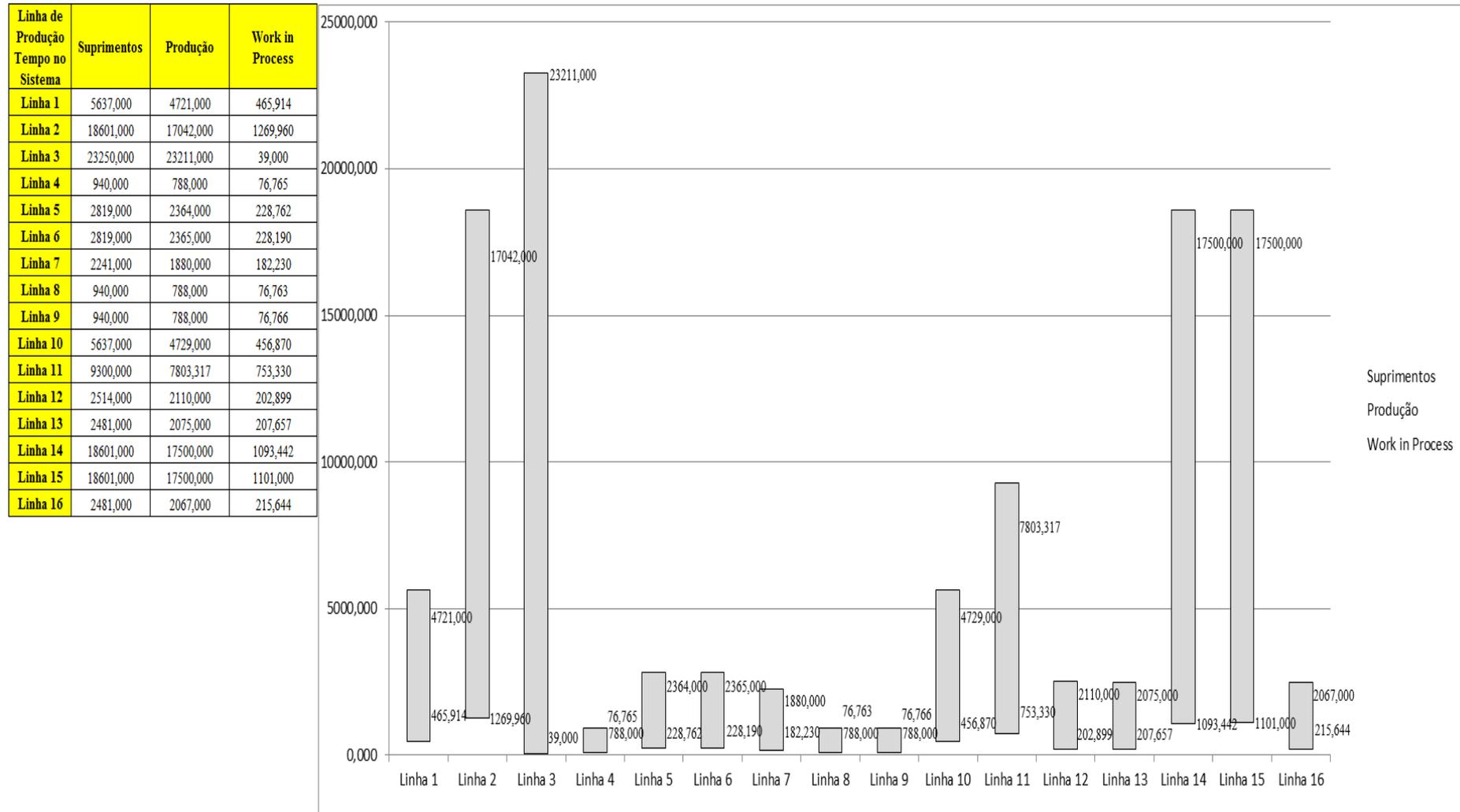
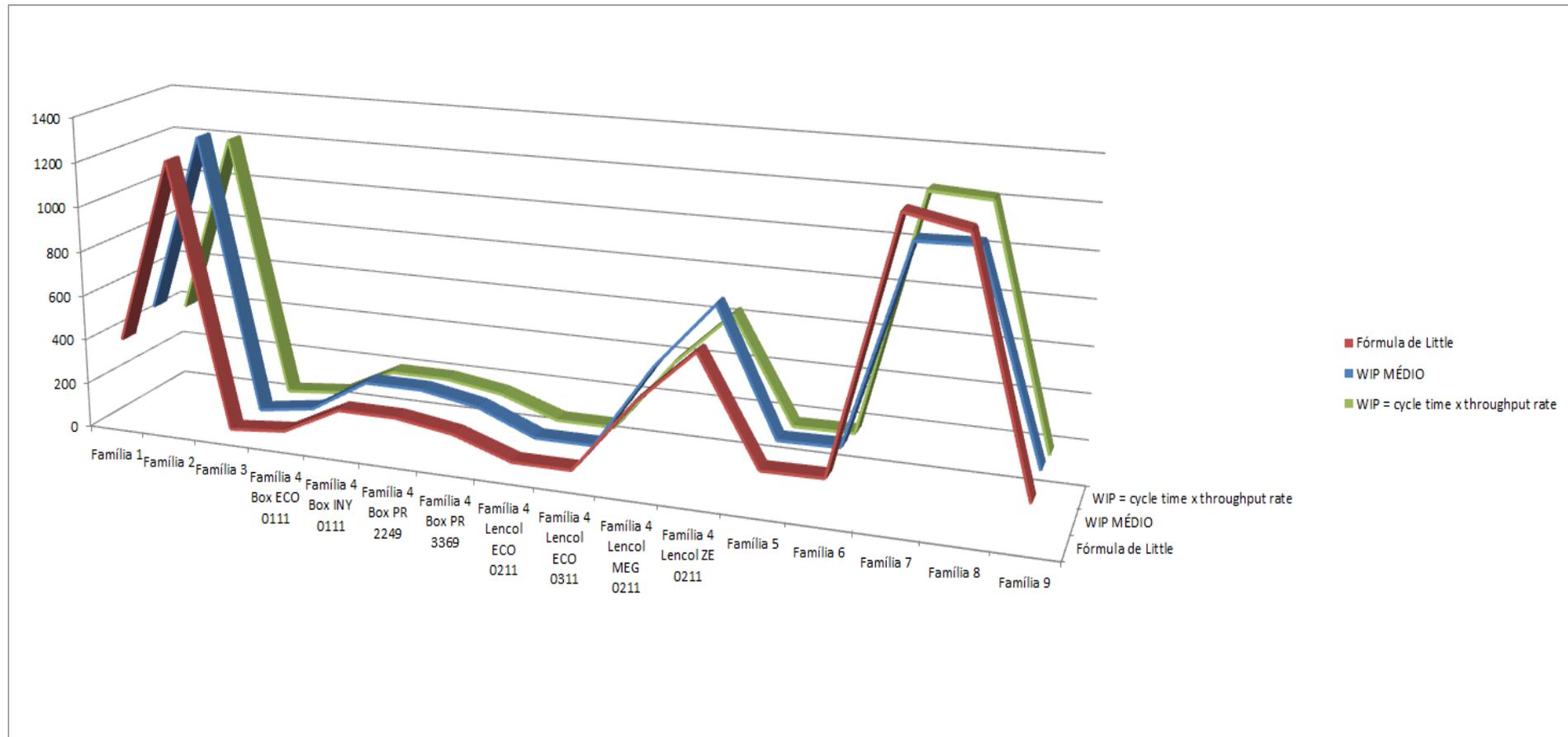


Figura 4.165 – Cenário 11 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



A Figura 4.166 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8, que passam pelo processo de impressão reduziu, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo. Contudo, o tamanho do lote contribuiu para um fluxo de produção apto a manter um maior número de unidades produzidas sem onerar o estoque em processo.

Figura 4.166 – Cenário 11 – *Wait Time* –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,46085	2,4611
Família 2	Linha 2	2,093	2,1885	2,15699	2,0201	2,18609	2,08355	2,09736	2,03515	2,16339	2,08331	2,19862	2,09717	2,06758	2,17031	2,19532	2,09736
Família 3	Linha 3	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,001217
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4542	2,42077	2,37169	2,32406	2,41609	2,4318	2,39035	2,28815	2,42348	2,4435	2,33756	2,32496	2,36902	2,36227	2,31008	2,371694
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4528	2,49008	2,44778	2,45782	2,4793	2,44062	2,49051	2,47627	2,43622	2,45564	2,46615	2,43649	2,45486	2,447	2,44482	2,454863
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4527	3,11689	2,47956	2,45771	2,51094	2,46654	2,52539	2,47675	2,49907	2,50234	2,5274	2,46943	2,49641	2,49294	2,47741	2,492939
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4538	2,42888	2,45901	2,44377	2,44318	2,48765	2,47143	2,44647	2,41756	2,41717	2,43382	2,44209	2,4746	2,47033	2,46912	2,446474
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4542	2,49108	2,60232	2,51645	2,49713	2,53239	2,48858	2,48745	2,50586	2,59243	2,52666	2,46909	2,52476	2,57856	2,50392	2,505859
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4542	2,38891	2,51245	2,37625	2,48356	2,47026	2,45461	2,50574	2,44722	2,46864	2,36081	2,36614	2,43312	2,3812	2,35875	2,44722
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4537	2,47249	2,48027	2,478	2,48797	2,4748	2,47598	2,48251	2,48499	2,49626	2,48534	2,47912	2,48525	2,48079	2,47559	2,480265
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,454	2,45775	2,45674	2,45292	2,45695	2,45861	2,45673	2,45359	2,45341	2,4614	2,46505	2,44943	2,45795	2,45778	2,45385	2,45674
Família 5	Linha 12	2,4544	2,0425	1,82751	2,872	2,82005	3,3949	1,77607	1,74044	1,85641	2,05103	3,32026	1,92637	2,73402	2,74437	1,99141	2,051031
Família 6	Linha 13	2,4638	2,33995	2,29055	2,83435	2,45641	2,51967	1,88885	2,32442	2,97486	2,71196	2,48255	2,63521	2,52318	2,28358	2,30771	2,4638
Família 7	Linha 14	2,0847	2,06709	2,06983	2,35131	2,50634	2,09122	2,01688	2,05029	2,00278	2,05006	2,40706	2,08561	1,99473	2,09674	2,43699	2,0847
Família 8	Linha 15	2,0743	2,08026	2,06801	2,06939	2,07077	2,06336	2,07934	2,10518	2,06498	2,09519	2,07905	2,07863	2,09324	2,10056	2,07882	2,078823
Família 9	Linha 16	2,4733	3,03569	2,85603	2,54699	2,34429	2,33599	2,34921	2,3394	2,55841	2,73314	2,13674	2,60314	2,53306	2,65953	2,14216	2,533063
		2,4733	3,11689	2,85603	2,872	2,82005	3,3949	2,52539	2,50574	2,97486	2,73314	3,32026	2,63521	2,73402	2,74437	2,50392	
		12,4376	8,31232	9,88453	9,7844	10,1121	6,78654	12,0729	12,2098	9,15149	10,6724	7,18101	11,3218	10,6667	10,5991	12,2225	10,2277

Figura 4.167 – Cenário 11 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

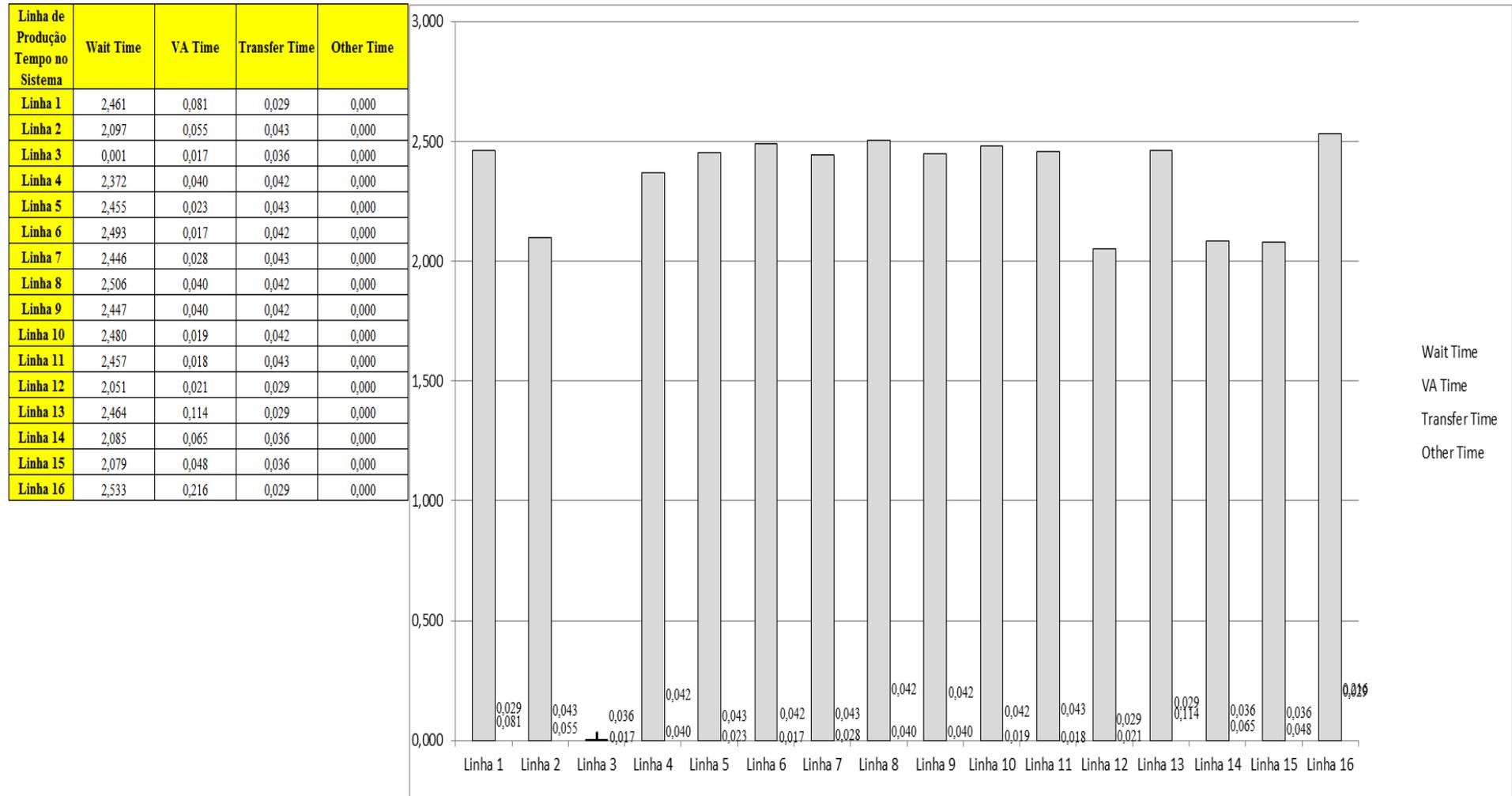


Figura 4.168 – Cenário 11 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

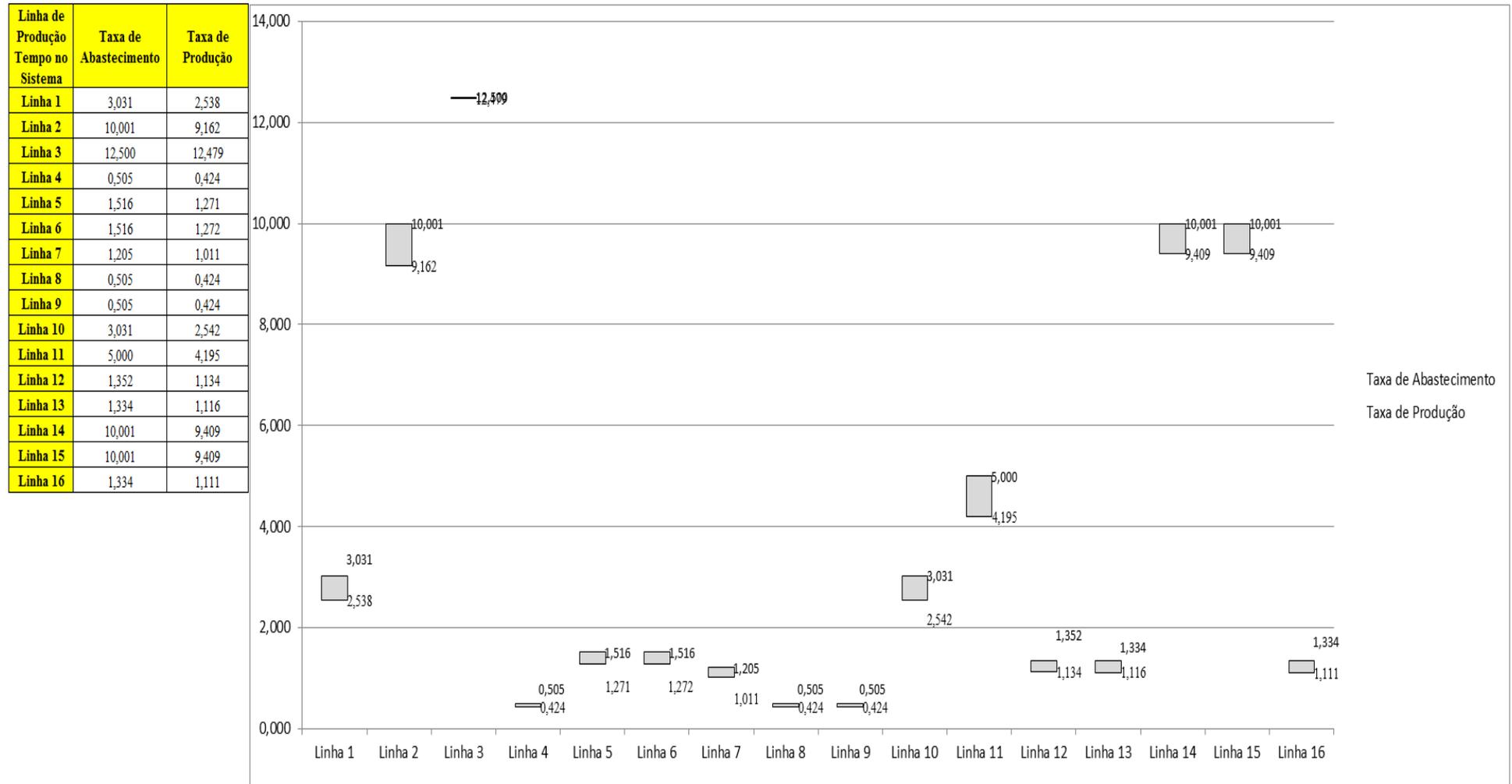


Figura 4.169 – Cenário 11 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

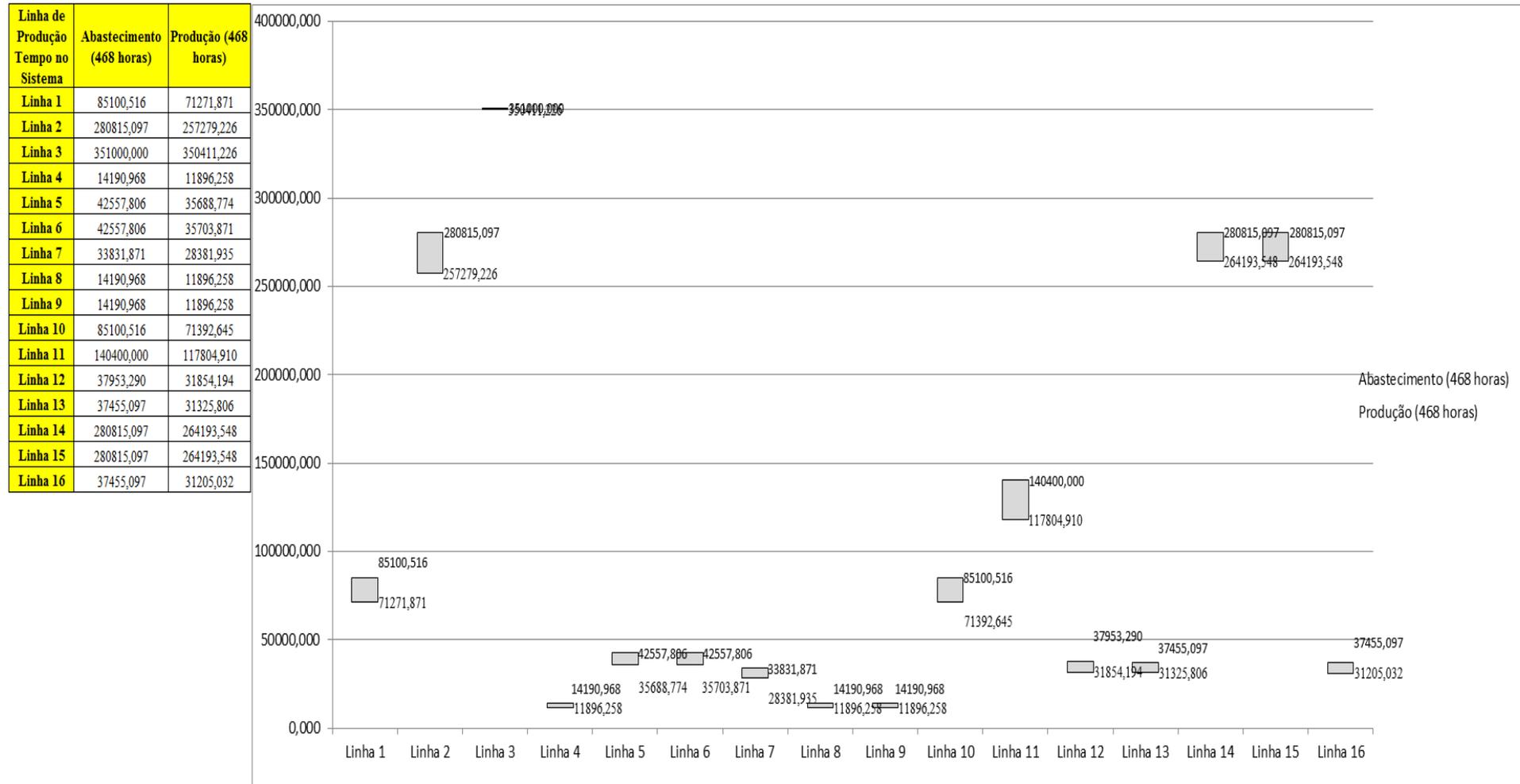


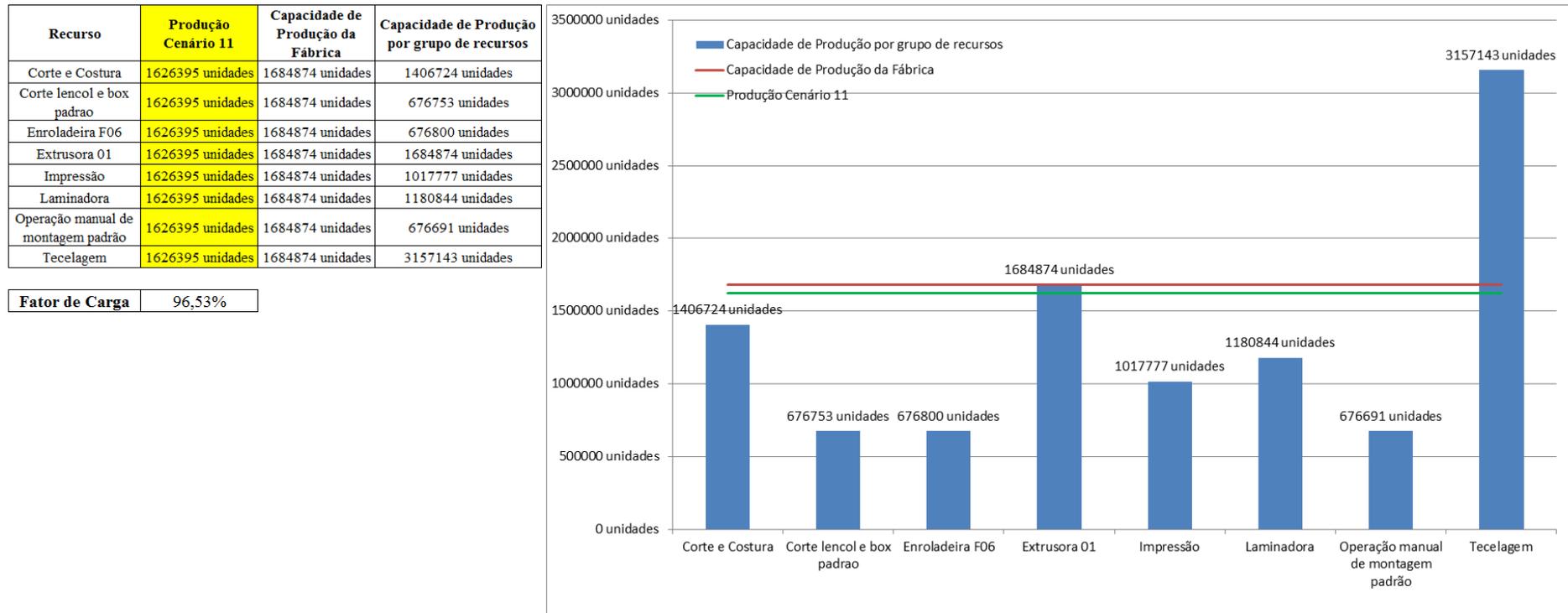
Figura 4.170 – Cenário 11 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	28,04026%	27,63000%	27,11747%	27,31818%	29,72671%	28,05651%	28,19629%	27,93107%	29,11741%
Corte e Costura Supra	1	34,64026%	34,83000%	33,91520%	33,91520%	36,18525%	34,72836%	34,66059%	34,76224%	35,43986%
Corte e Costura Taubate	1	39,40725%	39,78000%	38,92452%	38,77175%	40,84935%	39,47447%	39,41336%	39,74945%	39,87166%
Corte e Costura Vítrea	1	43,40191%	44,09000%	43,05226%	42,71569%	44,67899%	43,44492%	43,22054%	43,89367%	43,83758%
Corte lencol e box padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	96,48265%	96,54000%	95,65663%	95,65840%	98,29959%	96,53823%	96,53647%	96,56254%	97,41979%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	31,05342%	31,13000%	29,71539%	29,71539%	33,95923%	31,13000%	31,13000%	31,39173%	32,54461%
Impressora PADANE	1	31,07241%	31,15000%	29,73332%	29,73332%	33,98336%	31,15000%	31,15000%	31,41133%	32,56668%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,88679%	18,87000%	18,92102%	18,83315%	18,90401%	18,89834%	18,87850%	18,86717%	18,87283%
Tear 02	1	33,47323%	33,39000%	33,62228%	33,65131%	33,56421%	33,41903%	33,47710%	33,44807%	33,47710%
Tear 03	1	42,81708%	42,99000%	42,52774%	42,70751%	42,68183%	42,86159%	42,81023%	42,88728%	42,83591%
Tear 04	1	6,70433%	6,71500%	6,72858%	6,69621%	6,68836%	6,69327%	6,67757%	6,72564%	6,68346%
Tear 05	1	13,03869%	13,08000%	13,04680%	12,99147%	13,09107%	13,04680%	13,12426%	12,94721%	13,02467%
Tear 06	1	18,50661%	18,58000%	18,46881%	18,43545%	18,51329%	18,44657%	18,60224%	18,58000%	18,40209%
Tear 07	1	23,07275%	23,21000%	23,12145%	23,12145%	23,09932%	23,12145%	23,06611%	22,98864%	23,06611%
Tear 08	1	27,34127%	27,38000%	27,27946%	27,48054%	27,44703%	27,29063%	27,30180%	27,31297%	27,42468%
Tear 09	1	31,40686%	31,26000%	31,35084%	31,44168%	31,23729%	31,33948%	31,30542%	31,58929%	31,80503%
Tear 10	1	34,52317%	34,40000%	34,69470%	34,45667%	34,44534%	34,63802%	34,59269%	34,58135%	34,46801%
Tear 11	1	37,68194%	37,38000%	37,70106%	37,76985%	37,71252%	37,80425%	37,48320%	37,60933%	37,44880%
Tear 12	1	40,04325%	39,85000%	39,73542%	40,14790%	40,01041%	40,07915%	39,98749%	40,03332%	40,19373%

Figura 4.171 – Cenário 11 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	28,04026%	27,01711%	28,33965%	28,14970%	28,14253%	28,27514%	27,59774%	27,98841%
Corte e Costura Supra	1	34,64026%	34,01685%	34,69447%	34,66059%	34,72836%	34,55895%	33,81356%	34,69447%
Corte e Costura Taubate	1	39,40725%	38,92452%	39,23005%	39,47447%	39,32171%	39,32171%	38,49677%	39,50502%
Corte e Costura Vitra	1	43,40191%	43,16445%	42,96812%	43,24859%	43,36078%	43,27663%	42,43522%	43,64125%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	96,48265%	95,66193%	96,54173%	96,54000%	96,54173%	96,54000%	95,66024%	96,54240%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	31,05342%	29,71539%	31,13000%	31,13000%	31,13000%	31,13000%	29,71963%	31,13000%
Impressora PADANE	1	31,07241%	29,73332%	31,15000%	31,15000%	31,15000%	31,15000%	29,72484%	31,15000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,88679%	18,88134%	18,93519%	18,95219%	18,88417%	18,86394%	18,87850%	18,86150%
Tear 02	1	33,47323%	33,50614%	33,39000%	33,30290%	33,44807%	33,44807%	33,47710%	33,47710%
Tear 03	1	42,81708%	42,78455%	42,81023%	42,88728%	42,83591%	42,91296%	42,83591%	42,88728%
Tear 04	1	6,70433%	6,74428%	6,65893%	6,72858%	6,72858%	6,69817%	6,66776%	6,73054%
Tear 05	1	13,03869%	13,08000%	13,03574%	13,00254%	13,00254%	13,01360%	12,99147%	13,10213%
Tear 06	1	18,50661%	18,45769%	18,45769%	18,55776%	18,58000%	18,43545%	18,55776%	18,52440%
Tear 07	1	23,07275%	23,03291%	22,98864%	23,21000%	22,93330%	23,06611%	23,13252%	22,93330%
Tear 08	1	27,34127%	27,22361%	27,32415%	27,29063%	27,31297%	27,59225%	27,25712%	27,20126%
Tear 09	1	31,40686%	31,40761%	31,43032%	31,14645%	31,41897%	31,45303%	31,43032%	31,48710%
Tear 10	1	34,52317%	34,38867%	34,88738%	34,60402%	34,52468%	34,38867%	34,50201%	34,27532%
Tear 11	1	37,68194%	37,49466%	38,01064%	37,58639%	37,63226%	37,68959%	38,03358%	37,87305%
Tear 12	1	40,04325%	40,30831%	39,97604%	40,01041%	40,14790%	40,06770%	40,07915%	40,02187%

Figura 4.172 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.172 com a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 96,53% a partir das alterações realizadas, o que é significativo. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e consequentemente uma programação da produção mais efetiva. Contudo, o fator de carga do cenário 11 foi de 96,53%, maior do que 91,15% do cenário 7 o que indica a necessidade de se avaliar o tamanho do lote no processo de impressão em função do aumento da frequência de *setup*. O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 11 a redução a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, com redução de (-) 6,52% com a alteração do tamanho do lote.

Figura 4.173 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

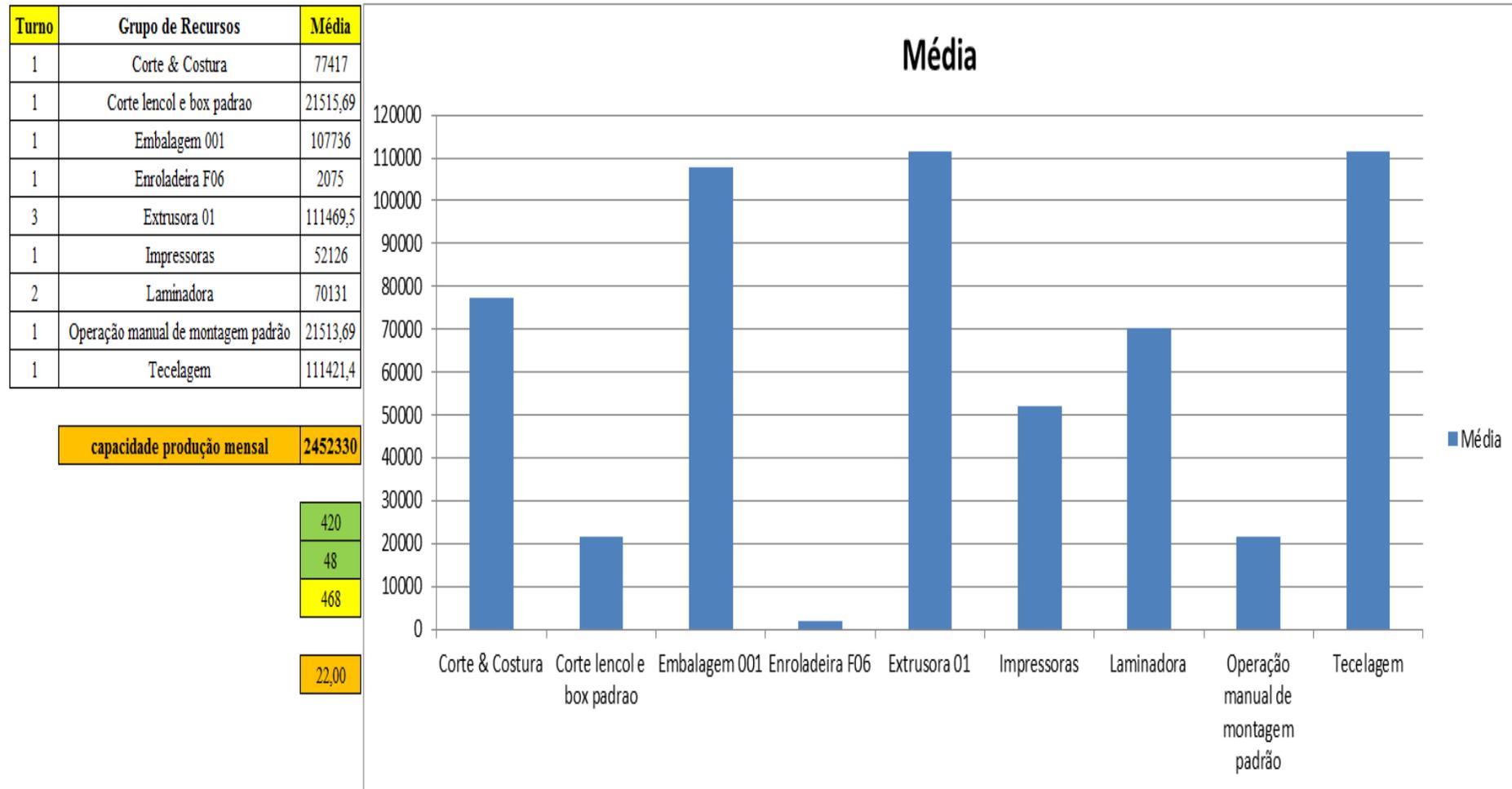


Figura 4.174 – Cenário 11 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																		
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
1	450,086	465,9144	5637	4721	1	2,4611	2,5709	0,0812	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71271,871	4,38%
2	289,040	1269,96	18601	17042	2	2,09736	2,1946	0,0548	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,109 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,162 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	257279,226	15,82%
3	0,000	39,00005	23250	23211	3	0,00122	0,0538	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,479 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350411,226	21,55%
4	75,235	76,7651	940	788	4	2,37169	2,4543	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,73%
5	226,238	228,7622	2819	2364	5	2,45486	2,5209	0,0235	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,787 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,271 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35688,774	2,19%
6	225,810	228,19	2819	2365	6	2,49294	2,5526	0,0172	0,0424	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,20%
7	178,770	182,23	2241	1880	7	2,44647	2,5167	0,0277	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,75%
8	75,237	76,7627	940	788	8	2,50586	2,5884	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,73%
9	75,234	76,7658	940	788	9	2,44722	2,5299	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,73%
10	451,130	456,87	5637	4729	10	2,48027	2,5421	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,542 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71392,645	4,39%
11	743,353	753,33	9300	7803,3	11	2,45674	2,5169	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,195 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117804,910	7,24%
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05103	2,1006	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	1,96%
13	198,343	207,6572	2481	2075	13	2,4638	2,6068	0,1144	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,896 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,116 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31325,806	1,93%
14	7,558	1093,442	18601	17500	14	2,0847	2,1854	0,0651	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,106 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,409 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	264193,548	16,24%
15	0,000	1101	18601	17500	15	2,07882	2,1622	0,0478	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,106 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,409 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	264193,548	16,24%
16	198,356	215,6442	2481	2067	16	2,53306	2,7773	0,2157	0,0285	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31205,032	1,92%
	3395,491	6675,193	117802	107731		35,4271	36,8736	0,8429	0,6035	0,00			63,334 (unid./minuto)	57,920 (unid./minuto)	1778430,194		1626395,362	
	2,88%	5,67%	100,00%	91,45%		96,08%	100,00%	2,29%	1,64%	0,00%							91,451%	

De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.174 a produção do cenário 11 é de 1.626.395 o que corresponde a 91,451% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229 com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2. Com a 1ª alteração do *setup* corresponde a 90,11% é relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado no chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo. Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.175 – Cenário 12 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,5704	0,1085	5,0421	2,5704	0,1085	5,04285	2,57043	0,10851	5,0426	2,5704	0,1085	5,04241	2,5703	0,1085	5,04247	2,57037	0,10851	5,04229	2,57037	0,10849	5,04247	2,5703	0,10849	5,0421
Família 2	Linha 2	8,1067	0,6724	27,8692	8,47347	0,66919	27,0667	8,35254	0,66869	26,8842	7,82655	0,66987	27,8693	8,46423	0,66959	27,1365	8,07034	0,66891	27,3936	8,12345	0,66976	28,0705	7,88439	0,66694	28,3054
Família 3	Linha 3	0,06003	0,04823	0,3843	0,06003	0,04824	0,38431	0,06003	0,04824	0,38431	0,06003	0,04824	0,38434	0,06003	0,04824	0,38432	0,06003	0,04824	0,38432	0,06003	0,04824	0,38432	0,06003	0,04824	0,38433
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,537	0,07973	5,0087	2,53697	0,07972	5,00864	2,537	0,07972	5,00876	2,537	0,07972	5,00833	2,537	0,07971	5,00944	2,537	0,07972	5,00851	2,537	0,07972	5,00851	2,537	0,07971	5,00969
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,9942	2,51993	0,06296	4,9942	2,5199	0,06296	4,99401	2,5199	0,06296	4,99383	2,5199	0,06296	4,99389	2,5199	0,06297	4,99414	2,51993	0,06297	4,99358	2,51993	0,06297	4,99414
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05765	4,9832	2,51247	0,05765	4,98345	2,5125	0,05764	4,98308	2,5125	0,05765	4,98295	2,5125	0,05765	4,98369	2,5125	0,05764	4,9832	2,5125	0,05765	4,98289	2,5125	0,05764	4,98277
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06905	4,9984	2,5242	0,06905	4,99821	2,5242	0,06905	4,99846	2,5242	0,06905	4,99877	2,5242	0,06905	4,99828	2,5242	0,06905	4,99821	2,5242	0,06905	4,9984	2,52417	0,06905	4,99852
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5368	0,08212	5,0059	2,5368	0,08212	5,00516	2,5368	0,08212	5,00559	2,5368	0,08212	5,00528	2,53683	0,08212	5,00596	2,53677	0,08211	5,00565	2,5368	0,08212	5,00547	2,53677	0,08211	5,00503
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,0056	2,5369	0,08104	5,00566	2,53687	0,08105	5,00591	2,5369	0,08104	5,0061	2,5369	0,08104	5,00603	2,5369	0,08105	5,0064	2,53687	0,08103	5,00616	2,53693	0,08105	5,0064
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5161	0,05922	4,9895	2,5161	0,05923	4,98938	2,5161	0,05922	4,98987	2,5161	0,05922	4,98944	2,5161	0,05922	4,98907	2,5161	0,05922	4,9895	2,5161	0,05922	4,98931	2,5161	0,05922	4,98993
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,9894	2,5142	0,05684	4,98959	2,5142	0,05684	4,99027	2,5142	0,05684	4,9894	2,5142	0,05684	4,98921	2,5142	0,05683	4,98965	2,5142	0,05684	4,98946	2,5142	0,05684	4,99039
Família 5	Linha 12	2,5039	0,04764	4,9771	2,50384	0,04764	4,97672	2,50387	0,04764	4,97669	2,50387	0,04764	4,97728	2,50393	0,04765	4,97678	2,50397	0,04764	4,97786	2,50384	0,04764	4,97684	2,50389	0,04764	4,97698
Família 6	Linha 13	2,607	0,1447	5,07	2,60689	0,1447	5,07018	2,60689	0,1447	5,07044	2,607	0,1447	5,07038	2,60691	0,14471	5,07035	2,60694	0,1447	5,0703	2,60697	0,14469	5,07053	2,60691	0,1447	5,07018
Família 7	Linha 14	8,1565	0,8505	27,5982	8,08831	0,85064	25,6061	8,09901	0,85343	25,3953	9,18901	0,85093	37,592	9,78936	0,85221	37,993	8,18167	0,85164	27,0357	7,89387	0,85	25,9516	8,02333	0,85321	27,5143
Família 8	Linha 15	8,2194	0,6543	27,3354	8,24276	0,65341	27,3426	8,19468	0,6543	27,0324	8,20003	0,65491	27,1043	8,20546	0,65419	27,4015	8,17629	0,65597	27,0662	8,23914	0,65386	27,3292	8,34081	0,65463	27,6109
Família 9	Linha 16	2,718	0,2478	5,1856	2,71865	0,24777	5,18535	2,71844	0,24778	5,18568	2,71817	0,24782	5,18726	2,71778	0,2477	5,18784	2,71839	0,2478	5,18759	2,71839	0,24777	5,18668	2,71791	0,24775	5,18519
		<b>8,2194</b>	<b>0,8505</b>	<b>27,8692</b>																					

Figura 4.176 – Cenário 12 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,57034	0,10849	5,042473	2,57043	0,1085	5,04229	2,5704	0,10849	5,04309	2,57037	0,10849	5,04347	2,57034	0,1085	5,04241	2,5703	0,10849	5,04285	2,57037	0,10848	5,04272
Família 2	Linha 2	8,37707	0,67026	27,19592	8,06947	0,66908	27,287	8,51243	0,66863	27,6415	8,12272	0,66914	27,6678	8,00904	0,67111	26,9165	8,40367	0,67004	27,4097	8,49973	0,67111	26,9688
Família 3	Linha 3	0,06003	0,04824	0,384391	0,06003	0,04824	0,38433	0,06003	0,04824	0,38432	0,06003	0,04824	0,3843	0,06003	0,04824	0,38432	0,06003	0,04824	0,38434	0,06003	0,04824	0,38435
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53697	0,07973	5,008452	2,537	0,07972	5,00851	2,53697	0,07972	5,00839	2,53697	0,07973	5,00938	2,53697	0,07972	5,00882	2,537	0,07973	5,00882	2,53694	0,07972	5,00981
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,993705	2,51993	0,06297	4,99377	2,5199	0,06297	4,99371	2,5199	0,06297	4,99358	2,5199	0,06295	4,99371	2,51993	0,06297	4,99383	2,5199	0,06297	4,99371
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05764	4,983076	2,5125	0,05765	4,98289	2,51247	0,05764	4,98388	2,5125	0,05764	4,98332	2,5125	0,05764	4,98289	2,5125	0,05764	4,98283	2,51247	0,05765	4,98289
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06904	4,998338	2,52417	0,06905	4,99846	2,52417	0,06905	4,9984	2,5242	0,06905	4,99877	2,5242	0,06905	4,99846	2,52417	0,06905	4,99828	2,5242	0,06904	4,99859
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5368	0,08212	5,005281	2,5368	0,08212	5,00516	2,53677	0,08212	5,00503	2,5368	0,08213	5,00578	2,5368	0,08212	5,00534	2,5368	0,08213	5,00627	2,53683	0,08213	5,00534
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,005538	2,5369	0,08103	5,00572	2,53687	0,08103	5,00585	2,5369	0,08105	5,00572	2,53687	0,08105	5,00665	2,5369	0,08104	5,00548	2,53687	0,08105	5,00653
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5161	0,05922	4,989438	2,5161	0,05922	4,98944	2,5161	0,05922	4,98925	2,5161	0,05922	4,9903	2,5161	0,05922	4,98938	2,5161	0,05922	4,98901	2,5161	0,05922	4,98981
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,989895	2,5142	0,05683	4,99002	2,5142	0,05684	4,9894	2,5142	0,05684	4,98959	2,5142	0,05683	4,98983	2,5142	0,05684	4,98921	2,5142	0,05683	4,9894
Família 5	Linha 12	2,50386	0,04764	4,976867	2,50389	0,04764	4,97698	2,50393	0,04764	4,97695	2,50387	0,04764	4,97666	2,50396	0,04764	4,97704	2,5039	0,04764	4,97768	2,50389	0,04764	4,9769
Família 6	Linha 13	2,60695	0,14468	5,070148	2,60705	0,14469	5,07109	2,60694	0,1447	5,07083	2,60703	0,14469	5,07092	2,60689	0,1447	5,07053	2,60702	0,1447	5,07056	2,60686	0,1447	5,07038
Família 7	Linha 14	7,83942	0,85107	24,34146	8,02235	0,85599	24,9295	9,40492	0,85193	37,4951	8,1602	0,85221	27,3492	7,80808	0,85221	24,5653	8,20322	0,8505	28,3307	9,52089	0,85079	38,3547
Família 8	Linha 15	8,1827	0,65386	27,35999	8,30147	0,65452	27,5228	8,23809	0,6538	27,5523	8,23636	0,65386	27,6115	8,29378	0,65441	27,7227	8,32264	0,65558	27,6761	8,23711	0,65491	27,7539
Família 9	Linha 16	2,71796	0,2478	5,188829	2,71817	0,2478	5,19015	2,71839	0,24773	5,18659	2,71848	0,24785	5,18717	2,71817	0,24777	5,18585	2,718	0,24782	5,18436	2,71861	0,24788	5,18676

Figura 4.177 – Cenário 12 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

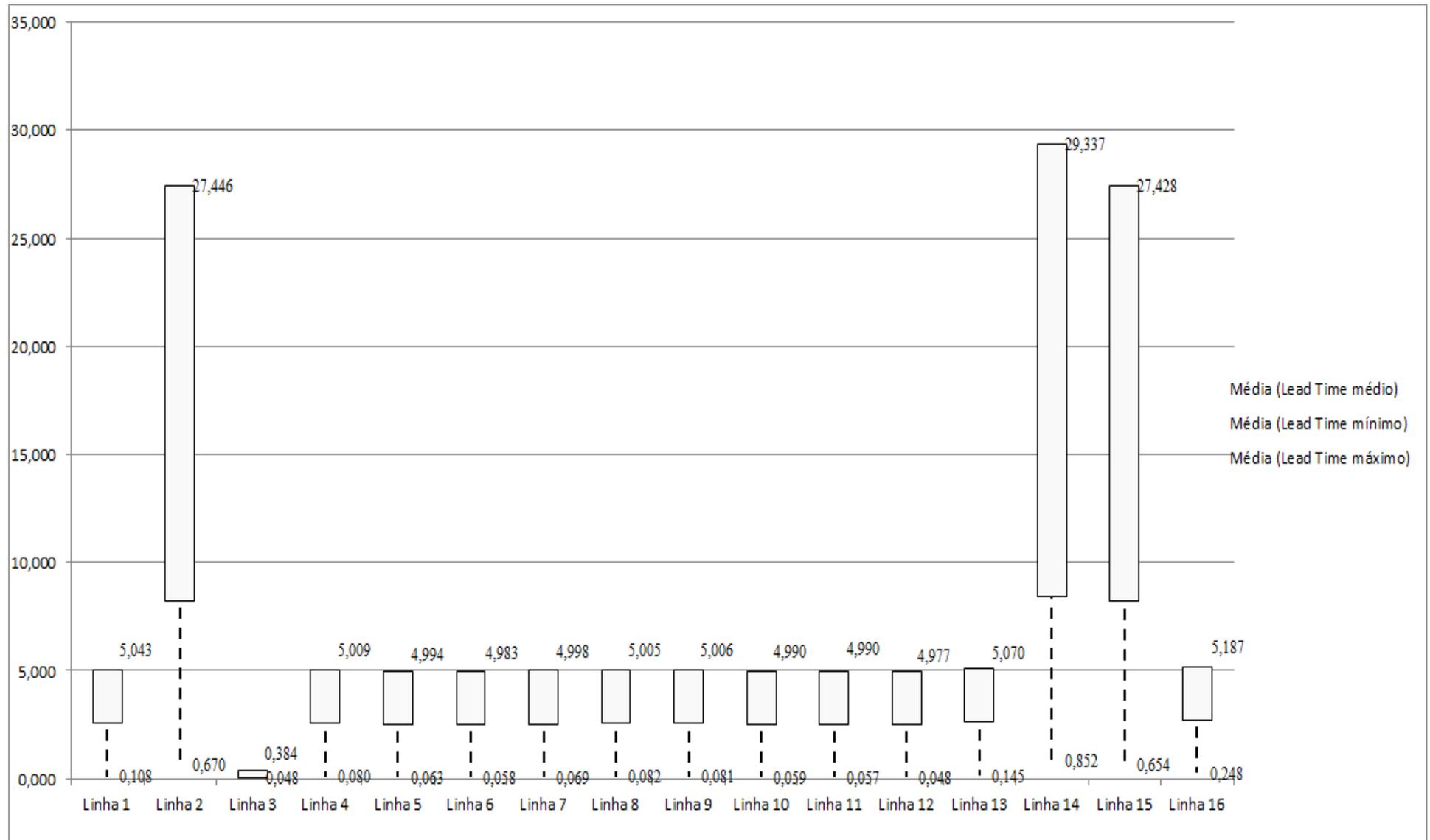


Figura 4.178 – Cenário 12 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 2 1 cor	7,0303	0,5722	13,7068	6,80082	0,5722	13,7053	7,13054	0,57204	14,2799	7,09301	0,57204	14,0363	7,71418	0,57204	15,2552	7,61676	0,57204	14,6479	7,7798	0,57204	13,9396	6,95035	0,5722	14,4342
Familia 2 2 cores	7,7558	0,9212	14,7171	7,76176	0,9212	15,2464	7,75383	0,9212	14,7549	7,37517	0,9212	14,3062	7,778	0,9212	15,2417	7,48137	0,9212	14,7185	7,86283	0,9212	14,9507	7,52512	0,94867	14,5174
Familia 2 3 cores	5,5142	1,2712	9,9241	5,79451	1,2712	10,6261	5,66771	1,2712	10,0767	5,61745	1,2712	10,1379	5,69325	1,2712	10,1507	5,61318	1,2712	10,0825	5,52605	1,2712	9,64939	5,51472	1,2712	9,96721
Familia 2 4 cores	7,1866	1,6768	12,6667	7,1095	1,69196	12,3028	6,94085	1,6768	12,218	7,13246	1,6768	12,6683	7,00027	1,6768	12,3331	7,06235	1,6768	12,4512	7,17767	1,69878	12,7595	7,28577	1,6768	12,8657
Familia 2 5 cores	14,5452	1,832	27,6583	14,0837	1,84028	26,2595	14,0771	1,832	26,0596	14,24	1,832	26,7617	14,9395	1,832	27,4415	14,635	1,832	27,1396	14,0996	1,84401	26,9315	14,8413	1,832	27,8326
Familia 2 6 cores	10,8745	2,098	19,7296	10,6104	2,10274	19,0318	10,637	2,098	19,0452	10,6206	2,098	19,1925	11,2966	2,098	19,896	10,9524	2,098	19,4684	10,5027	2,10488	19,3124	10,9402	2,098	19,6533
Familia 7 1 cor	7,2774	0,7485	13,912	6,89363	0,7485	12,9044	7,05781	0,7485	12,7965	7,02684	0,7485	13,0083	7,8607	0,7485	14,0603	7,49306	0,7485	13,6269	6,84054	0,7485	13,0789	7,47332	0,7485	13,8688
Familia 7 2 cores	7,9257	0,9212	14,9507	7,79221	0,9212	14,6493	7,83457	0,9212	14,7777	7,72185	0,9212	14,6214	8,32615	0,9212	15,3201	7,99029	0,9212	14,8353	7,62655	0,9212	14,7112	7,86012	0,9212	14,7408
Familia 7 3 cores	5,3145	1,2712	9,4887	5,41574	1,2712	9,79334	5,35265	1,2712	10,0299	5,22409	1,2712	9,6871	5,42557	1,2712	9,85638	5,24364	1,2712	9,53664	5,23234	1,2712	9,75296	5,08347	1,2712	9,25171
Familia 7 4 cores	7,5194	1,9218	13,1779	7,68195	1,9218	13,3347	7,49119	1,92206	13,6445	7,50352	1,9218	13,376	7,38079	1,9218	13,4806	7,38846	1,9218	12,9765	7,35791	1,9218	13,263	7,30941	1,9218	12,796
Familia 7 5 cores	14,2409	1,832	27,1898	14,4655	1,832	27,3343	14,613	1,832	27,8419	13,6641	1,832	26,3835	14,385	1,83401	27,1168	14,0331	1,832	26,8758	14,2936	1,832	27,6477	14,2246	1,832	26,7838
Familia 7 6 cores	10,6451	2,098	19,0237	10,7172	2,098	19,3311	10,608	2,098	19,4603	10,5436	2,098	19,1421	10,8371	2,098	19,4154	10,5387	2,098	18,9774	10,5974	2,098	19,2865	10,4964	2,098	18,8826
Familia 8 1 cor	6,8119	0,5722	13,4932	6,97665	0,5722	13,381	6,71189	0,57236	13,6791	6,89901	0,5722	13,6168	6,4184	0,5722	13,5901	6,66549	0,5722	13,0126	6,62462	0,5722	13,2917	6,72756	0,5722	13,0482
Familia 8 2 cores	7,9133	0,921	14,7604	8,0122	0,921	14,4433	8,27006	0,921	14,6265	7,40695	0,921	13,5763	7,90801	0,92302	14,1092	7,78784	0,921	14,3449	8,09423	0,921	14,8465	8,23917	0,921	14,6882
Familia 8 3 cores	5,6665	1,2712	10,0279	5,68764	1,2712	9,76525	5,71147	1,2712	10,1819	5,78461	1,2712	10,1861	5,63573	1,2712	10,0156	5,76149	1,2712	10,3985	5,67912	1,2712	9,79123	5,77167	1,2712	10,2098
Familia 8 4 cores	7,5364	1,8804	13,222	7,49491	1,8804	13,2248	7,42972	1,8804	13,0748	7,52096	1,8804	13,1101	7,65078	1,8804	13,2542	7,48618	1,8804	13,0908	7,58543	1,8804	13,2191	7,65348	1,8804	13,3562
Familia 8 5 cores	14,5248	1,98	27,1087	14,6427	1,98	26,4625	14,9098	1,98	27,1939	14,2115	1,98	26,2352	14,4805	1,98218	26,4941	14,5314	1,98	27,2282	14,707	1,98	26,8678	14,9587	1,98	27,2883
Familia 8 6 cores	11,0077	2,098	19,8048	10,9979	2,098	19,5475	10,9735	2,098	19,8466	11,1111	2,098	19,8772	11,0613	2,098	19,8167	11,0633	2,098	20,0726	11,0558	2,098	19,5689	11,1954	2,098	20,0849
	14,5452	2,098	27,6583																					
	159,290	25,887	294,562																					

Figura 4.179 – Cenário 12 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 2 1 cor	7,24379	0,57204	14,0633	7,17354	0,57204	14,0649	7,05027	0,57204	14,1319	7,77441	0,57204	15,6089	7,24238	0,57204	14,3533	7,1428	0,57204	14,3683	7,3519	0,57204	14,8531
Familia 2 2 cores	7,43992	0,9212	14,5954	7,67738	0,9212	15,2188	7,88142	1,0037	14,4652	8,00923	0,9212	15,6801	7,39283	0,9212	15,1645	7,45802	0,96474	14,5551	8,18308	0,9212	14,7661
Familia 2 3 cores	5,66043	1,2712	9,97126	5,59493	1,2712	9,97062	5,76876	1,2712	10,0636	5,52789	1,2712	10,0871	5,63982	1,2712	10,1939	5,72409	1,2712	10,2501	5,76294	1,2712	10,126
Familia 2 4 cores	7,02576	1,6768	12,3604	7,08928	1,6768	12,4006	7,11148	1,6768	12,564	7,0512	1,6768	12,39	7,02571	1,6768	12,2341	7,05233	1,6768	12,4597	6,99282	1,6768	12,2565
Familia 2 5 cores	13,7572	1,832	25,6865	14,0013	1,832	26,0229	14,3301	1,832	27,1112	14,6412	1,832	27,2308	13,6439	1,832	25,6585	14,7923	1,832	27,7976	14,1086	1,832	26,5805
Familia 2 6 cores	10,3182	2,09805	18,6638	10,5348	2,098	18,7514	10,7214	2,098	19,3975	10,9453	2,098	19,6273	10,2427	2,098	18,6377	11,0466	2,098	19,9346	10,6454	2,09805	19,2395
Familia 7 1 cor	6,65179	0,7485	12,2648	6,8317	0,7485	12,5591	7,13825	0,7485	13,4744	7,51054	0,7485	13,7859	6,53838	0,7485	12,3753	7,66065	0,7485	14,2795	7,03678	0,7485	13,2783
Familia 7 2 cores	7,54418	0,92124	14,4012	7,72694	0,9212	14,3522	7,81969	0,9212	14,7432	7,9766	0,9212	15,0267	7,49596	0,9212	14,3768	8,04189	0,9212	15,186	7,82967	0,92124	14,7906
Familia 7 3 cores	5,25973	1,27132	9,91469	5,37343	1,2712	9,65177	5,27395	1,2712	9,52377	5,2125	1,2712	9,67123	5,27787	1,2712	9,80832	5,19044	1,2712	9,53676	5,36143	1,27132	9,71776
Familia 7 4 cores	7,43549	1,92189	13,3301	7,53793	1,9218	13,2188	7,27112	1,9218	13,0979	7,39399	1,9218	13,2951	7,50227	1,9218	13,3439	7,4885	1,9218	13,1359	7,36685	1,92189	12,8112
Familia 7 5 cores	14,1385	1,83209	26,8843	14,4858	1,832	27,5424	14,081	1,832	26,8232	14,187	1,832	27,1333	13,886	1,832	27,1096	14,3342	1,832	27,4698	14,5784	1,83209	27,3097
Familia 7 6 cores	10,5662	2,0981	19,4604	10,8015	2,098	19,252	10,6699	2,098	19,1354	10,5875	2,098	19,304	10,7153	2,098	19,4796	10,5668	2,098	19,1913	10,7196	2,0981	19,3998
Familia 8 1 cor	6,73007	0,5722	13,1992	6,76994	0,5722	13,345	6,41405	0,5722	13,2796	6,71541	0,5722	13,4736	6,82781	0,5722	13,3786	6,91492	0,5722	13,3389	6,47536	0,5722	12,4165
Familia 8 2 cores	7,88108	0,921	13,7661	8,09773	0,921	14,8895	7,79593	0,921	14,3078	8,00526	0,921	14,4152	7,57348	0,921	14,1761	8,20166	0,921	14,9896	8,21847	0,921	14,5343
Familia 8 3 cores	5,67218	1,2712	10,0346	5,62421	1,2712	9,86389	5,84252	1,2712	10,1534	5,62066	1,2712	9,90095	5,75037	1,2712	10,0766	5,71139	1,2712	10,0846	5,73483	1,2712	9,94789
Familia 8 4 cores	7,5023	1,8804	13,2354	7,67427	1,8804	13,3121	7,62899	1,8804	13,3283	7,59951	1,8804	13,3573	7,68769	1,8804	13,4103	7,60144	1,8804	13,3879	7,57534	1,8804	13,4256
Familia 8 5 cores	14,5025	1,98	26,2047	14,6399	1,98	27,0056	14,6427	1,98	26,8627	14,5504	1,98	26,6201	14,3204	1,98	26,6379	14,847	1,98	27,3959	14,8924	1,98	26,7929
Familia 8 6 cores	10,9883	2,098	19,8214	11,0673	2,098	19,7103	11,2463	2,098	20,0083	11,0093	2,098	19,7808	11,1996	2,098	19,9939	11,0988	2,098	19,9851	11,1025	2,098	19,8782

Figura 4.180 – Cenário 12 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

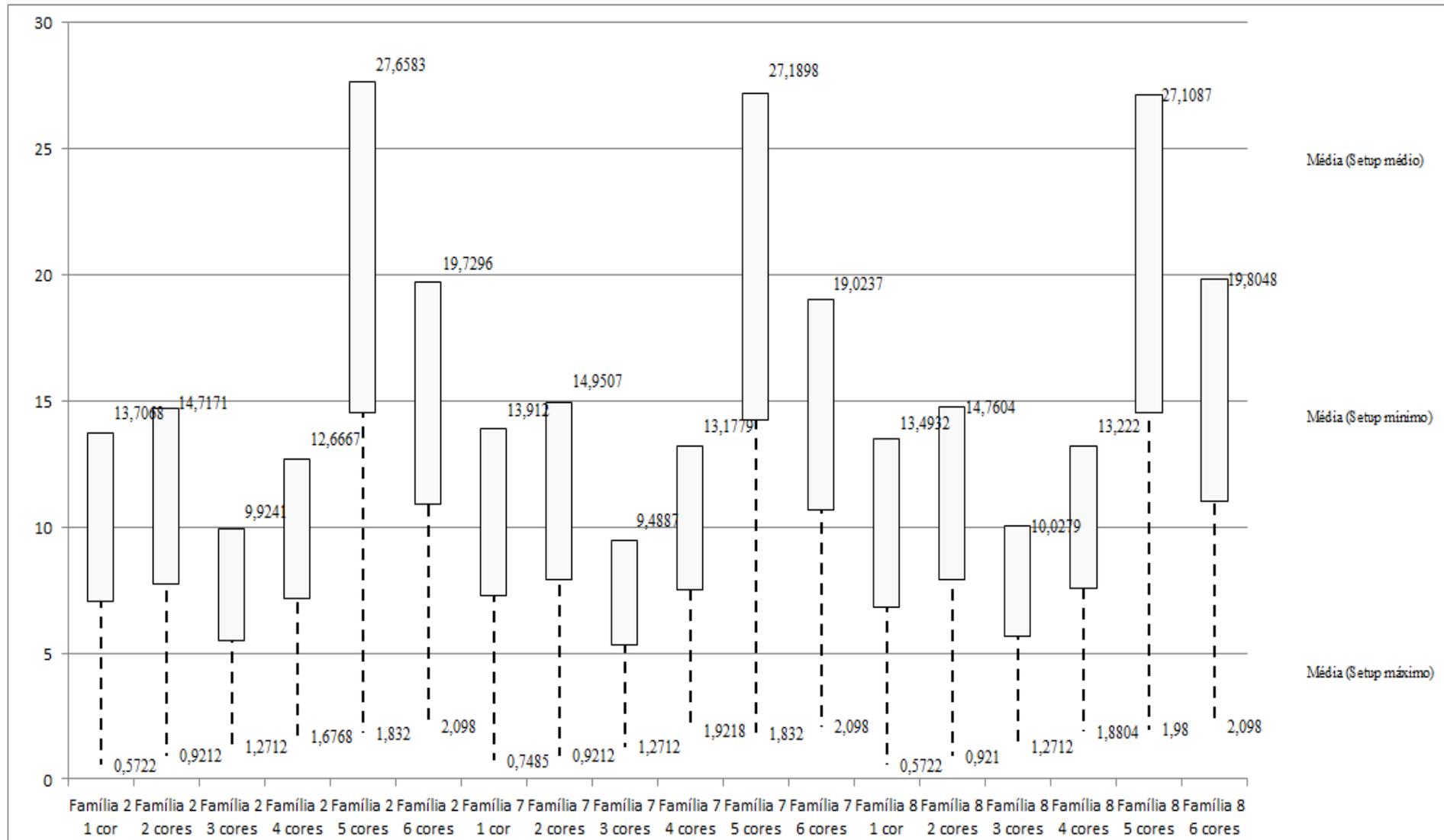


Figura 4.181 – Cenário 12 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	451,06	5637	4720	465,94	451,06	5637,00	4720,00	465,94	451,06	5637,00	4720,00	465,94	451,06	5637,00	4720,00	465,94	451,09	5637,00	4720,00	465,91
Família 2	Linha 2	0,00	18601	14400	4201	1279,28	18601,00	12800,00	4521,72	1355,39	18601,00	12800,00	4445,61	-1233,31	18601,00	16000,00	3834,31	1260,28	18601,00	12800,00	4540,72
Família 3	Linha 3	0,00	23250	23210	40	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940	788	76,7681	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819	2365	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819	2365	228,2	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,76	2241	1880	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,24	940	788	76,7648	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940	788	76,7673	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,13	5637	4730	456,87	450,82	5637,00	4729,31	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,82	5637,00	4729,31	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,65	9300	7804	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	744,02	9300,00	7802,63	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35
Família 5	Linha 12	201,10	2514	2110	202,9	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,35	2481	2075	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64
Família 7	Linha 14	0,00	18601	14400	4201	2,26	18601,00	14400,00	4198,74	5,55	18601,00	14400,00	4195,45	-4722,18	18601,00	19200,00	4123,18	-4848,98	18601,00	19200,00	4249,98
Família 8	Linha 15	0,00	18601	14400	4201	9,95	18601,00	14400,00	4191,05	9,65	18601,00	14400,00	4191,35	-33,62	18601,00	14400,00	4234,62	27,86	18601,00	14400,00	4173,14
Família 9	Linha 16	197,38	2481	2068	215,62	197,33	2481,00	2068,00	215,67	197,35	2481,00	2068,00	215,65	197,37	2481,00	2068,00	215,63	197,39	2481,00	2068,00	215,61
		3096,1698	117802	98891	15814,8302	4388,999231	117802	97289,6293	16123,37147	4467,416573	117802	97290,32089	16044,26253	-2892,953748	117802	105291,0042	15403,94955	-463,9412003	117802	102090,3168	16175,6244
		2,63%	100,00%	83,95%	13,42%	3,73%	100,00%	82,59%	13,69%	3,79%	100,00%	82,59%	13,62%	-2,46%	100,00%	89,38%	13,08%	-0,39%	100,00%	86,66%	13,73%

Figura 4.182 – Cenário 12 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	451,06	5637,00	4720,00	465,94	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,06	5637,00	4720,00	465,94
Família 2	Linha 2	-135,41	18601,00	14400,00	4336,41	-175,27	18601,00	14441,60	4334,67	-1244,62	18601,00	16000,00	3845,62	1339,55	18601,00	12800,00	4461,45	-140,40	18601,00	14400,00	4341,40
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	449,44	5637,00	4730,69	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	744,01	9300,00	7802,63	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Família 7	Linha 14	23,70	18601,00	14400,00	4177,30	28,84	18601,00	14400,00	4172,16	33,79	18601,00	14400,00	4167,21	38,56	18601,00	14400,00	4162,44	46,90	18601,00	14400,00	4154,10
Família 8	Linha 15	23,10	18601,00	14400,00	4177,90	14,12	18601,00	14400,00	4186,88	-51,08	18601,00	14400,00	4252,08	34,61	18601,00	14400,00	4166,39	-23,82	18601,00	14400,00	4224,82
Família 9	Linha 16	197,35	2481,00	2068,00	215,65	197,35	2481,00	2068,00	215,65	197,38	2481,00	2068,00	215,62	197,38	2481,00	2068,00	215,62	197,37	2481,00	2068,00	215,63
		3008,904472	117802	98889,63339	15903,46213	2964,536862	117802	98931,9167	15905,54644	1834,305497	117802	100491,004	15476,69051	4508,231372	117802	97291,6916	16002,07703	2978,138815	117802	98891,6915	15932,16969
		2,55%	100,00%	83,95%	13,50%	2,52%	100,00%	83,98%	13,50%	1,56%	100,00%	85,31%	13,14%	3,83%	100,00%	82,59%	13,58%	2,53%	100,00%	83,95%	13,52%

A Figura 4.184 indica que após a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup*, a alteração do tamanho do lote como desejado permitiu a redução do estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, com aumento do volume de produção. No caso da linha 2 (Família 2) a produção no cenário 4 é de 4.000 unidades com estoque em processo de 2.333 unidades (58%) enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.042 unidades e o estoque em processo de 1.209 unidades (7,09%) e no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo 4.336 unidades (30,11%) em função do aumento do lote de 500 unidades para 1200 unidades com exceção dos produtos com 4 cores (demanda equivalente a 22% da família de produtos com impressão).

No caso a alteração do tamanho do lote contribuiu para a menor amplitude entre o volume produzido e o estoque em processo para cada uma das famílias de produtos que passam pelo processo de impressão, ou seja, aumento do estoque em processo.

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades e no cenário 12 a produção foi de 19.200 unidades e o estoque em processo de 4.143 unidades. No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades e no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo de 4.216 unidades.

Figura 4.183 – Cenário 12 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção	Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
			Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1		451,06	5637,00	4720,00	465,94	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,09	5637,00	4720,00	465,91	451,09	5637,00	4720,00	465,91
Família 2	Linha 2		1282,43	18601,00	12800,00	4518,57	-132,54	18601,00	14400,00	4333,54	-117,71	18601,00	14400,00	4318,71	1311,84	18601,00	12800,00	4489,16	1313,26	18601,00	12800,00	4487,74
Família 3	Linha 3		0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00	0,00	23250,00	23210,00	40,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4		75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5		225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6		225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7		178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24	178,76	2241,00	1880,00	182,24
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8		75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9		75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10		450,13	5637,00	4730,00	456,87	449,44	5637,00	4730,69	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11		742,65	9300,00	7804,00	753,35	742,65	9300,00	7804,00	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35	743,33	9300,00	7803,32	753,35
Família 5	Linha 12		201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13		198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64
Família 7	Linha 14		-4742,05	18601,00	19200,00	4143,05	32,26	18601,00	14400,00	4168,74	68,48	18601,00	14400,00	4132,52	-26,58	18601,00	14400,00	4227,58	-4773,07	18601,00	19200,00	4174,07
Família 8	Linha 15		-15,14	18601,00	14400,00	4216,14	-0,09	18601,00	14400,00	4201,09	-42,54	18601,00	14400,00	4243,54	-52,03	18601,00	14400,00	4253,03	10,02	18601,00	14400,00	4190,98
Família 9	Linha 16		197,35	2481,00	2068,00	215,65	197,35	2481,00	2068,00	215,65	197,37	2481,00	2068,00	215,63	197,38	2481,00	2068,00	215,62	197,34	2481,00	2068,00	215,66
			-378,6095961	117802	102091	16089,6096	2995,105471	117802	98891,6874	15915,20713	3004,412775	117802	98891,004	15906,58323	4329,415211	117802	97291,0042	16181,58059	-352,9403085	117802	102090,3167	16064,62361
			-0,32%	100,00%	86,66%	13,66%	2,54%	100,00%	83,95%	13,51%	2,55%	100,00%	83,95%	13,50%	3,68%	100,00%	82,59%	13,74%	-0,30%	100,00%	86,66%	13,64%

Há, de acordo com a Figura 4.184, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira, da segunda e da terceira alteração do *setup* somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível. Outro fator importante a ser considerado é o tamanho do lote o qual permite um aumento do volume de produtos em unidades produzidos com redução do estoque em processos. No caso do cenário 12 o aumento do tamanho do lote aumentou o estoque em processo.

Figura 4.184 – Cenário 12 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

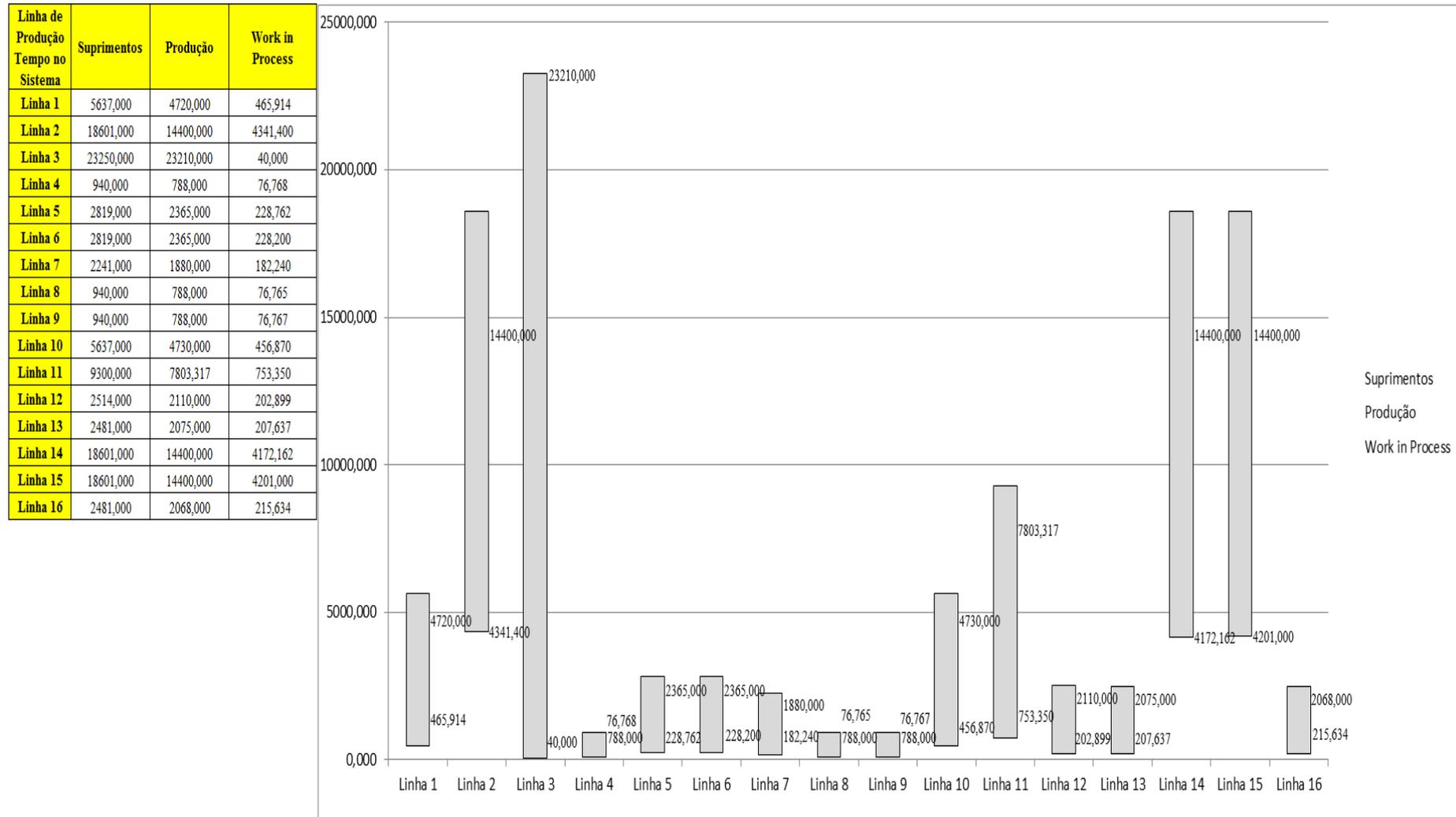
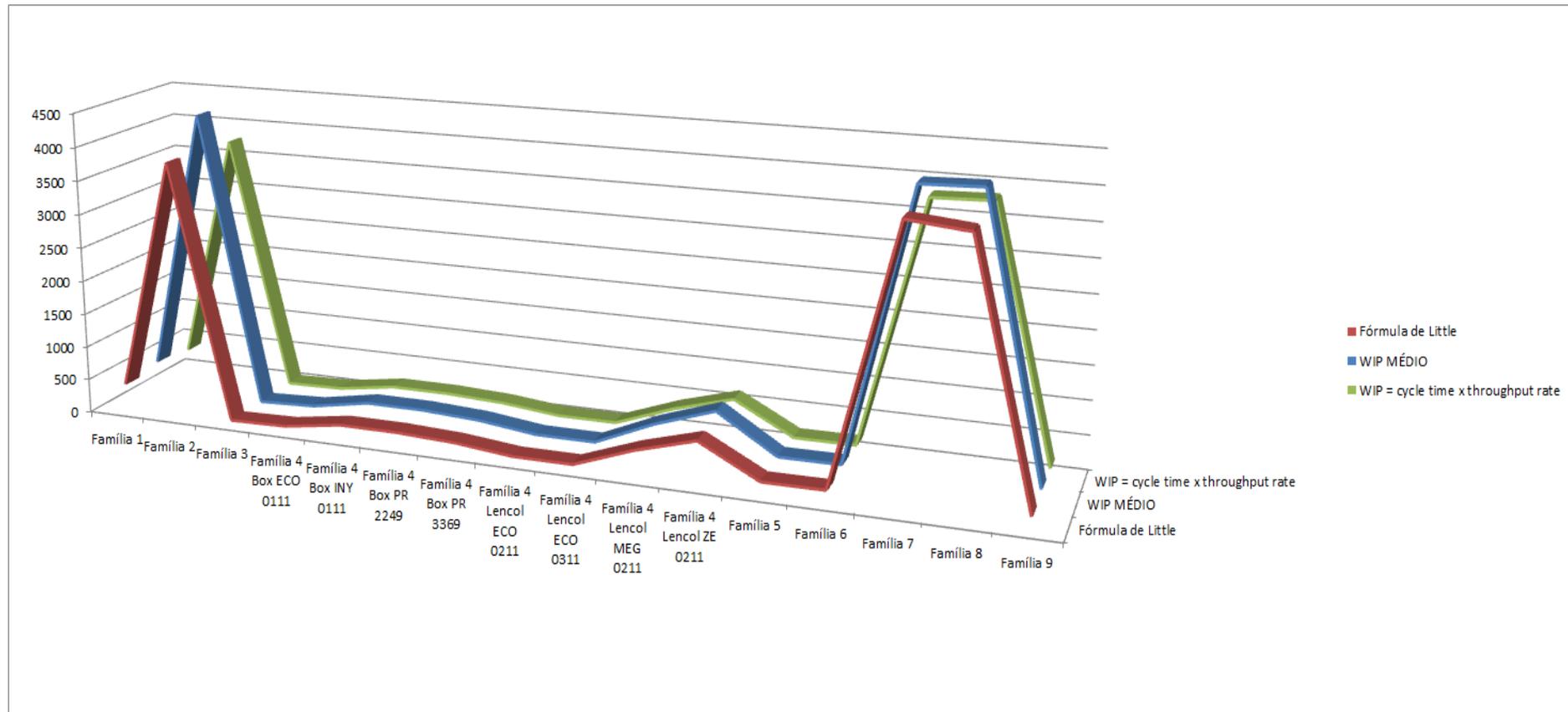


Figura 4.185 – Cenário 12 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

A Figura 4.186 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão reduziu, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo. Contudo, o tamanho do lote contribuiu para um fluxo de produção apto a manter um maior número de unidades produzidas sem onerar o estoque em processo caso o tamanho do lote seja reduzido como no cenário 12 onde houve um aumento do tamanho do lote o tempo de espera foi aumentado, em torno de quatro vezes, de aproximadamente 2 horas para 8 horas.

Figura 4.186 – Cenário 12 – *Wait Time* –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,46035	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,46035	2,46035	2,4606
Família 2	Linha 2	8,0095	8,37495	8,25437	7,73053	8,36575	7,97335	8,02619	7,78814	8,27887	7,97242	8,41369	8,02546	7,91223	8,30536	8,40104	8,026187
Família 3	Linha 3	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,00745	0,007453
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4542	2,42077	2,37169	2,32406	2,41609	2,4318	2,39035	2,28815	2,42348	2,4435	2,33756	2,32496	2,36902	2,36227	2,31008	2,371694
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4539	2,4912	2,44888	2,45892	2,48042	2,44171	2,49163	2,47738	2,43731	2,45674	2,46726	2,43759	2,45596	2,4481	2,44592	2,455964
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4528	3,11702	2,47967	2,45781	2,51104	2,46664	2,5255	2,47685	2,49917	2,50245	2,5275	2,46953	2,49651	2,49304	2,47751	2,493041
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4539	2,42898	2,45911	2,44387	2,44328	2,48775	2,47153	2,44657	2,41766	2,41727	2,43392	2,44219	2,4747	2,47043	2,46922	2,446573
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4542	2,49108	2,60232	2,51645	2,49713	2,53239	2,48858	2,48745	2,50586	2,59243	2,52666	2,46909	2,52476	2,57856	2,50392	2,505859
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4543	2,389	2,51255	2,37635	2,48366	2,47036	2,45471	2,50584	2,44732	2,46874	2,36091	2,36624	2,43322	2,3813	2,35885	2,44732
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4542	2,47299	2,48077	2,47851	2,48848	2,47531	2,47649	2,48302	2,48549	2,49677	2,48585	2,47963	2,48576	2,4813	2,4761	2,480771
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,4541	2,45785	2,45684	2,45302	2,45705	2,45871	2,45683	2,45369	2,45351	2,4615	2,46515	2,44953	2,45805	2,45788	2,45395	2,45684
Família 5	Linha 12	2,4543	2,04242	1,82744	2,87188	2,81994	3,39476	1,776	1,74037	1,85634	2,05095	3,32012	1,92629	2,7339	2,74426	1,99132	2,050948
Família 6	Linha 13	2,4638	2,33995	2,29055	2,83435	2,45641	2,51967	1,88885	2,32442	2,97486	2,71196	2,48255	2,63521	2,52318	2,28358	2,30771	2,4638
Família 7	Linha 14	8,0559	7,98786	7,99845	9,08615	9,68524	8,0811	7,79382	7,92293	7,73932	7,92203	9,3016	8,05943	7,70822	8,10244	9,41725	8,0559
Família 8	Linha 15	8,1361	8,15948	8,11144	8,11685	8,12227	8,09317	8,15587	8,25721	8,09956	8,21805	8,15474	8,15309	8,21038	8,2391	8,15384	8,153842
Família 9	Linha 16	2,4744	3,03704	2,8573	2,54812	2,34533	2,33703	2,35026	2,34044	2,55954	2,73435	2,13769	2,60429	2,53419	2,66071	2,14311	2,53419
		8,1361	8,37495	8,25437	9,08615	9,68524	8,09317	8,15587	8,25721	8,27887	8,21805	9,3016	8,15309	8,21038	8,30536	9,41725	
		4,56292	5,6404	5,08219	9,5243	13,581	4,38137	4,64779	5,09502	5,19326	4,91973	10,9006	4,6358	4,88577	5,31468	11,6776	6,66949

Figura 4.187 – Cenário 12 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

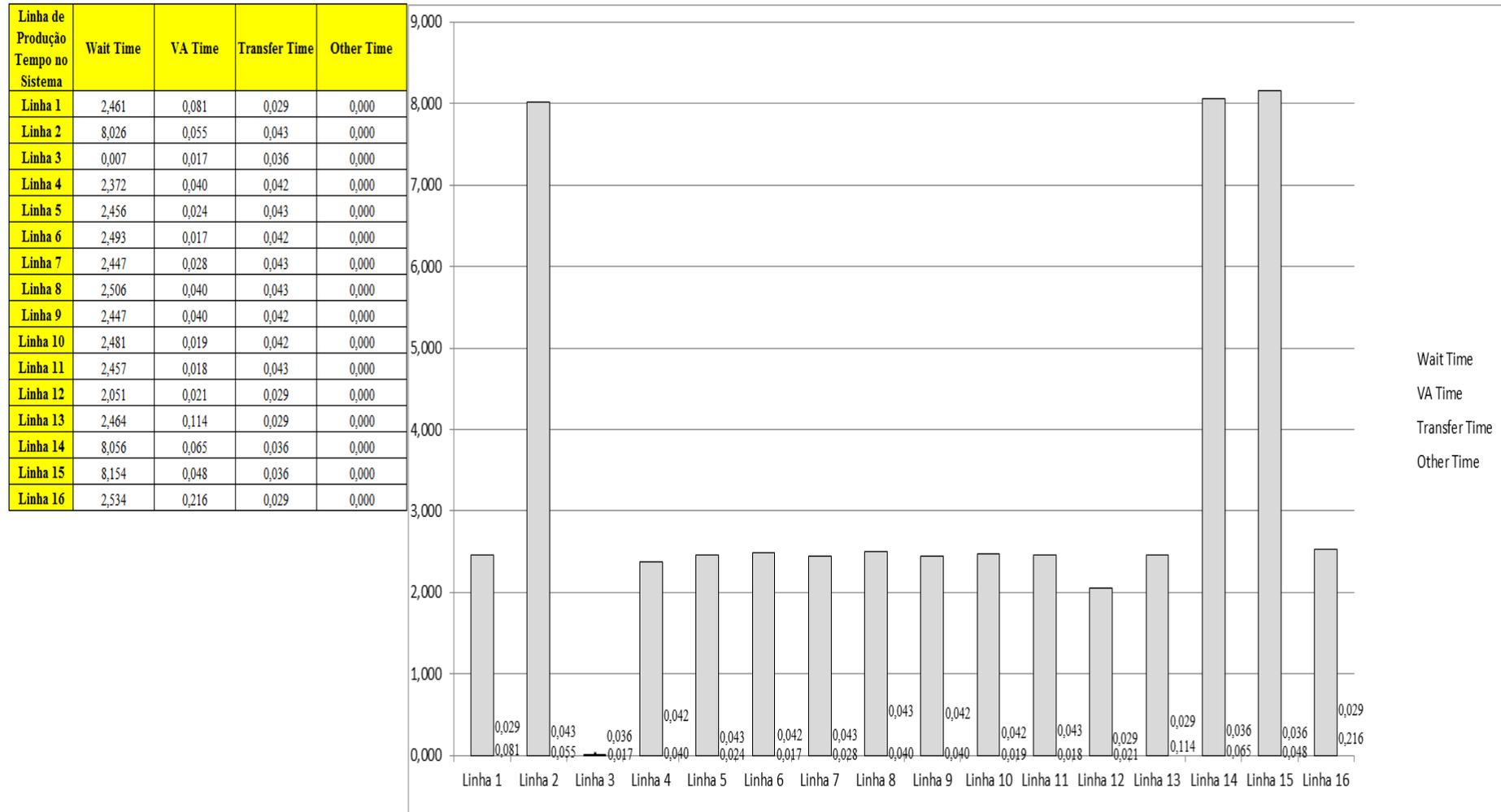


Figura 4.188 – Cenário 12 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

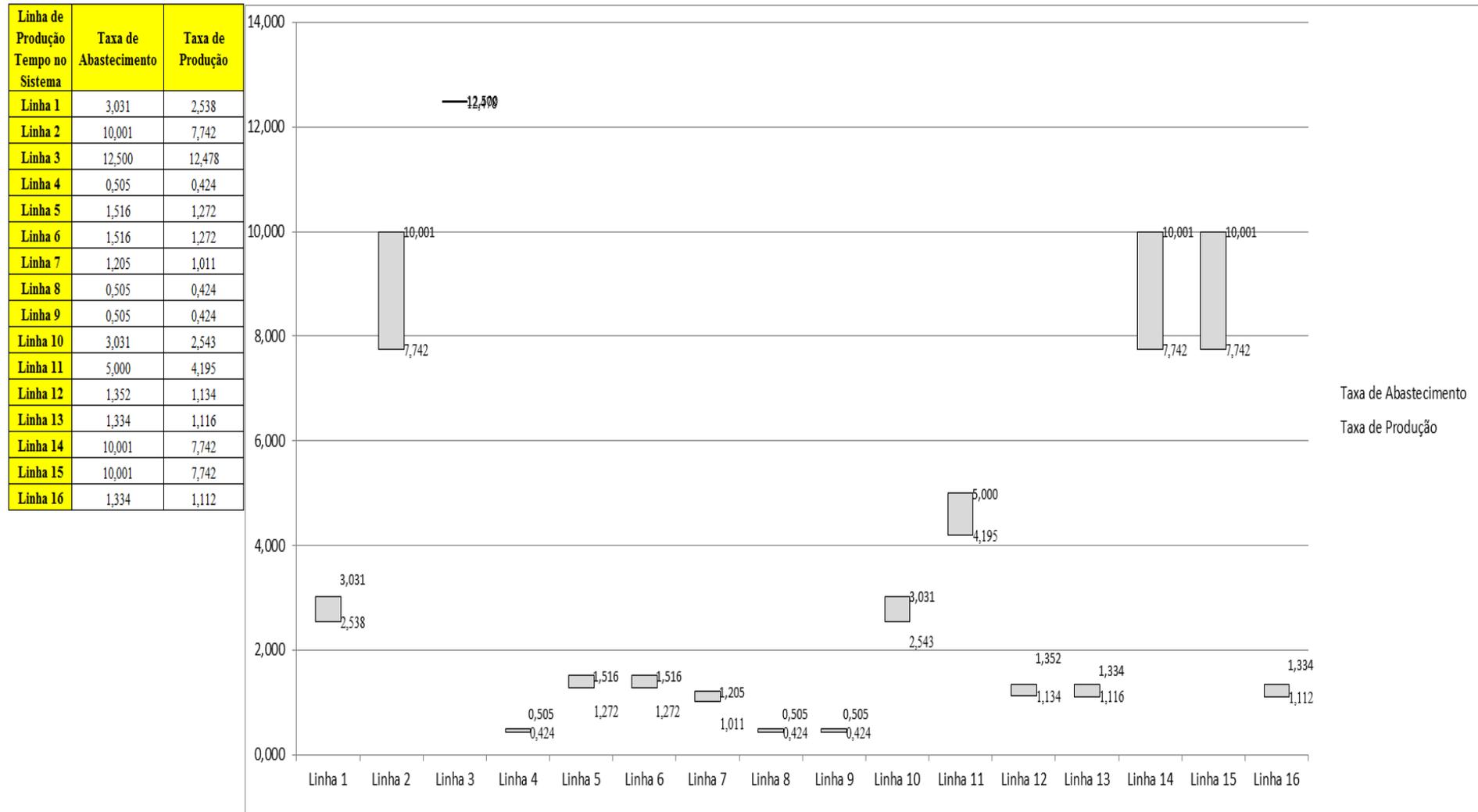


Figura 4.189 – Cenário 12 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

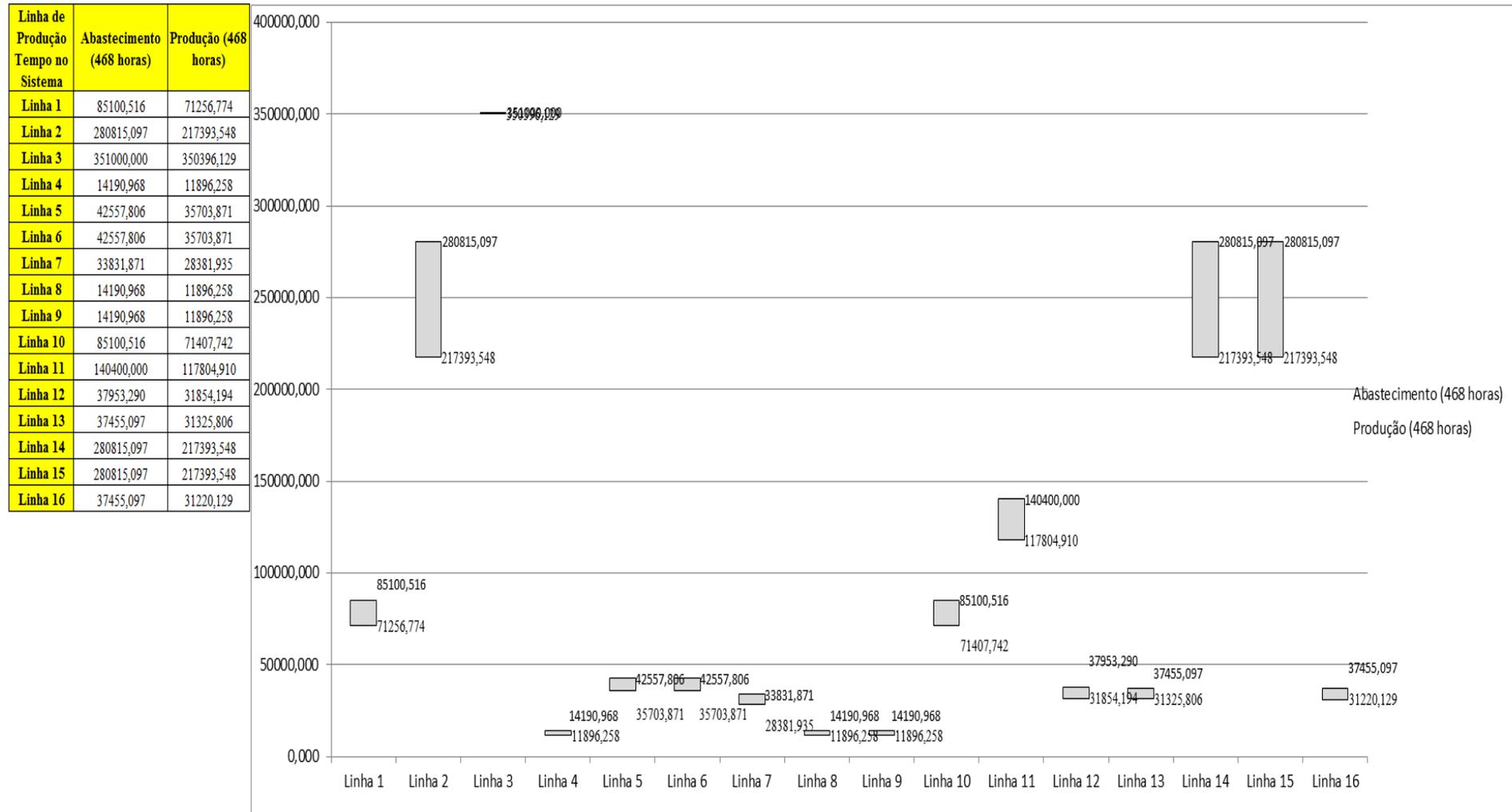


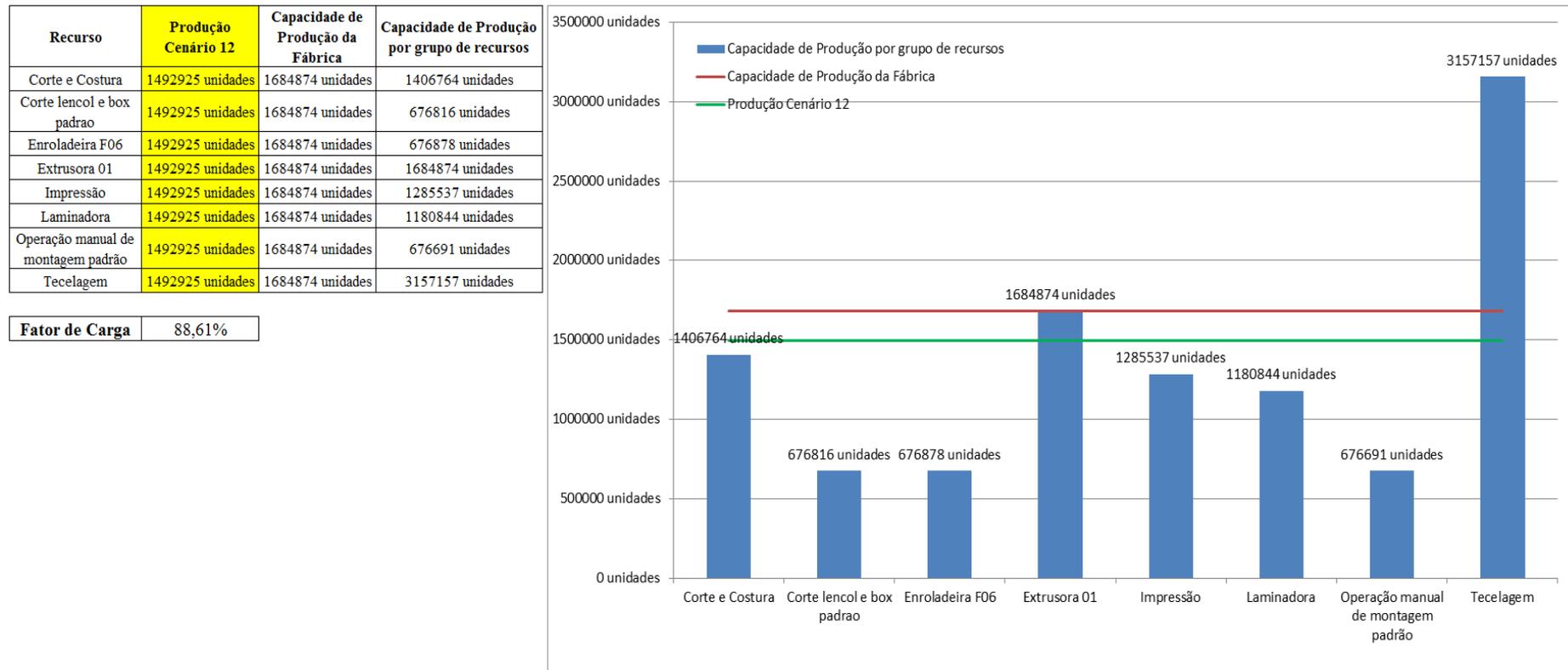
Figura 4.190 – Cenário 12 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	24,57963%	24,22000%	23,77073%	23,94666%	26,05794%	24,59387%	24,71640%	24,48391%	25,52384%
Corte e Costura Supra	1	30,42336%	30,59000%	29,78657%	29,78657%	31,78027%	30,50073%	30,44122%	30,53049%	31,12562%
Corte e Costura Taubate	1	35,21689%	35,55000%	34,78548%	34,64896%	36,50565%	35,27696%	35,22235%	35,52270%	35,63191%
Corte e Costura Vítrea	1	39,37574%	40,00000%	39,05852%	38,75318%	40,53435%	39,41476%	39,21120%	39,82188%	39,77099%
Corte lencol e box padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	88,55736%	88,61000%	87,79919%	87,80082%	90,22505%	88,60838%	88,60676%	88,63069%	89,41753%
Enroladeira F06	1	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	20,37975%	20,43000%	19,50162%	19,50162%	22,28677%	20,43000%	20,43000%	20,60177%	21,35838%
Impressora PADANE	1	20,37911%	20,43000%	19,50086%	19,50086%	22,28828%	20,43000%	20,43000%	20,60140%	21,35914%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,87678%	18,86000%	18,91099%	18,82317%	18,89399%	18,88833%	18,86850%	18,85717%	18,86283%
Tear 02	1	33,43313%	33,35000%	33,58200%	33,61100%	33,52400%	33,37900%	33,43700%	33,40800%	33,43700%
Tear 03	1	42,91668%	43,09000%	42,62667%	42,80685%	42,78111%	42,96130%	42,90981%	42,98704%	42,93556%
Tear 04	1	6,72130%	6,73200%	6,74562%	6,71316%	6,70529%	6,71021%	6,69447%	6,74266%	6,70038%
Tear 05	1	12,98884%	13,03000%	12,99693%	12,94181%	13,04102%	12,99693%	13,07409%	12,89772%	12,97488%
Tear 06	1	18,40701%	18,48000%	18,36941%	18,33623%	18,41364%	18,34729%	18,50212%	18,48000%	18,30305%
Tear 07	1	23,37098%	23,51000%	23,42031%	23,42031%	23,39789%	23,42031%	23,36425%	23,28577%	23,36425%
Tear 08	1	27,74071%	27,78000%	27,67799%	27,88201%	27,84800%	27,68933%	27,70066%	27,71200%	27,82534%
Tear 09	1	31,19587%	31,05000%	31,14023%	31,23046%	31,02744%	31,12895%	31,09511%	31,37708%	31,59137%
Tear 10	1	34,19199%	34,07000%	34,36187%	34,12613%	34,11490%	34,30574%	34,26084%	34,24961%	34,13735%
Tear 11	1	37,59122%	37,29000%	37,61028%	37,67891%	37,62172%	37,71323%	37,39295%	37,51877%	37,35863%
Tear 12	1	39,85233%	39,66000%	39,54597%	39,95648%	39,81964%	39,88806%	39,79684%	39,84245%	40,00209%

Figura 4.191 – Cenário 12 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	24,57963%	23,68275%	24,84207%	24,67556%	24,66927%	24,78552%	24,19173%	24,53418%
Corte e Costura Supra	1	30,42336%	29,87584%	30,47097%	30,44122%	30,50073%	30,35195%	29,69730%	30,47097%
Corte e Costura Taubate	1	35,21689%	34,78548%	35,05853%	35,27696%	35,14044%	35,14044%	34,40323%	35,30426%
Corte e Costura Vítrea	1	39,37574%	39,16031%	38,98219%	39,23664%	39,33842%	39,26209%	38,49873%	39,59288%
Corte lencol e box padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	88,55736%	87,80406%	88,61159%	88,61000%	88,61159%	88,61000%	87,80251%	88,61220%
Enroladeira F06	1	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	20,37975%	19,50162%	20,43000%	20,43000%	20,43000%	20,43000%	19,50441%	20,43000%
Impressora PADANE	1	20,37911%	19,50086%	20,43000%	20,43000%	20,43000%	20,43000%	19,49529%	20,43000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,87678%	18,87133%	18,92515%	18,94215%	18,87416%	18,85395%	18,86850%	18,85150%
Tear 02	1	33,43313%	33,46600%	33,35000%	33,26300%	33,40800%	33,40800%	33,43700%	33,43700%
Tear 03	1	42,91668%	42,88407%	42,90981%	42,98704%	42,93556%	43,01278%	42,93556%	42,98704%
Tear 04	1	6,72130%	6,76135%	6,67579%	6,74562%	6,74562%	6,71513%	6,68464%	6,74758%
Tear 05	1	12,98884%	13,03000%	12,98591%	12,95283%	12,95283%	12,96386%	12,94181%	13,05205%
Tear 06	1	18,40701%	18,35835%	18,35835%	18,45788%	18,48000%	18,33623%	18,45788%	18,42470%
Tear 07	1	23,37098%	23,33062%	23,28577%	23,51000%	23,22972%	23,36425%	23,43152%	23,22972%
Tear 08	1	27,74071%	27,62132%	27,72333%	27,68933%	27,71200%	27,99535%	27,65532%	27,59865%
Tear 09	1	31,19587%	31,19662%	31,21918%	30,93721%	31,20790%	31,24174%	31,21918%	31,27557%
Tear 10	1	34,19199%	34,05877%	34,55271%	34,27206%	34,19348%	34,05877%	34,17103%	33,94652%
Tear 11	1	37,59122%	37,40439%	37,91913%	37,49590%	37,54165%	37,59884%	37,94200%	37,78186%
Tear 12	1	39,85233%	40,11612%	39,78543%	39,81964%	39,95648%	39,87666%	39,88806%	39,83105%

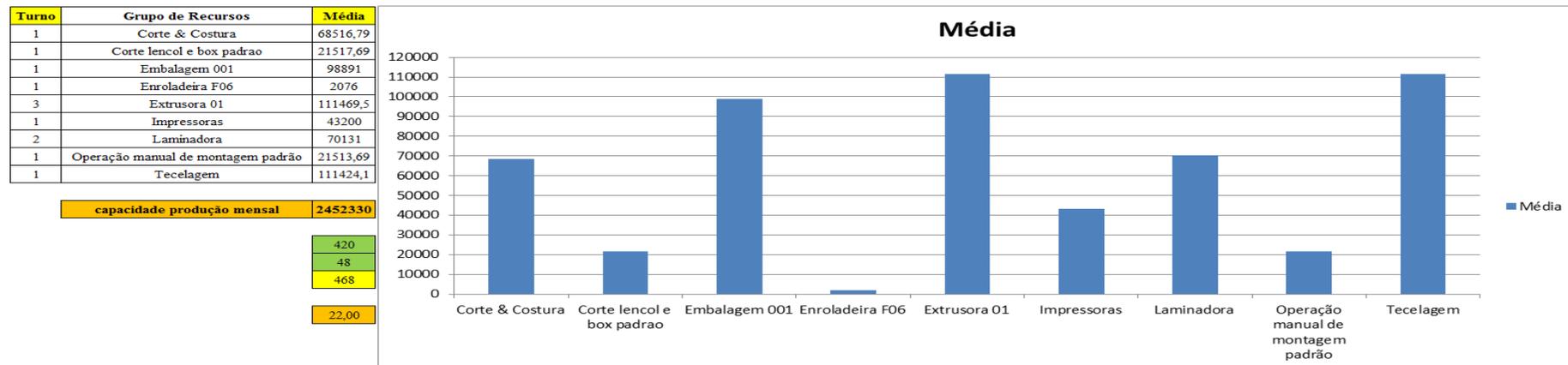
Figura 4.192 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.192 com a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 96,53% (cenário 11) a partir das alterações realizadas, o que é significativo. Com o aumento do tamanho do lote no cenário 12 o fator de carga foi reduzido para 88,61%. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva. Contudo, o fator de carga do cenário 11 foi de 96,53%, maior do que 91,15% do cenário 7 e o fator de carga do cenário 12 88,61%, ou seja, menor o que indica a necessidade de se avaliar o tamanho do lote no processo de impressão.

O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 12 a redução a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11 o aumento para 1.285.537 no cenário 12, com aumento de (+) 26,3% com a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 500 unidades para 1200. É possível concluir que o aumento do tamanho do lote aumenta significativamente o tempo de espera, embora com bobinas maiores a produção na impressão torna-se maior.

Figura 4.193 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.194 a produção do cenário 12 é de 1.492.924 o que corresponde a 83,946% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229. Com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2 e com a 1ª alteração do *setup* corresponde o fator de carga passou para 90,11%. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado no chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo. Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.194 – Cenário 12 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	451,086	465,9144	5637	4720	1	2,4606	2,5704	0,0811	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71256,774	4,77%	
2	-140,400	4341,4	18601	14400	2	8,02619	8,1234	0,0547	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,129 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,742 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	217393,548	14,56%	
3	0,000	40,00005	23250	23210	3	0,00745	0,0600	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350396,129	23,47%	
4	75,232	76,7681	940	788	4	2,37169	2,4544	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
5	225,238	228,7622	2819	2365	5	2,45596	2,5220	0,0235	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,39%	
6	225,800	228,2	2819	2365	6	2,49304	2,5528	0,0173	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,39%	
7	178,760	182,24	2241	1880	7	2,44657	2,5169	0,0278	0,0426	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,90%	
8	75,235	76,7648	940	788	8	2,50586	2,5885	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
9	75,233	76,7673	940	788	9	2,44732	2,5299	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
10	450,130	456,87	5637	4730	10	2,48077	2,5426	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,543 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71407,742	4,78%	
11	743,333	753,35	9300	7803,3	11	2,45684	2,5170	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,195 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117804,910	7,89%	
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05095	2,1005	0,0210	0,0285	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	2,13%	
13	198,363	207,6372	2481	2075	13	2,4638	2,6066	0,1142	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,896 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,116 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31325,806	2,10%	
14	28,838	4172,162	18601	14400	14	8,0559	8,1565	0,0650	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,129 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,742 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	217393,548	14,56%	
15	0,000	4201	18601	14400	15	8,15384	8,2371	0,0477	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,129 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,742 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	217393,548	14,56%	
16	197,366	215,6342	2481	2068	16	2,53419	2,7784	0,2156	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,899 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,112 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31220,129	2,09%	
	2985,314	15926,37	117802	98890		53,4110	54,8571	0,8424	0,6037	0,00			63,334 (unid./minuto)	53,167 (unid./minuto)	1778430,194		1492924,781		
	2,53%	13,52%	100,00%	83,95%		97,36%	100,00%	1,54%	1,10%	0,00%							83,946%		

Figura 4.195 – Cenário 13 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo																					
Familia 1	Linha 1	2,5711	0,1085	5,0401	2,5711	0,1085	5,04084	2,57113	0,10851	5,0406	2,5711	0,1085	5,04041	2,571	0,1085	5,04047	2,57107	0,10851	5,04029	2,57107	0,10849	5,04047	2,571	0,10849	5,0401
Familia 2	Linha 2	4,7141	0,5396	16,7966	4,92738	0,53703	16,3129	4,85706	0,53662	16,2029	4,55119	0,53757	16,7967	4,92201	0,53734	16,355	4,69295	0,5368	16,51	4,72384	0,53748	16,9179	4,58483	0,53522	17,0595
Familia 3	Linha 3	0,05573	0,04835	0,1432	0,05573	0,04835	0,1432	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14322	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,5369	0,07973	5,0105	2,53687	0,07972	5,01044	2,5369	0,07972	5,01056	2,5369	0,07972	5,01013	2,5369	0,07971	5,01124	2,5369	0,07972	5,01031	2,5369	0,07972	5,01031	2,5369	0,07971	5,01149
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,9953	2,51993	0,06296	4,9953	2,5199	0,06296	4,99511	2,5199	0,06296	4,99493	2,5199	0,06296	4,99499	2,5199	0,06297	4,99524	2,51993	0,06297	4,99468	2,51993	0,06297	4,99524
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05765	4,9914	2,51247	0,05765	4,99165	2,5125	0,05764	4,99128	2,5125	0,05765	4,99115	2,5125	0,05765	4,9919	2,5125	0,05764	4,9914	2,5125	0,05765	4,99109	2,5125	0,05764	4,99097
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06905	4,9976	2,5242	0,06905	4,99741	2,5242	0,06905	4,99766	2,5242	0,06905	4,99797	2,5242	0,06905	4,99748	2,5242	0,06905	4,99741	2,5242	0,06905	4,9976	2,52417	0,06905	4,99772
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5369	0,08212	5,0083	2,5369	0,08212	5,00756	2,5369	0,08212	5,00799	2,5369	0,08212	5,00768	2,53693	0,08212	5,00836	2,53687	0,08211	5,00805	2,5369	0,08212	5,00787	2,53687	0,08211	5,00743
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,0081	2,5369	0,08104	5,00816	2,53687	0,08105	5,00841	2,5369	0,08104	5,0086	2,5369	0,08104	5,00853	2,5369	0,08105	5,0089	2,53687	0,08103	5,00866	2,53693	0,08105	5,0089
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5156	0,05922	4,99	2,5156	0,05923	4,98988	2,5156	0,05922	4,99037	2,5156	0,05922	4,98994	2,5156	0,05922	4,98957	2,5156	0,05922	4,99	2,5156	0,05922	4,98981	2,5156	0,05922	4,99043
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5145	0,05684	4,9902	2,5145	0,05684	4,99039	2,5145	0,05684	4,99107	2,5145	0,05684	4,9902	2,5145	0,05684	4,99001	2,5145	0,05683	4,99045	2,5145	0,05684	4,99026	2,5145	0,05684	4,99119
Familia 5	Linha 12	2,504	0,04764	4,979	2,50394	0,04764	4,97862	2,50397	0,04764	4,97859	2,50397	0,04764	4,97918	2,50403	0,04765	4,97868	2,50407	0,04764	4,97976	2,50394	0,04764	4,97874	2,50399	0,04764	4,97888
Familia 6	Linha 13	2,6058	0,1447	5,0748	2,60569	0,1447	5,07498	2,60569	0,1447	5,07524	2,6058	0,1447	5,07518	2,60571	0,14471	5,07516	2,60574	0,1447	5,0751	2,60577	0,14469	5,07533	2,60571	0,1447	5,07498
Familia 7	Linha 14	4,6679	0,5418	16,4164	4,62888	0,54189	15,2314	4,635	0,54366	15,1061	5,2588	0,54207	22,3611	5,60237	0,54289	22,5996	4,6823	0,54253	16,0818	4,5176	0,54148	15,437	4,59169	0,54353	16,3665
Familia 8	Linha 15	4,7764	0,5257	17,1666	4,78998	0,52499	17,1711	4,76204	0,5257	16,9763	4,76515	0,52619	17,0215	4,7683	0,52561	17,2081	4,75135	0,52704	16,9975	4,78787	0,52534	17,1627	4,84695	0,52597	17,3396
Familia 9	Linha 16	2,7168	0,2478	5,1658	2,71745	0,24777	5,16555	2,71724	0,24778	5,16588	2,71697	0,24782	5,16745	2,71658	0,2477	5,16803	2,71719	0,2478	5,16778	2,71719	0,24777	5,16687	2,71671	0,24775	5,16539
		4,7764	0,5418	17,1666																					

Figura 4.196 – Cenário 13 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 1	Linha 1	2,57104	0,10849	5,040472	2,57113	0,1085	5,04029	2,5711	0,10849	5,04109	2,57107	0,10849	5,04147	2,57104	0,1085	5,04041	2,571	0,10849	5,04084	2,57107	0,10848	5,04072
Familia 2	Linha 2	4,87132	0,53788	16,39082	4,69245	0,53694	16,4457	4,95003	0,53658	16,6594	4,72342	0,53698	16,6752	4,65731	0,53856	16,2224	4,88679	0,5377	16,5197	4,94265	0,53856	16,2539
Familia 3	Linha 3	0,05573	0,04835	0,143234	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,1432	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321	0,05573	0,04835	0,14321
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53687	0,07973	5,010252	2,5369	0,07972	5,01031	2,53687	0,07972	5,01019	2,53687	0,07973	5,01118	2,53687	0,07972	5,01062	2,5369	0,07973	5,01062	2,53684	0,07972	5,01161
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,994805	2,51993	0,06297	4,99487	2,5199	0,06297	4,99481	2,5199	0,06297	4,99468	2,5199	0,06295	4,99481	2,51993	0,06297	4,99493	2,5199	0,06296	4,99481
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05764	4,991276	2,5125	0,05765	4,99109	2,51247	0,05764	4,99208	2,5125	0,05764	4,99152	2,5125	0,05764	4,99109	2,5125	0,05764	4,99103	2,51247	0,05765	4,99109
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06904	4,997538	2,52417	0,06905	4,99766	2,52417	0,06905	4,9976	2,5242	0,06905	4,99797	2,5242	0,06905	4,99766	2,52417	0,06905	4,99748	2,5242	0,06904	4,99779
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5369	0,08212	5,007681	2,5369	0,08212	5,00756	2,53687	0,08212	5,00743	2,5369	0,08213	5,00818	2,5369	0,08212	5,00774	2,5369	0,08213	5,00867	2,53693	0,08213	5,00774
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,008038	2,5369	0,08103	5,00822	2,53687	0,08103	5,00835	2,5369	0,08105	5,00822	2,53687	0,08105	5,00915	2,5369	0,08104	5,00798	2,53687	0,08105	5,00903
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5156	0,05922	4,989938	2,5156	0,05922	4,98994	2,5156	0,05922	4,98975	2,5156	0,05922	4,9908	2,5156	0,05922	4,98988	2,5156	0,05922	4,98951	2,5156	0,05922	4,99031
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5145	0,05684	4,990695	2,5145	0,05683	4,99082	2,5145	0,05684	4,9902	2,5145	0,05684	4,99039	2,5145	0,05683	4,99063	2,5145	0,05684	4,99001	2,5145	0,05683	4,9902
Familia 5	Linha 12	2,50396	0,04764	4,978766	2,50399	0,04764	4,97888	2,50403	0,04764	4,97885	2,50397	0,04764	4,97856	2,50406	0,04764	4,97894	2,504	0,04764	4,97958	2,50399	0,04764	4,9788
Familia 6	Linha 13	2,60575	0,14468	5,074948	2,60585	0,14469	5,07589	2,60574	0,1447	5,07563	2,60583	0,14469	5,07572	2,60569	0,1447	5,07533	2,60582	0,1447	5,07536	2,60566	0,1447	5,07518
Familia 7	Linha 14	4,48644	0,54216	14,47918	4,59113	0,5453	14,829	5,38236	0,54271	22,3034	4,67002	0,54289	16,2683	4,4685	0,54289	14,6123	4,69464	0,5418	16,8521	5,44873	0,54198	22,8147
Familia 8	Linha 15	4,75507	0,52534	17,18204	4,82409	0,52588	17,2843	4,78726	0,5253	17,3028	4,78625	0,52534	17,34	4,81962	0,52579	17,4098	4,8364	0,52673	17,3805	4,78669	0,52619	17,4294
Familia 9	Linha 16	2,71676	0,2478	5,169017	2,71697	0,2478	5,17034	2,71719	0,24773	5,16679	2,71728	0,24785	5,16737	2,71697	0,24777	5,16605	2,7168	0,24782	5,16456	2,71741	0,24788	5,16695

Figura 4.197 – Cenário 13 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

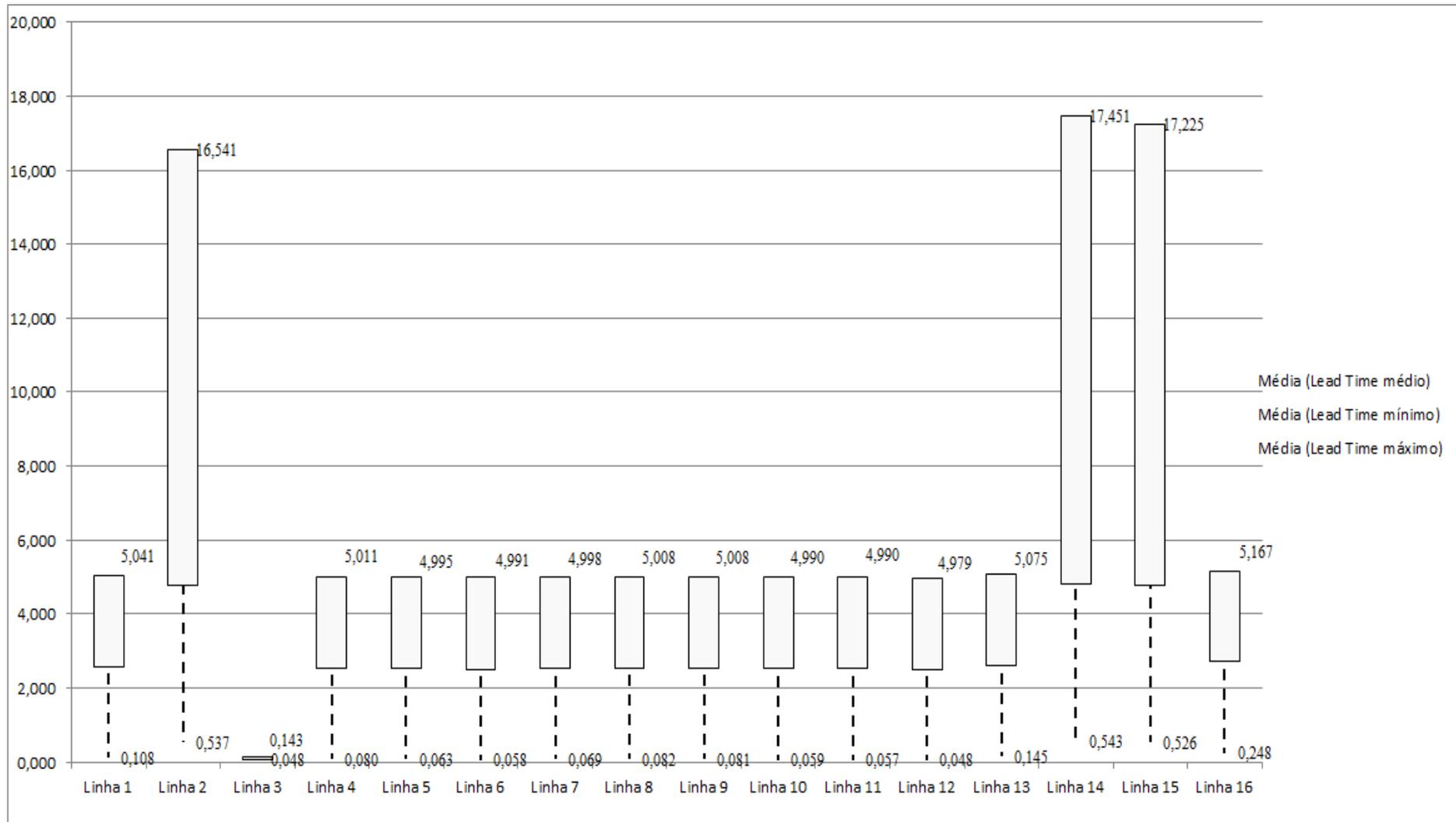


Figura 4.198 – Cenário 13 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,9358	0,4425	5,7012	2,83997	0,4425	5,70058	2,97766	0,44238	5,93959	2,96199	0,44238	5,83827	3,22139	0,44238	6,34522	3,1807	0,44238	6,09264	3,24878	0,44238	5,79804	2,90242	0,4425	6,00377
Família 2 2 cores	3,872	0,7915	7,3887	3,87498	0,7915	7,65443	3,87102	0,7915	7,4077	3,68197	0,7915	7,18241	3,88308	0,7915	7,65207	3,73499	0,7915	7,38939	3,92543	0,7915	7,506	3,75684	0,8151	7,28844
Família 2 3 cores	2,8546	1,1415	4,7457	2,99971	1,1415	5,08141	2,93407	1,1415	4,81868	2,90805	1,1415	4,84795	2,94729	1,1415	4,85405	2,90584	1,1415	4,82144	2,86073	1,1415	4,61433	2,85487	1,1415	4,76631
Família 2 4 cores	9,5538	2,1945	16,6997	9,4513	2,21433	16,22	9,2271	2,1945	16,1082	9,48183	2,1945	16,7018	9,30609	2,1945	16,2599	9,38862	2,1945	16,4156	9,54192	2,22327	16,822	9,68563	2,1945	16,9621
Família 2 5 cores	5,9451	1,832	10,4534	5,75645	1,84028	9,92471	5,75376	1,832	9,84917	5,82036	1,832	10,1145	6,10628	1,832	10,3715	5,98179	1,832	10,2574	5,76296	1,84401	10,1787	6,06614	1,832	10,5193
Família 2 6 cores	4,9848	2,098	7,9588	4,86373	2,10274	7,67731	4,87593	2,098	7,68273	4,8684	2,098	7,74215	5,1783	2,098	8,02593	5,0205	2,098	7,85345	4,81437	2,10488	7,79049	5,01492	2,098	7,928
Família 7 1 cor	3,0776	0,4425	5,8692	2,91531	0,4425	5,44411	2,98474	0,4425	5,3986	2,97164	0,4425	5,48794	3,32428	0,4425	5,93178	3,1688	0,4425	5,74892	2,89285	0,4425	5,51773	3,16045	0,4425	5,85096
Família 7 2 cores	3,7636	0,7915	6,8209	3,70021	0,7915	6,68339	3,72033	0,7915	6,74196	3,6668	0,7915	6,67067	3,95376	0,7915	6,98941	3,79427	0,7915	6,76823	3,62154	0,7915	6,71165	3,73246	0,7915	6,72512
Família 7 3 cores	2,824	1,1415	4,711	2,87779	1,1415	4,86225	2,84427	1,1415	4,97969	2,77596	1,1415	4,8095	2,88302	1,1415	4,89355	2,78634	1,1415	4,7348	2,78034	1,1415	4,8422	2,70124	1,1415	4,59334
Família 7 4 cores	9,0838	1,8325	16,3177	9,28017	1,8325	16,5118	9,04973	1,83275	16,8954	9,06461	1,8325	16,563	8,91635	1,8325	16,6925	8,92562	1,8325	16,0683	8,88871	1,8325	16,4231	8,83012	1,8325	15,8449
Família 7 5 cores	6,23	1,832	10,7302	6,32827	1,832	10,7872	6,3928	1,832	10,9875	5,97769	1,832	10,412	6,29302	1,83401	10,7014	6,13908	1,832	10,6063	6,25306	1,832	10,9109	6,22286	1,832	10,57
Família 7 6 cores	5,0782	2,098	8,3667	5,11259	2,098	8,50189	5,06049	2,098	8,55874	5,0298	2,098	8,41877	5,1698	2,098	8,53898	5,02742	2,098	8,34634	5,05546	2,098	8,48229	5,00727	2,098	8,30466
Família 8 1 cor	2,979	0,4425	5,8023	3,05105	0,4425	5,75406	2,93526	0,44262	5,88223	3,01709	0,4425	5,85546	2,80691	0,4425	5,84399	2,91497	0,4425	5,59561	2,8971	0,4425	5,71567	2,94211	0,4425	5,61095
Família 8 2 cores	3,8041	0,7915	7,0038	3,85164	0,7915	6,85336	3,9756	0,7915	6,94028	3,56069	0,7915	6,44196	3,80156	0,79324	6,6948	3,74379	0,7915	6,80666	3,89108	0,7915	7,04463	3,96075	0,7915	6,96955
Família 8 3 cores	2,8494	1,1415	4,7484	2,86003	1,1415	4,62403	2,87201	1,1415	4,82131	2,90879	1,1415	4,82332	2,83393	1,1415	4,74258	2,89717	1,1415	4,9239	2,85575	1,1415	4,63633	2,90228	1,1415	4,83455
Família 8 4 cores	9,8535	2,5126	17,0831	9,79926	2,5126	17,0867	9,71402	2,5126	16,893	9,83331	2,5126	16,9385	10,003	2,5126	17,1247	9,78784	2,5126	16,9136	9,9176	2,5126	17,0794	10,0066	2,5126	17,2564
Família 8 5 cores	6,2841	1,832	10,6546	6,33509	1,832	10,4006	6,45069	1,832	10,6881	6,14854	1,832	10,3113	6,26494	1,83401	10,413	6,28696	1,832	10,7015	6,36294	1,832	10,5599	6,47181	1,832	10,7252
Família 8 6 cores	5,2136	2,098	8,3921	5,20898	2,098	8,28308	5,19739	2,098	8,40982	5,26259	2,098	8,42279	5,23901	2,098	8,39716	5,23993	2,098	8,50556	5,23636	2,098	8,29215	5,30248	2,098	8,5108
	<b>9,8535</b>	<b>2,5126</b>	<b>17,0831</b>																					
	<b>91,187</b>	<b>25,456</b>	<b>159,448</b>																					

Figura 4.199 – Cenário 13 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação				
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo
Família 2 1 cor	3,02495	0,44238	5,84948	2,99562	0,44238	5,85014	2,94414	0,44238	5,87802	3,24654	0,44238	6,49238	3,02436	0,44238	5,9701	2,98278	0,44238	5,97636	3,0701	0,44238	6,17801		
Família 2 2 cores	3,7143	0,7915	7,32761	3,83285	0,7915	7,6406	3,93471	0,86239	7,26223	3,99852	0,7915	7,8722	3,69079	0,7915	7,6133	3,72334	0,82891	7,30738	4,08532	0,7915	7,41329		
Família 2 3 cores	2,9303	1,1415	4,76825	2,89639	1,1415	4,76794	2,98638	1,1415	4,81243	2,86169	1,1415	4,82365	2,91963	1,1415	4,87474	2,96325	1,1415	4,9016	2,98337	1,1415	4,84224		
Família 2 4 cores	9,33998	2,1945	16,2958	9,42443	2,1945	16,3489	9,45394	2,1945	16,5643	9,37381	2,1945	16,3349	9,33992	2,1945	16,1294	9,37531	2,1945	16,4268	9,29619	2,1945	16,1589		
Família 2 5 cores	5,62303	1,832	9,70815	5,7228	1,832	9,83531	5,85719	1,832	10,2466	5,98433	1,832	10,2918	5,57669	1,832	9,69758	6,04611	1,832	10,5061	5,76666	1,832	10,046		
Família 2 6 cores	4,7298	2,09805	7,52884	4,8291	2,098	7,5642	4,91461	2,098	7,82484	5,01725	2,098	7,91753	4,69521	2,098	7,51832	5,06368	2,098	8,04149	4,87979	2,09805	7,76112		
Família 7 1 cor	2,81303	0,4425	5,17429	2,88912	0,4425	5,29842	3,01875	0,4425	5,68457	3,17619	0,4425	5,81598	2,76507	0,4425	5,2209	3,23968	0,4425	6,02425	2,97584	0,4425	5,60183		
Família 7 2 cores	3,58243	0,79154	6,57021	3,66922	0,7915	6,54785	3,71326	0,7915	6,72622	3,78777	0,7915	6,85558	3,55953	0,7915	6,55906	3,81877	0,7915	6,92827	3,718	0,79154	6,74787		
Família 7 3 cores	2,7949	1,14161	4,9225	2,85531	1,1415	4,79196	2,80245	1,1415	4,72841	2,7698	1,1415	4,80162	2,80453	1,1415	4,86969	2,75808	1,1415	4,73486	2,84894	1,14161	4,82472		
Família 7 4 cores	8,98243	1,83259	16,5062	9,10618	1,8325	16,3683	8,78387	1,8325	16,2187	8,9323	1,8325	16,4628	9,0631	1,8325	16,5232	9,04647	1,8325	16,2657	8,89952	1,83259	15,8636		
Família 7 5 cores	6,18521	1,83209	10,6097	6,33714	1,832	10,8693	6,16003	1,832	10,5855	6,20642	1,832	10,7079	6,07476	1,832	10,6985	6,2708	1,832	10,8407	6,37764	1,83209	10,7775		
Família 7 6 cores	5,04054	2,0981	8,55876	5,1528	2,098	8,46711	5,09002	2,098	8,4158	5,05073	2,098	8,48999	5,11167	2,098	8,56719	5,04084	2,098	8,44039	5,11374	2,0981	8,53209		
Família 8 1 cor	2,94321	0,4425	5,67588	2,96065	0,4425	5,73858	2,80501	0,4425	5,71045	2,9368	0,4425	5,79386	2,98596	0,4425	5,753	3,02405	0,4425	5,73593	2,83182	0,4425	5,33929		
Família 8 2 cores	3,78861	0,7915	6,53201	3,89276	0,7915	7,06506	3,74768	0,7915	6,78903	3,84831	0,7915	6,83999	3,64074	0,7915	6,72656	3,94272	0,7915	7,11257	3,9508	0,7915	6,8965		
Família 8 3 cores	2,85226	1,1415	4,75156	2,82813	1,1415	4,67074	2,93791	1,1415	4,80782	2,82635	1,1415	4,68829	2,89157	1,1415	4,77144	2,87197	1,1415	4,77526	2,88376	1,1415	4,71051		
Família 8 4 cores	9,80891	2,5126	17,1005	10,0338	2,5126	17,1995	9,97456	2,5126	17,2205	9,93602	2,5126	17,258	10,0513	2,5126	17,3264	9,93853	2,5126	17,2975	9,90441	2,5126	17,3461		
Família 8 5 cores	6,27446	1,832	10,2993	6,33388	1,832	10,6141	6,3351	1,832	10,5579	6,2952	1,832	10,4626	6,19568	1,832	10,4696	6,42349	1,832	10,7675	6,44316	1,832	10,5305		
Família 8 6 cores	5,20442	2,098	8,39915	5,24184	2,098	8,35207	5,3266	2,098	8,47835	5,21434	2,098	8,38193	5,30451	2,098	8,47222	5,25675	2,098	8,4685	5,2585	2,098	8,42322		

Figura 4.200 – Cenário 13 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

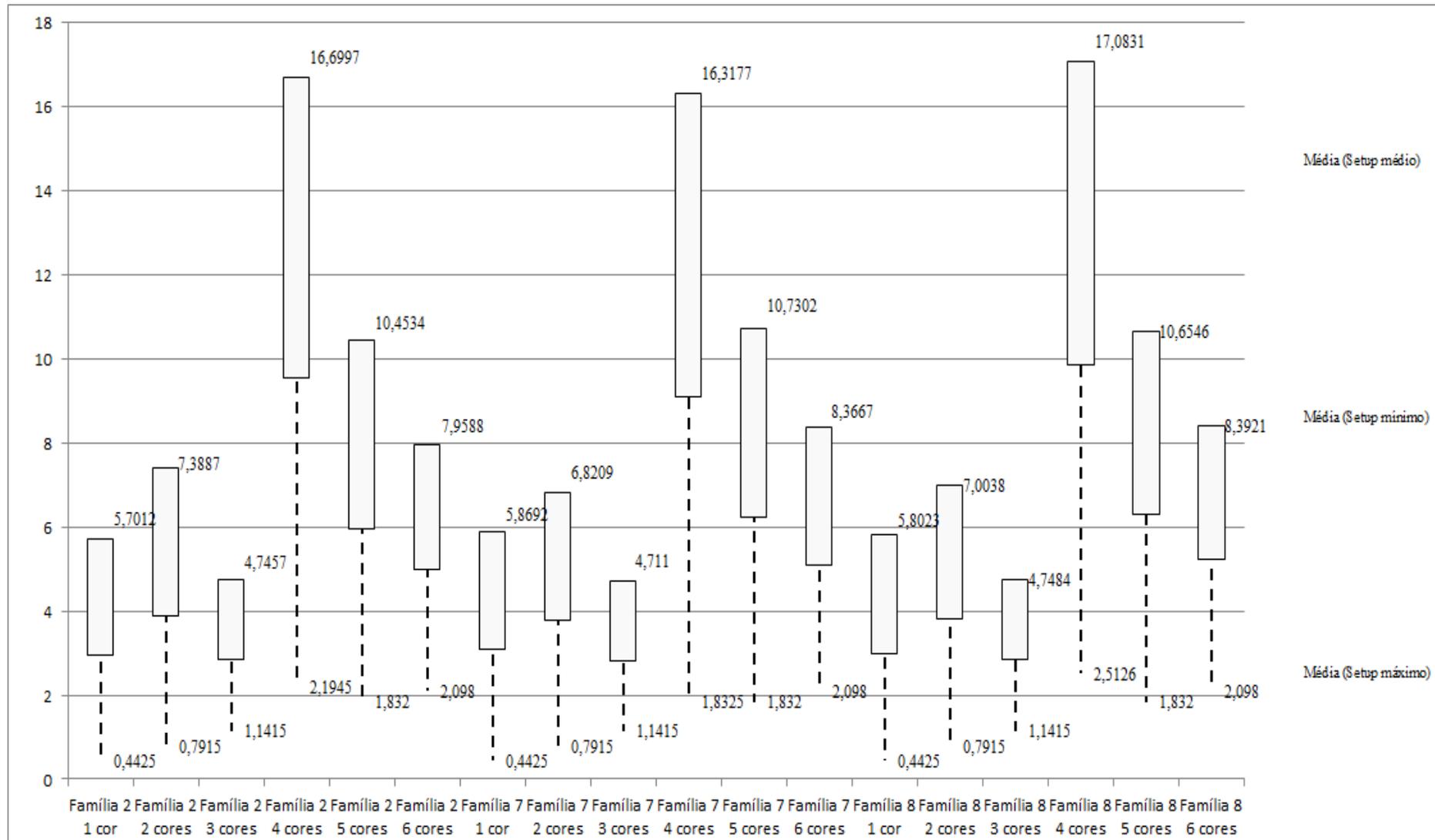


Figura 4.201 – Cenário 13 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,04	5637	4721	465,96	450,04	5637,00	4721,00	465,96	450,04	5637,00	4721,00	465,96	450,04	5637,00	4721,00	465,96	450,07	5637,00	4721,00	465,93
Família 2	Linha 2	1681,75	18601	14000	2919,25	3014,44	18601,00	12444,44	3142,12	3067,33	18601,00	12444,44	3089,23	577,56	18601,00	15555,56	2467,89	3001,24	18601,00	12444,44	3155,32
Família 3	Linha 3	0,00	23250	23211	39	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940	788	76,7659	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819	2365	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819	2365	228,2	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241	1880	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940	788	76,7659	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940	788	76,766	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,14	5637	4729	456,86	451,14	5637,00	4728,31	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4728,31	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	741,67	9300	7805	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	743,04	9300,00	7803,63	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514	2110	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,35	2481	2074	207,65	199,35	2481,00	2074,00	207,64	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64
Família 7	Linha 14	1207,82	18601	14500	2893,18	1209,38	18601,00	14500,00	2891,62	1211,64	18601,00	14500,00	2889,36	-3571,92	18601,00	19333,33	2839,59	-3659,25	18601,00	19333,33	2926,91
Família 8	Linha 15	1152,24	18601	14500	2948,76	1159,23	18601,00	14500,00	2941,77	1159,02	18601,00	14500,00	2941,98	1128,64	18601,00	14500,00	2972,36	1171,80	18601,00	14500,00	2929,20
Família 9	Linha 16	198,38	2481	2067	215,62	198,38	2481,00	2067,00	215,67	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,39	2481,00	2067,00	215,61
		7139,0022	117802	98691	11971,9978	8481,570445	117802	97134,0738	12186,35576	8535,83276	117802	97134,76516	12131,40156	1231,457093	117802	105079,893	11490,64991	3611,707071	117802	101968,0946	12222,1983
		6,06%	100,00%	83,78%	10,16%	7,20%	100,00%	82,46%	10,34%	7,25%	100,00%	82,46%	10,30%	1,05%	100,00%	89,20%	9,75%	3,07%	100,00%	86,56%	10,38%

Figura 4.202 – Cenário 13 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP												
Família 1	Linha 1	450,04	5637,00	4721,00	465,96	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,04	5637,00	4721,00	465,96
Família 2	Linha 2	1632,35	18601,00	14000,00	2968,65	1600,80	18601,00	14040,44	2959,76	573,43	18601,00	15555,56	2472,01	3056,32	18601,00	12444,44	3100,24	1630,53	18601,00	14000,00	2970,47
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	450,45	5637,00	4729,69	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	743,03	9300,00	7803,63	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65
Família 7	Linha 14	1224,14	18601,00	14500,00	2876,86	1227,68	18601,00	14500,00	2873,32	1231,09	18601,00	14500,00	2869,91	1234,37	18601,00	14500,00	2866,63	1240,12	18601,00	14500,00	2860,88
Família 8	Linha 15	1168,45	18601,00	14500,00	2932,55	1162,15	18601,00	14500,00	2938,85	1116,39	18601,00	14500,00	2984,61	1176,53	18601,00	14500,00	2924,47	1135,52	18601,00	14500,00	2965,48
Família 9	Linha 16	198,35	2481,00	2067,00	215,62	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,37	2481,00	2067,00	215,63
		7123,479415	117802	98689,63322	11988,88737	7088,497063	117802	98730,76105	11982,74188	6018,141098	117802	100246,5595	11537,29944	8563,766008	117802	97136,13581	12102,09818	7102,649206	117802	98691,69141	12007,65938
		6,05%	100,00%	83,78%	10,18%	6,02%	100,00%	83,81%	10,17%	5,11%	100,00%	85,10%	9,79%	7,27%	100,00%	82,46%	10,27%	6,03%	100,00%	83,78%	10,19%

A Figura 4.204 indica que após a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup*, a alteração do tamanho do lote como desejado permitiu a redução do estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, com aumento do volume de produção. No caso da linha 2 (Família 2) a produção no cenário 4 é de 4.000 unidades com estoque em processo de 2.333 unidades (58%), enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.042 unidades e o estoque em processo de 1.209 unidades (7,09%), no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo 4.336 unidades (30,11%) em função do aumento do lote de 500 unidades para 1200 unidades, com exceção dos produtos com 4 cores (demanda equivalente a 22% da família de produtos com impressão).

No cenário 13 a produção foi de 14.000 unidades e o estoque em processo de 2.970 unidades (21,21%). Nesse caso a redução do estoque em processo de 30,11% para 21,21% é função da redução do tamanho do lote.

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades, e no cenário 12 a produção foi de 19.200 unidades e o estoque em processo de 4.143 unidades e no cenário 13 a produção foi de 14.500 unidades e o estoque em processo de 2.873 unidades, ou seja, redução do estoque de segurança em função da redução do tamanho do lote. No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades e no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo de 4.216 unidades, no cenário 13 a produção foi de 14.500 unidades e o estoque em processo de 2.848 unidades.

Figura 4.203 – Cenário 13 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,04	5637,00	4721,00	465,96	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,07	5637,00	4721,00	465,93	450,07	5637,00	4721,00	465,93
Família 2	Linha 2	3016,63	18601,00	12444,44	3139,93	1633,39	18601,00	14000,00	2967,61	1638,81	18601,00	14000,00	2962,19	3037,06	18601,00	12444,44	3119,49	3038,05	18601,00	12444,44	3118,50
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,14	5637,00	4729,00	456,86	450,45	5637,00	4729,69	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86	451,14	5637,00	4729,00	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	741,67	9300,00	7805,00	753,33	741,67	9300,00	7805,00	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64
Família 7	Linha 14	-3585,60	18601,00	19333,33	2853,27	1230,04	18601,00	14500,00	2870,96	1254,98	18601,00	14500,00	2846,02	1189,52	18601,00	14500,00	2911,48	-3606,97	18601,00	19333,33	2874,63
Família 8	Linha 15	1141,61	18601,00	14500,00	2959,39	1152,18	18601,00	14500,00	2948,82	1122,38	18601,00	14500,00	2978,62	1115,72	18601,00	14500,00	2985,28	1159,28	18601,00	14500,00	2941,72
Família 9	Linha 16	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,34	2481,00	2067,00	215,66
		3669,809621	117802	101968,7778	12163,4126	7112,106983	117802	98691,68725	11998,20576	7113,371007	117802	98691,00391	11997,62508	8439,507171	117802	97135,44855	12227,04428	3688,22822	117802	101968,0944	12145,67739
		3,12%	100,00%	86,56%	10,33%	6,04%	100,00%	83,78%	10,19%	6,04%	100,00%	83,78%	10,18%	7,16%	100,00%	82,46%	10,38%	3,13%	100,00%	86,56%	10,31%

Há de acordo com a Figura 4.204, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira, da segunda e da terceira alteração do *setup*, somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível.

Outro fator importante a ser considerado é o tamanho do lote o qual permite um aumento do volume de produtos em unidades produzidos com redução do estoque em processos. No caso do cenário 13 a redução do tamanho do lote diminuiu o estoque em processo.

Figura 4.204 – Cenário 13 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

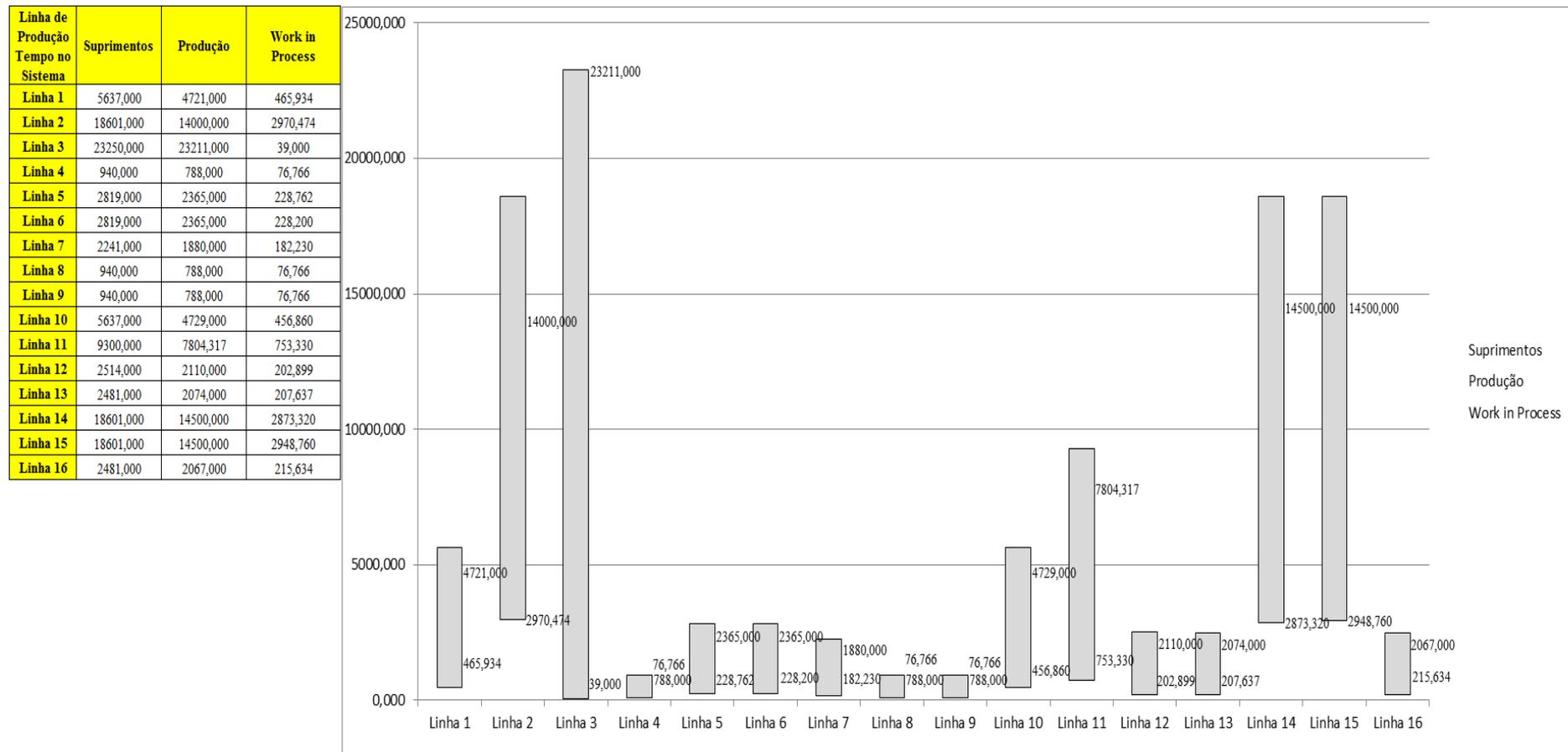
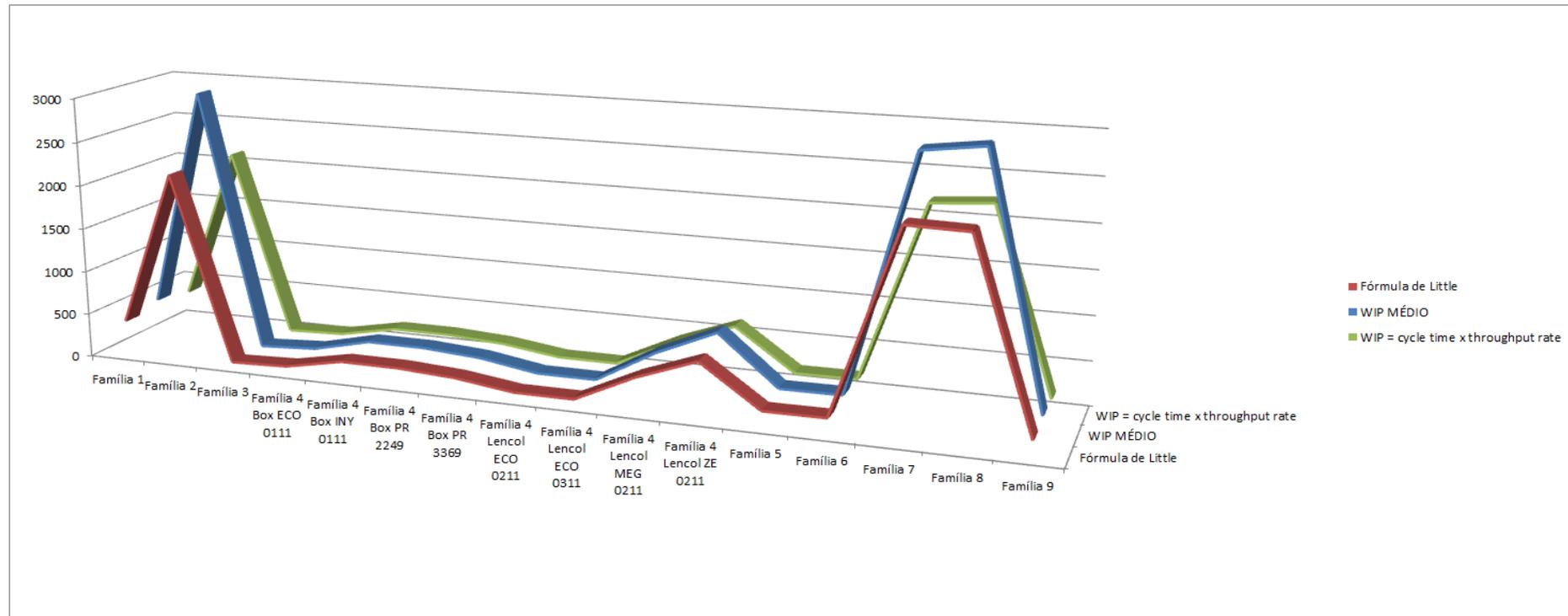


Figura 4.205 – Cenário 13 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

A Figura 4.206 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão reduziu, demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo. Contudo, o tamanho do lote contribuiu para um fluxo de produção apto a manter um maior número de unidades produzidas sem onerar o estoque em processo caso o tamanho do lote seja reduzido, como no cenário 12 houve um aumento do tamanho do lote o tempo de espera foi aumentado, em torno de quatro vezes, de aproximadamente 2 horas para 8 horas e houve aumento do estoque em processo, já no cenário 13 com a redução do tamanho do lote o tempo de espera reduziu em torno de 50% com relação ao cenário 12 e o estoque em processo também reduziu.

Figura 4.206 – Cenário 13 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,46085	2,4611
Família 2	Linha 2	4,6169	4,82756	4,75805	4,45609	4,82225	4,59606	4,62652	4,4893	4,77217	4,59553	4,84989	4,6261	4,56083	4,78744	4,8426	4,626519
Família 3	Linha 3	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,00316	0,003165
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4541	2,42067	2,3716	2,32396	2,41599	2,4317	2,39025	2,28806	2,42338	2,4434	2,33747	2,32486	2,36892	2,36217	2,30999	2,371597
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4539	2,4912	2,44888	2,45892	2,48042	2,44171	2,49163	2,47738	2,43731	2,45674	2,46726	2,43759	2,45596	2,4481	2,44592	2,455964
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4528	3,11702	2,47967	2,45781	2,51104	2,46664	2,5255	2,47685	2,49917	2,50245	2,5275	2,46953	2,49651	2,49304	2,47751	2,493041
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4538	2,42888	2,45901	2,44377	2,44318	2,48765	2,47143	2,44647	2,41756	2,41717	2,43382	2,44209	2,4746	2,47033	2,46912	2,446474
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4542	2,49108	2,60232	2,51645	2,49713	2,53239	2,48858	2,48745	2,50586	2,59243	2,52666	2,46909	2,52476	2,57856	2,50392	2,505859
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4542	2,38891	2,51245	2,37625	2,48356	2,47026	2,45461	2,50574	2,44722	2,46864	2,36081	2,36614	2,43312	2,3812	2,35875	2,44722
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4537	2,47249	2,48027	2,478	2,48797	2,4748	2,47598	2,48251	2,48499	2,49626	2,48534	2,47912	2,48525	2,48079	2,47559	2,480265
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,4543	2,45805	2,45704	2,45322	2,45725	2,45891	2,45703	2,45389	2,45371	2,4617	2,46535	2,44973	2,45825	2,45808	2,45415	2,45704
Família 5	Linha 12	2,4544	2,0425	1,82751	2,872	2,82005	3,3949	1,77607	1,74044	1,85641	2,05103	3,32026	1,92637	2,73402	2,74437	1,99141	2,051031
Família 6	Linha 13	2,4626	2,33881	2,28944	2,83297	2,45521	2,51844	1,88793	2,32328	2,97341	2,71064	2,48134	2,63393	2,52195	2,28247	2,30659	2,4626
Família 7	Linha 14	4,5673	4,52872	4,53473	5,1514	5,49105	4,58159	4,41872	4,49191	4,38782	4,4914	5,27355	4,5693	4,37018	4,59368	5,33912	4,5673
Família 8	Linha 15	4,693	4,70649	4,67878	4,6819	4,68502	4,66824	4,7044	4,76286	4,67192	4,74027	4,70375	4,7028	4,73584	4,75241	4,70323	4,703234
Família 9	Linha 16	2,4733	3,03569	2,85603	2,54699	2,34429	2,33599	2,34921	2,3394	2,55841	2,73314	2,13674	2,60314	2,53306	2,65953	2,14216	2,533063
		4,693	4,82756	4,75805	5,1514	5,49105	4,66824	4,7044	4,76286	4,77217	4,74027	5,27355	4,7028	4,73584	4,78744	5,33912	
		1,70825	1,37462	1,54244	0,72012	0,25903	1,77359	1,67857	1,53051	1,50756	1,58693	0,52773	1,68273	1,59809	1,4703	0,43676	1,29315

Figura 4.207 – Cenário 13 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

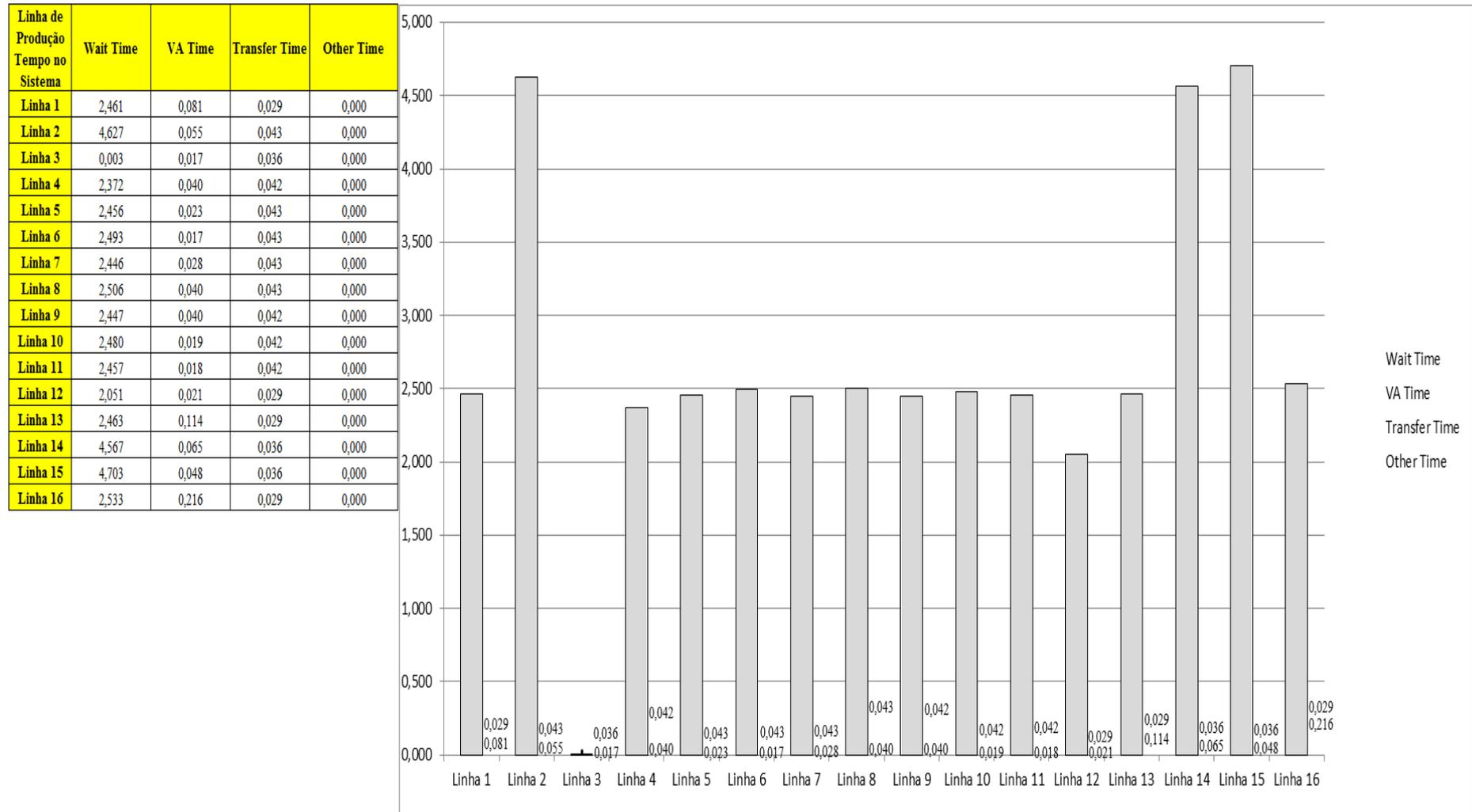


Figura 4.208 – Cenário 13 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

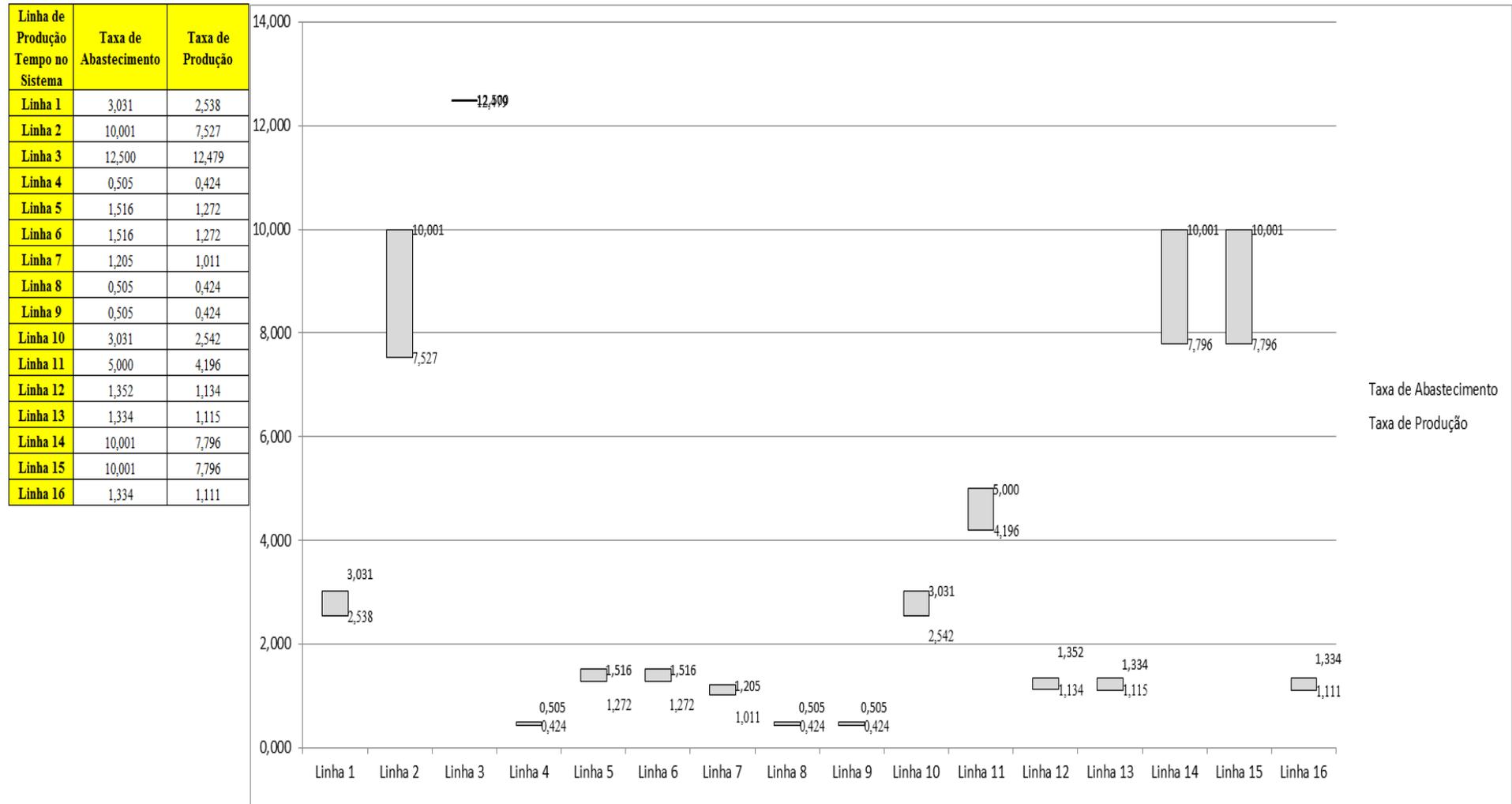


Figura 4.209 – Cenário 13 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

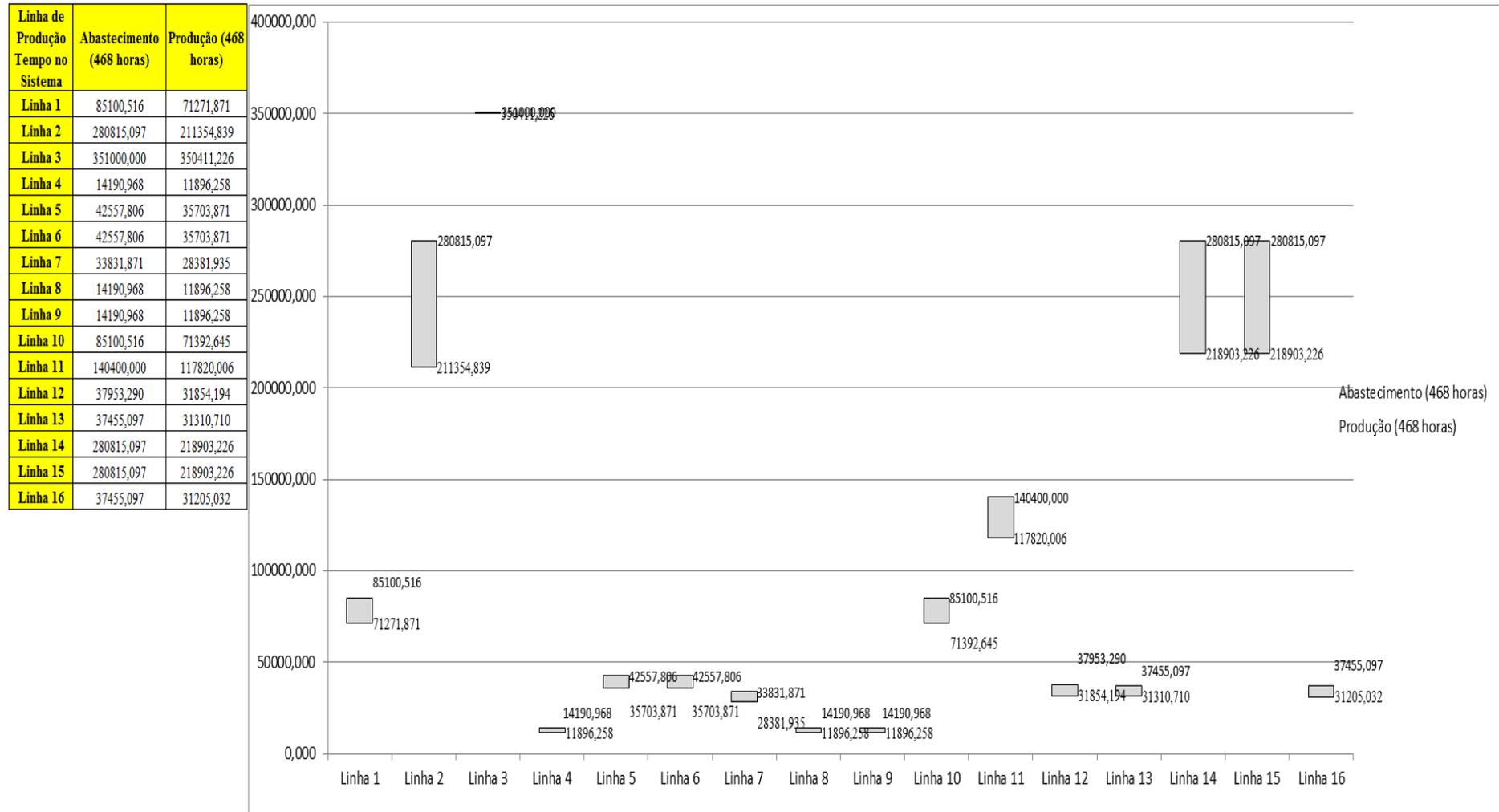


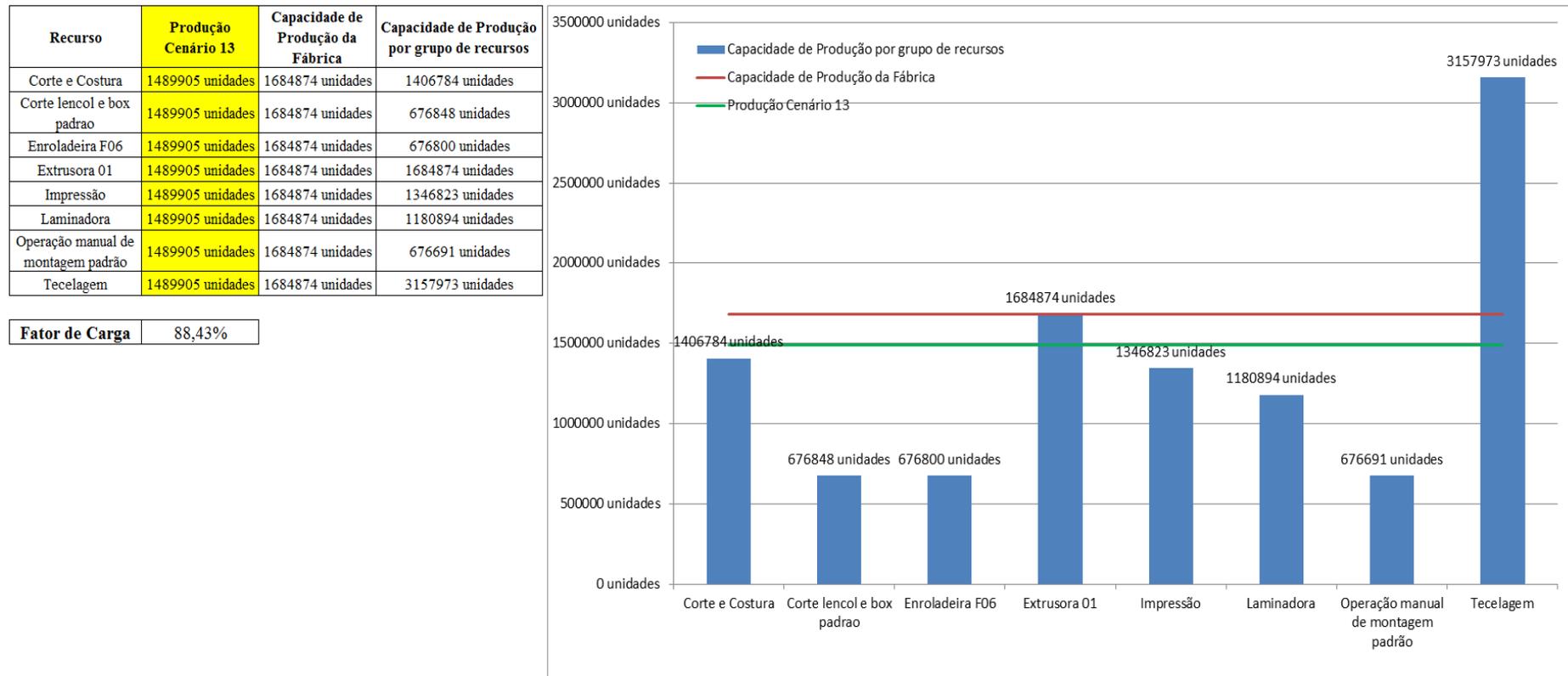
Figura 4.210 – Cenário 13 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	24,61007%	24,25000%	23,80017%	23,97633%	26,09022%	24,62434%	24,74702%	24,51424%	25,55546%
Corte e Costura Supra	1	30,27418%	30,44000%	29,64051%	29,64051%	31,62444%	30,35117%	30,29195%	30,38078%	30,97300%
Corte e Costura Taubate	1	34,96923%	35,30000%	34,54086%	34,40530%	36,24892%	35,02888%	34,97465%	35,27289%	35,38134%
Corte e Costura Vitra	1	39,16902%	39,79000%	38,85347%	38,54973%	40,32155%	39,20783%	39,00534%	39,61282%	39,56219%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	88,37746%	88,43000%	87,62084%	87,62246%	90,04177%	88,42838%	88,42676%	88,45065%	89,23589%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	19,35228%	19,40000%	18,51842%	18,51842%	21,16315%	19,40000%	19,40000%	19,56311%	20,28158%
Impressora PADANE	1	19,39158%	19,44000%	18,55588%	18,55588%	21,20823%	19,44000%	19,44000%	19,60309%	20,32412%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,89680%	18,88000%	18,93104%	18,84314%	18,91403%	18,90836%	18,88851%	18,87716%	18,88284%
Tear 02	1	33,26271%	33,18000%	33,41082%	33,43967%	33,35311%	33,20885%	33,26656%	33,23770%	33,26656%
Tear 03	1	43,09595%	43,27000%	42,80473%	42,98567%	42,95982%	43,14076%	43,08906%	43,16661%	43,11491%
Tear 04	1	6,72230%	6,73300%	6,74662%	6,71416%	6,70629%	6,71121%	6,69547%	6,74367%	6,70137%
Tear 05	1	12,97888%	13,02000%	12,98695%	12,93188%	13,03102%	12,98695%	13,06406%	12,88782%	12,96492%
Tear 06	1	18,47673%	18,55000%	18,43899%	18,40569%	18,48339%	18,41679%	18,57220%	18,55000%	18,37238%
Tear 07	1	23,11252%	23,25000%	23,16130%	23,16130%	23,13913%	23,16130%	23,10587%	23,02825%	23,10587%
Tear 08	1	27,46110%	27,50000%	27,39902%	27,60098%	27,56732%	27,41024%	27,42146%	27,43268%	27,54488%
Tear 09	1	31,39681%	31,25000%	31,34081%	31,43162%	31,22730%	31,32946%	31,29541%	31,57919%	31,79486%
Tear 10	1	34,62353%	34,50000%	34,79555%	34,55684%	34,54547%	34,73871%	34,69325%	34,68188%	34,56820%
Tear 11	1	37,49041%	37,19000%	37,50942%	37,57787%	37,52083%	37,61210%	37,29267%	37,41816%	37,25845%
Tear 12	1	40,02316%	39,83000%	39,71548%	40,12775%	39,99033%	40,05904%	39,96742%	40,01323%	40,17356%

Figura 4.211 – Cenário 13 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	24,61007%	23,71209%	24,87284%	24,70612%	24,69983%	24,81622%	24,22169%	24,56457%
Corte e Costura Supra	1	30,27418%	29,72934%	30,32156%	30,29195%	30,35117%	30,20311%	29,55167%	30,32156%
Corte e Costura Taubate	1	34,96923%	34,54086%	34,81198%	35,02888%	34,89332%	34,89332%	34,16129%	35,05599%
Corte e Costura Vitra	1	39,16902%	38,95471%	38,77753%	39,03065%	39,13190%	39,05596%	38,29661%	39,38501%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	88,37746%	87,62570%	88,43158%	88,43000%	88,43158%	88,43000%	87,62415%	88,43219%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	19,35228%	18,51842%	19,40000%	19,40000%	19,40000%	19,40000%	18,52107%	19,40000%
Impressora PADANE	1	19,39158%	18,55588%	19,44000%	19,44000%	19,44000%	19,44000%	18,55059%	19,44000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,89680%	18,89134%	18,94522%	18,96223%	18,89418%	18,87394%	18,88851%	18,87149%
Tear 02	1	33,26271%	33,29541%	33,18000%	33,09344%	33,23770%	33,23770%	33,26656%	33,26656%
Tear 03	1	43,09595%	43,06321%	43,08906%	43,16661%	43,11491%	43,19246%	43,11491%	43,16661%
Tear 04	1	6,72230%	6,76236%	6,67678%	6,74662%	6,74662%	6,71613%	6,68563%	6,74858%
Tear 05	1	12,97888%	13,02000%	12,97594%	12,94289%	12,94289%	12,95391%	12,93188%	13,04203%
Tear 06	1	18,47673%	18,42789%	18,42789%	18,52780%	18,55000%	18,40569%	18,52780%	18,49449%
Tear 07	1	23,11252%	23,07260%	23,02825%	23,25000%	22,97282%	23,10587%	23,17239%	22,97282%
Tear 08	1	27,46110%	27,34292%	27,44390%	27,41024%	27,43268%	27,71318%	27,37658%	27,32048%
Tear 09	1	31,39681%	31,39757%	31,42027%	31,13649%	31,40892%	31,44297%	31,42027%	31,47703%
Tear 10	1	34,62353%	34,48863%	34,98880%	34,70461%	34,62504%	34,48863%	34,60231%	34,37496%
Tear 11	1	37,49041%	37,30408%	37,81744%	37,39534%	37,44098%	37,49802%	37,84025%	37,68054%
Tear 12	1	40,02316%	40,28808%	39,95597%	39,99033%	40,12775%	40,04759%	40,05904%	40,00178%

Figura 4.212 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

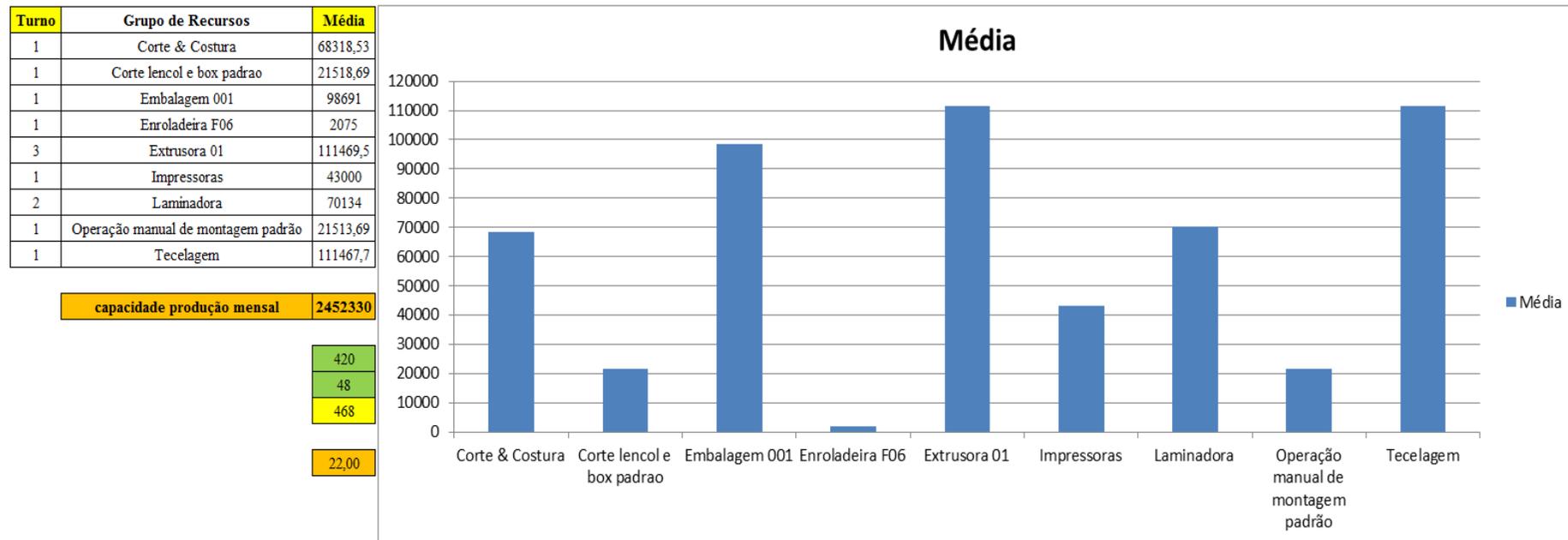


De acordo com a Figura 4.212 com a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 96,53% (cenário 11) a partir das alterações realizadas, o que é significativo. Com o aumento do tamanho do lote no cenário 12 o fator de carga foi reduzido para 88,61% e aumentou para 88,43% no cenário 13 com a alteração do tamanho do lote de 1.200 unidades para 500 unidades com exceção dos produtos com 4 cores. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e consequentemente uma programação da produção mais efetiva.

Contudo, o fator de carga do cenário 11 foi de 96,53%, maior do que 91,15% do cenário 7 e o fator de carga do cenário 12 88,61%, ou seja, menor o que indica a necessidade de se avaliar o tamanho do lote no processo de impressão e fator de carga do cenário 13 foi de 88,43% o que demonstra como esperado que o tamanho do lote interfere no resultado da impressão mais diretamente do que no resultado da fábrica toda.

O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 13 com um aumento a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, de 1.285.537 no cenário 12 e 1.346.823 no cenário 13, com aumento de (+) 4,77% com a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 1.200 unidades para 500. É possível concluir que a redução do tamanho do lote diminuiu significativamente o tempo de espera, além do fato de que com bobinas menores a produção na impressão quanto ao desempenho do sistema de produção quanto ao volume produzido foi maior.

Figura 4.213 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.214 a produção do cenário 13 é de 1.489.905 o que corresponde a 83,776% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229, com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2, com a 1ª alteração do *setup* corresponde a 90,11%. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado no chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo. Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.214 – Cenário 13 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	450,066	465,9344	5637	4721	1	2,4611	2,5710	0,0812	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71271,871	4,78%	
2	1630,526	2970,474	18601	14000	2	4,62652	4,7237	0,0547	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,133 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,527 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	211354,839	14,19%	
3	0,000	39,00005	23250	23211	3	0,00316	0,0557	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,479 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350411,226	23,52%	
4	75,234	76,7659	940	788	4	2,3716	2,4543	0,0403	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
5	225,238	228,7622	2819	2365	5	2,45596	2,5220	0,0235	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,40%	
6	225,800	228,2	2819	2365	6	2,49304	2,5528	0,0172	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,40%	
7	178,770	182,23	2241	1880	7	2,44647	2,5168	0,0278	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,90%	
8	75,234	76,7659	940	788	8	2,50586	2,5885	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
9	75,234	76,766	940	788	9	2,44722	2,5299	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,80%	
10	451,140	456,86	5637	4729	10	2,48027	2,5421	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,542 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71392,645	4,79%	
11	742,353	753,33	9300	7804,3	11	2,45704	2,5172	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,196 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117820,006	7,91%	
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05103	2,1006	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	2,14%	
13	199,363	207,6372	2481	2074	13	2,4626	2,6054	0,1142	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,897 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,115 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31310,710	2,10%	
14	1227,680	2873,32	18601	14500	14	4,5673	4,6679	0,0650	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,128 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,796 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	218903,226	14,69%	
15	1152,240	2948,76	18601	14500	15	4,70323	4,7865	0,0477	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,128 minutos	10,001 (unid./minuto)	7,796 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	218903,226	14,69%	
16	198,366	215,6342	2481	2067	16	2,53306	2,7771	0,2155	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31205,032	2,09%	
	7108,345	12003,34	117802	98690		43,0655	44,5116	0,8425	0,6036	0,00			63,334 (unid./minuto)	53,059 (unid./minuto)	1778430,194		1489905,425		
	6,03%	10,19%	100,00%	83,78%		96,75%	100,00%	1,89%	1,36%	0,00%							83,776%		

Figura 4.215 – Cenário 14 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 1	Linha 1	2,571	0,1085	5,0442	2,571	0,1085	5,04495	2,57103	0,10851	5,0447	2,571	0,1085	5,04451	2,5709	0,1085	5,04457	2,57097	0,10851	5,04439	2,57097	0,10849	5,04457	2,5709	0,10849	5,0442
Familia 2	Linha 2	3,1676	0,5181	9,1545	3,31091	0,51563	8,89089	3,26366	0,51524	8,83093	3,05814	0,51615	9,15453	3,3073	0,51593	8,91381	3,15339	0,51541	8,99827	3,17415	0,51606	9,22063	3,08074	0,5139	9,29779
Familia 3	Linha 3	0,05538	0,04793	0,1829	0,05538	0,04794	0,1829	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,18292	0,05538	0,04793	0,18291	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,18292
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,5369	0,07973	5,0045	2,53687	0,07972	5,00444	2,5369	0,07972	5,00456	2,5369	0,07972	5,00413	2,5369	0,07971	5,00524	2,5369	0,07972	5,00431	2,5369	0,07972	5,00431	2,5369	0,07971	5,00549
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,9925	2,51993	0,06296	4,9925	2,5199	0,06296	4,99231	2,5199	0,06296	4,99213	2,5199	0,06296	4,99219	2,5199	0,06297	4,99244	2,51993	0,06297	4,99188	2,51993	0,06297	4,99244
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5135	0,05765	4,9899	2,51347	0,05765	4,99015	2,5135	0,05764	4,98978	2,5135	0,05765	4,98965	2,5135	0,05765	4,99039	2,5135	0,05764	4,9899	2,5135	0,05765	4,98959	2,5135	0,05764	4,98947
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5241	0,06905	4,9933	2,5241	0,06905	4,99311	2,5241	0,06905	4,99336	2,5241	0,06905	4,99367	2,5241	0,06905	4,99318	2,5241	0,06905	4,99311	2,5241	0,06905	4,9933	2,52407	0,06905	4,99342
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5369	0,08212	5,0057	2,5369	0,08212	5,00496	2,5369	0,08212	5,00539	2,5369	0,08212	5,00508	2,53693	0,08212	5,00576	2,53687	0,08211	5,00545	2,5369	0,08212	5,00527	2,53687	0,08211	5,00483
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5368	0,08105	5,0086	2,5368	0,08104	5,00866	2,53677	0,08105	5,00891	2,5368	0,08104	5,0091	2,5368	0,08104	5,00903	2,5368	0,08105	5,0094	2,53677	0,08103	5,00916	2,53683	0,08105	5,0094
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,1419	0,05922	4,9896	2,1419	0,05923	4,98948	2,1419	0,05922	4,98997	2,1419	0,05922	4,98954	2,1419	0,05922	4,98917	2,1419	0,05922	4,9896	2,1419	0,05922	4,98941	2,1419	0,05922	4,99003
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,9877	2,5142	0,05684	4,98789	2,5142	0,05684	4,98857	2,5142	0,05684	4,9877	2,5142	0,05684	4,98751	2,5142	0,05684	4,98795	2,5142	0,05684	4,98776	2,5142	0,05684	4,98869
Familia 5	Linha 12	2,504	0,04764	4,9771	2,50394	0,04764	4,97672	2,50397	0,04764	4,97669	2,50397	0,04764	4,97728	2,50403	0,04765	4,97678	2,50407	0,04764	4,97786	2,50394	0,04764	4,97684	2,50399	0,04764	4,97698
Familia 6	Linha 13	2,6071	0,1447	5,0726	2,60699	0,1447	5,07278	2,60699	0,1447	5,07304	2,6071	0,1447	5,07298	2,60701	0,14471	5,07295	2,60704	0,1447	5,0729	2,60707	0,14469	5,07313	2,60701	0,1447	5,07278
Familia 7	Linha 14	3,135	0,523	9,2003	3,10879	0,52309	8,53621	3,1129	0,5248	8,46594	3,53185	0,52326	12,5319	3,7626	0,52405	12,6656	3,14467	0,5237	9,01277	3,03406	0,52269	8,65139	3,08382	0,52467	9,17234
Familia 8	Linha 15	3,1242	0,5051	9,3454	3,13308	0,50441	9,34785	3,1148	0,5051	9,24182	3,11684	0,50557	9,2664	3,1189	0,50501	9,36801	3,10782	0,50639	9,25336	3,1317	0,50476	9,34329	3,17035	0,50536	9,43959
Familia 9	Linha 16	2,7168	0,2478	5,175	2,71745	0,24777	5,17475	2,71724	0,24778	5,17508	2,71697	0,24782	5,17665	2,71658	0,2477	5,17723	2,71719	0,2478	5,17698	2,71719	0,24777	5,17607	2,71671	0,24775	5,17459
		<b>3,1676</b>	<b>0,523</b>	<b>9,3454</b>																					

Figura 4.216 – Cenário 14 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Familia 1	Linha 1	2,57094	0,10849	5,044573	2,57103	0,1085	5,04439	2,571	0,10849	5,04519	2,57097	0,10849	5,04557	2,57094	0,1085	5,04451	2,5709	0,10849	5,04495	2,57097	0,10848	5,04482
Familia 2	Linha 2	3,27325	0,51645	8,93334	3,15305	0,51554	8,96325	3,32613	0,5152	9,07972	3,17386	0,51559	9,08834	3,12944	0,5171	8,84155	3,28364	0,51628	9,00358	3,32117	0,5171	8,85872
Familia 3	Linha 3	0,05538	0,04794	0,182943	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,1829	0,05538	0,04794	0,18291	0,05538	0,04794	0,18292	0,05538	0,04794	0,18292
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53687	0,07973	5,004253	2,5369	0,07972	5,00431	2,53687	0,07972	5,00419	2,53687	0,07973	5,00518	2,53687	0,07972	5,00462	2,5369	0,07973	5,00462	2,53684	0,07972	5,00561
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,992005	2,51993	0,06297	4,99207	2,5199	0,06297	4,99201	2,5199	0,06297	4,99188	2,5199	0,06295	4,99201	2,51993	0,06297	4,99213	2,5199	0,06296	4,99201
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5135	0,05764	4,989776	2,5135	0,05765	4,98959	2,51347	0,05764	4,99058	2,5135	0,05764	4,99002	2,5135	0,05764	4,98959	2,5135	0,05764	4,98953	2,51347	0,05765	4,98959
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5241	0,06904	4,993238	2,52407	0,06905	4,99336	2,52407	0,06905	4,9933	2,5241	0,06905	4,99367	2,5241	0,06905	4,99336	2,52407	0,06905	4,99336	2,52407	0,06905	4,99349
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5369	0,08212	5,005081	2,5369	0,08212	5,00496	2,53687	0,08212	5,00483	2,5369	0,08213	5,00558	2,5369	0,08212	5,00514	2,5369	0,08213	5,00607	2,53693	0,08213	5,00514
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5368	0,08105	5,008538	2,5368	0,08103	5,00872	2,53677	0,08103	5,00885	2,5368	0,08105	5,00872	2,53677	0,08105	5,00965	2,5368	0,08104	5,00848	2,53677	0,08105	5,00953
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,1419	0,05922	4,989538	2,1419	0,05922	4,98954	2,1419	0,05922	4,98935	2,1419	0,05922	4,9904	2,1419	0,05922	4,98948	2,1419	0,05922	4,98911	2,1419	0,05922	4,98991
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5142	0,05684	4,988194	2,5142	0,05683	4,98832	2,5142	0,05684	4,9877	2,5142	0,05684	4,98789	2,5142	0,05683	4,98813	2,5142	0,05684	4,98751	2,5142	0,05683	4,9877
Familia 5	Linha 12	2,50396	0,04764	4,976867	2,50399	0,04764	4,97698	2,50403	0,04764	4,97695	2,50397	0,04764	4,97666	2,50406	0,04764	4,97704	2,504	0,04764	4,97768	2,50399	0,04764	4,9769
Familia 6	Linha 13	2,60705	0,14468	5,072748	2,60715	0,14469	5,07369	2,60704	0,1447	5,07343	2,60713	0,14469	5,07352	2,60699	0,1447	5,07313	2,60712	0,1447	5,07316	2,60696	0,1447	5,07298
Familia 7	Linha 14	3,01313	0,52335	8,114615	3,08344	0,52638	8,31066	3,61484	0,52388	12,4996	3,13642	0,52405	9,1173	3,00108	0,52405	8,18923	3,15296	0,523	9,4445	3,65941	0,52318	12,7861
Familia 8	Linha 15	3,11025	0,50476	9,353805	3,15539	0,50527	9,40948	3,1313	0,50471	9,41954	3,13065	0,50476	9,43978	3,15247	0,50519	9,47781	3,16344	0,50609	9,46187	3,13093	0,50557	9,48848
Familia 9	Linha 16	2,71676	0,2478	5,178222	2,71697	0,2478	5,17954	2,71719	0,24773	5,17599	2,71728	0,24785	5,17657	2,71697	0,24777	5,17525	2,7168	0,24782	5,17376	2,71741	0,24788	5,17616

Figura 4.217 – Cenário 14 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

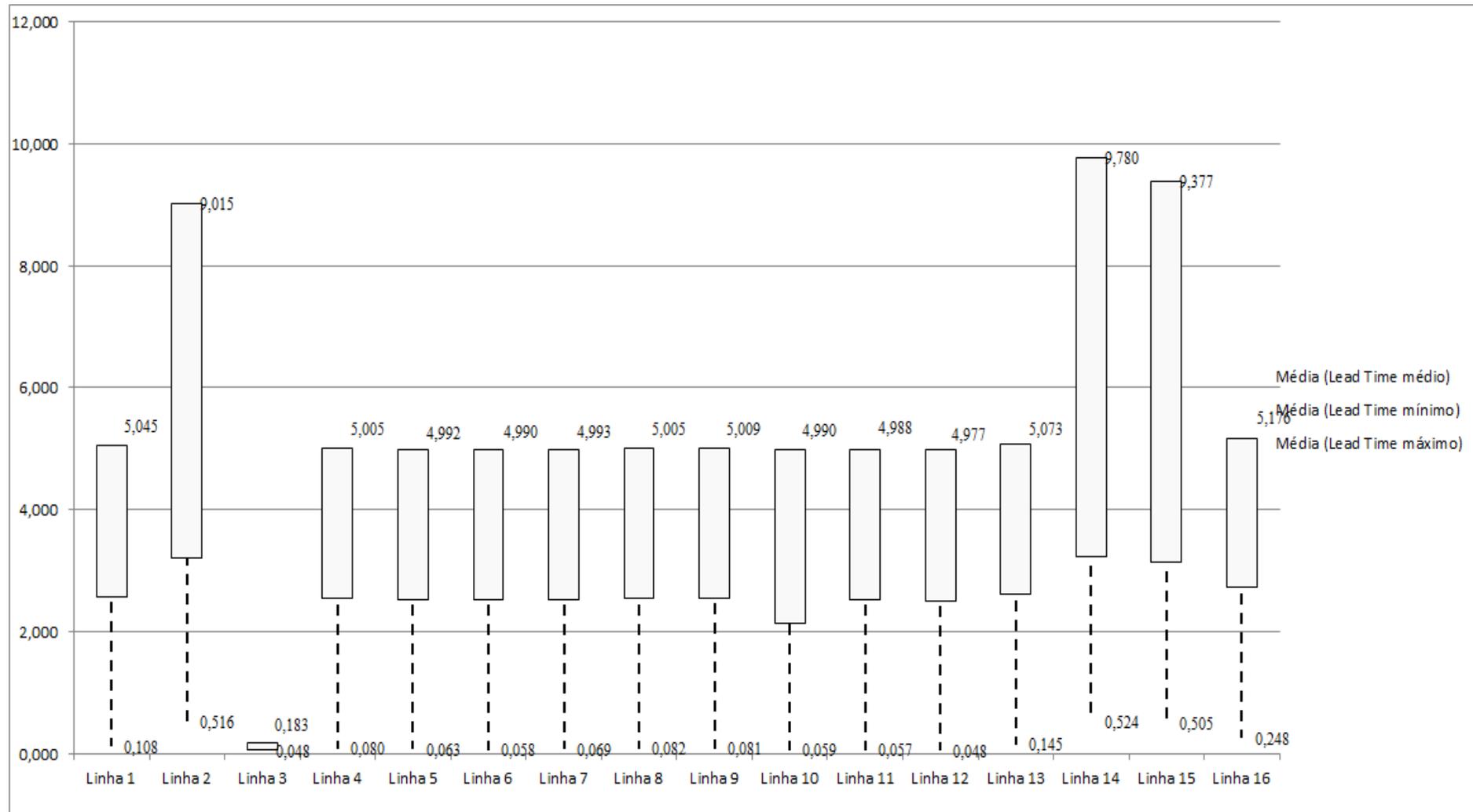


Figura 4.218 – Cenário 14 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	1,9155	0,424	4,0793	1,85297	0,424	4,07886	1,94281	0,42388	4,24987	1,93259	0,42388	4,17738	2,10183	0,42388	4,54011	2,07529	0,42388	4,35938	2,11971	0,42388	4,14859	1,89372	0,424	4,29579
Família 2 2 cores	2,7539	0,7732	3,1112	2,75602	0,7732	3,22309	2,7532	0,7732	3,1192	2,61875	0,7732	3,02434	2,76178	0,7732	3,2221	2,65646	0,7732	3,11149	2,7919	0,7732	3,16059	2,67199	0,79626	3,06898
Família 2 3 cores	4,8034	1,1232	4,702	5,04758	1,1232	5,03462	4,93713	1,1232	4,77431	4,89334	1,1232	4,80331	4,95937	1,1232	4,80935	4,88962	1,1232	4,77704	4,81372	1,1232	4,57184	4,80385	1,1232	4,72242
Família 2 4 cores	5,1836	1,4732	8,4801	5,12799	1,48652	8,23651	5,00634	1,4732	8,17972	5,14455	1,4732	8,48115	5,0492	1,4732	8,25676	5,09398	1,4732	8,33584	5,17716	1,49252	8,54222	5,25513	1,4732	8,61335
Família 2 5 cores	5,4665	1,832	8,9887	5,29304	1,84028	8,53409	5,29056	1,832	8,46914	5,35181	1,832	8,69731	5,61471	1,832	8,91825	5,50024	1,832	8,82014	5,29903	1,84401	8,75249	5,5778	1,832	9,04535
Família 2 6 cores	2,1657	2,098	8,9725	2,1131	2,10274	8,65516	2,1184	2,098	8,66126	2,11513	2,098	8,72826	2,24977	2,098	9,04818	2,18121	2,098	8,85373	2,09165	2,10488	8,78275	2,17879	2,098	8,93778
Família 7 1 cor	1,85	0,4242	4,0263	1,75244	0,4242	3,73469	1,79418	0,4242	3,70346	1,78631	0,4242	3,76475	1,99828	0,4242	4,06923	1,90482	0,4242	3,94378	1,73895	0,4242	3,78519	1,8998	0,4242	4,01379
Família 7 2 cores	2,7822	0,7731	3,2122	2,73534	0,7731	3,14744	2,75021	0,7731	3,17502	2,71064	0,7731	3,14145	2,92277	0,7731	3,29156	2,80487	0,7731	3,1874	2,67719	0,7731	3,16075	2,75918	0,7731	3,16709
Família 7 3 cores	4,7482	1,1232	4,6464	4,83865	1,1232	4,79558	4,78229	1,1232	4,91141	4,66742	1,1232	4,74355	4,84743	1,1232	4,82645	4,68489	1,1232	4,66987	4,6748	1,1232	4,7758	4,54179	1,1232	4,53035
Família 7 4 cores	5,1438	1,4732	8,0606	5,255	1,4732	8,15649	5,12451	1,4734	8,34598	5,13294	1,4732	8,18179	5,04898	1,4732	8,24573	5,05423	1,4732	7,9374	5,03333	1,4732	8,11267	5,00015	1,4732	7,82702
Família 7 5 cores	5,4528	1,832	8,7544	5,53881	1,832	8,80091	5,59529	1,832	8,96436	5,23196	1,832	8,94979	5,50796	1,83401	8,7309	5,37322	1,832	8,65331	5,47299	1,832	8,90182	5,44655	1,832	8,62367
Família 7 6 cores	2,0765	2,098	9,0849	2,09056	2,098	9,23169	2,06926	2,098	9,29342	2,05671	2,098	9,14144	2,11395	2,098	9,27197	2,05574	2,098	9,06279	2,0672	2,098	9,21041	2,0475	2,098	9,01754
Família 8 1 cor	1,8792	0,4241	3,8856	1,92465	0,4241	3,8533	1,85161	0,42422	3,93912	1,90323	0,4241	3,9212	1,77065	0,4241	3,91352	1,83881	0,4241	3,74719	1,82753	0,4241	3,82759	1,85593	0,4241	3,75746
Família 8 2 cores	2,8006	0,7732	3,0781	2,8356	0,7732	3,01198	2,92686	0,7732	3,05018	2,6214	0,7732	2,83118	2,79873	0,7749	2,9423	2,7562	0,7732	2,99146	2,86463	0,7732	3,09605	2,91593	0,7732	3,06305
Família 8 3 cores	4,8043	1,1232	4,6182	4,82223	1,1232	4,49724	4,84243	1,1232	4,68911	4,90444	1,1232	4,69106	4,77821	1,1232	4,61254	4,88484	1,1232	4,78889	4,815	1,1232	4,50921	4,89347	1,1232	4,70199
Família 8 4 cores	5,229	1,4732	8,6098	5,20021	1,4732	8,61161	5,15498	1,4732	8,51397	5,21829	1,4732	8,53694	5,30836	1,4732	8,63074	5,19415	1,4732	8,52439	5,26302	1,4732	8,60792	5,31023	1,4732	8,69716
Família 8 5 cores	5,4909	1,832	9,2163	5,53546	1,832	8,99662	5,63646	1,832	9,24526	5,37245	1,832	8,91934	5,47416	1,83401	9,00734	5,4934	1,832	9,25691	5,55979	1,832	9,13441	5,65491	1,832	9,27737
Família 8 6 cores	5,52415	2,098	9,2171	5,51925	2,098	9,09737	5,50697	2,098	9,23657	5,57606	2,098	9,25081	5,55107	2,098	9,22266	5,55205	2,098	9,34172	5,54827	2,098	9,10733	5,61832	2,098	9,34747
	<b>5,52415</b>	<b>2,098</b>	<b>9,2171</b>																					
	<b>70,070</b>	<b>23,171</b>	<b>114,744</b>																					

Figura 4.219 – Cenário 14 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	1,97367	0,42388	4,1854	1,95453	0,42388	4,18587	1,92094	0,42388	4,20582	2,11824	0,42388	4,6454	1,97328	0,42388	4,2717	1,94615	0,42388	4,27618	2,00313	0,42388	4,42047
Família 2 2 cores	2,64174	0,7732	3,08548	2,72605	0,7732	3,21727	2,7985	0,84245	3,05795	2,84389	0,7732	3,31479	2,62502	0,7732	3,20577	2,64817	0,80974	3,07696	2,90562	0,7732	3,12155
Família 2 3 cores	4,93078	1,1232	4,72435	4,87372	1,1232	4,72404	5,02514	1,1232	4,76812	4,81532	1,1232	4,77923	4,91283	1,1232	4,82985	4,98623	1,1232	4,85646	5,02008	1,1232	4,79766
Família 2 4 cores	5,06759	1,4732	8,27502	5,11341	1,4732	8,30196	5,12942	1,4732	8,41135	5,08594	1,4732	8,29484	5,06755	1,4732	8,19051	5,08675	1,4732	8,34152	5,04383	1,4732	8,20546
Família 2 5 cores	5,17036	1,832	8,34788	5,26209	1,832	8,45721	5,38567	1,832	8,81088	5,50257	1,832	8,84976	5,12775	1,832	8,33878	5,55938	1,832	9,03398	5,30243	1,832	8,63841
Família 2 6 cores	2,05491	2,09805	8,48778	2,09805	2,098	8,52764	2,1352	2,098	8,82148	2,1798	2,098	8,92597	2,03988	2,098	8,47591	2,19997	2,098	9,06572	2,12008	2,09805	8,74964
Família 7 1 cor	1,69096	0,4242	3,54959	1,7367	0,4242	3,63474	1,81463	0,4242	3,89965	1,90927	0,4242	3,98979	1,66213	0,4242	3,58156	1,94743	0,4242	4,13266	1,78883	0,4242	3,84289
Família 7 2 cores	2,64827	0,77314	3,09414	2,71243	0,7731	3,08361	2,74499	0,7731	3,16761	2,80007	0,7731	3,22853	2,63134	0,7731	3,08889	2,82299	0,7731	3,26276	2,74849	0,77314	3,17781
Família 7 3 cores	4,69926	1,12331	4,855	4,80085	1,1232	4,72625	4,71197	1,1232	4,66357	4,65707	1,1232	4,73578	4,71547	1,1232	4,80291	4,63736	1,1232	4,66994	4,79013	1,12331	4,75856
Família 7 4 cores	5,0864	1,47327	8,15373	5,15647	1,4732	8,0856	4,97396	1,4732	8,0117	5,05801	1,4732	8,13226	5,13208	1,4732	8,16212	5,12266	1,4732	8,03491	5,03945	1,47327	7,83628
Família 7 5 cores	5,4136	1,83209	8,65605	5,54657	1,832	8,86792	5,39156	1,832	8,63635	5,43216	1,832	8,73622	5,31693	1,832	8,72857	5,48851	1,832	8,84455	5,58202	1,83209	8,79301
Família 7 6 cores	2,0611	2,0981	9,29344	2,10701	2,098	9,19393	2,08133	2,098	9,13822	2,06527	2,098	9,21877	2,09019	2,098	9,3026	2,06122	2,098	9,16492	2,09103	2,0981	9,26449
Família 8 1 cor	1,85663	0,4241	3,80094	1,86762	0,4241	3,84293	1,76944	0,4241	3,82409	1,85258	0,4241	3,87995	1,88359	0,4241	3,85259	1,90762	0,4241	3,84115	1,78636	0,4241	3,57554
Família 8 2 cores	2,7892	0,7732	2,87075	2,86587	0,7732	3,10503	2,75906	0,7732	2,98371	2,83315	0,7732	3,00611	2,68034	0,7732	2,95626	2,90265	0,7732	3,1259	2,9086	0,7732	3,03094
Família 8 3 cores	4,80912	1,1232	4,62127	4,76845	1,1232	4,54267	4,95354	1,1232	4,67599	4,76544	1,1232	4,55974	4,87541	1,1232	4,64061	4,84236	1,1232	4,64432	4,86223	1,1232	4,58135
Família 8 4 cores	5,20534	1,4732	8,61855	5,32466	1,4732	8,66848	5,29324	1,4732	8,67904	5,27279	1,4732	8,69792	5,33397	1,4732	8,73242	5,27413	1,4732	8,71786	5,25602	1,4732	8,74235
Família 8 5 cores	5,48247	1,832	8,90895	5,5344	1,832	9,18124	5,53546	1,832	9,13265	5,5006	1,832	9,05018	5,41364	1,832	9,05625	5,61269	1,832	9,31393	5,62988	1,832	9,10893
Família 8 6 cores	5,51442	2,098	9,22485	5,5407	2,098	9,17313	5,64388	2,098	9,31183	5,52494	2,098	9,20593	5,62048	2,098	9,3051	5,56987	2,098	9,30101	5,57173	2,098	9,25128

Figura 4.220 – Cenário 14 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

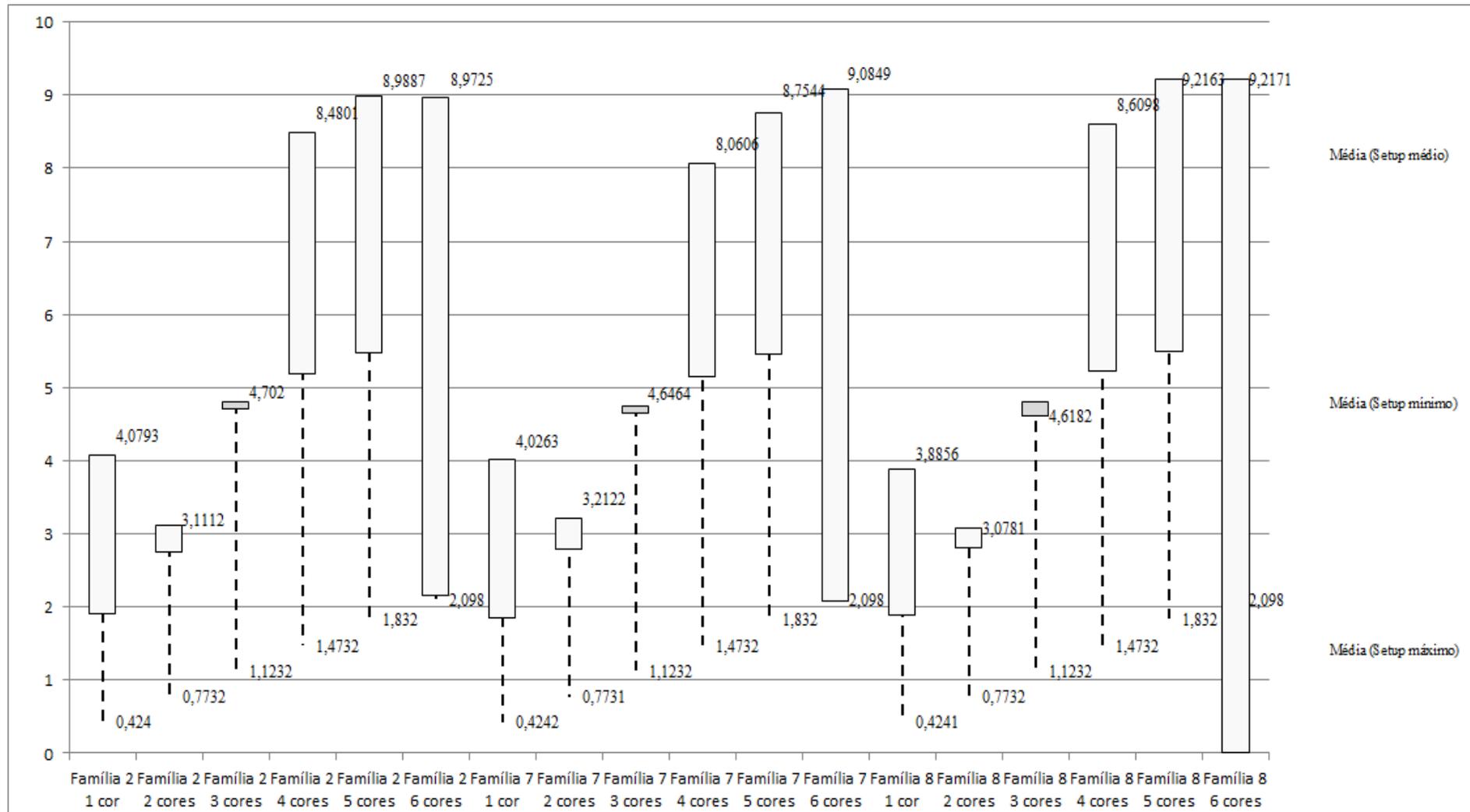


Figura 4.221 – Cenário 14 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637	4721	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Família 2	Linha 2	0,00	18601	16800	1801	1729,17	18601,00	14933,33	1938,50	1761,80	18601,00	14933,33	1905,87	-1341,43	18601,00	18666,67	1275,76	1721,03	18601,00	14933,33	1946,64
Família 3	Linha 3	0,00	23250	23211	39	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940	788	76,7668	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819	2365	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	224,81	2819	2366	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241	1880	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940	788	76,7657	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940	788	76,7651	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,13	5637	4730	456,87	450,13	5637,00	4729,31	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4729,31	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,67	9300	7804	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	744,04	9300,00	7802,63	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,09	2514	2110	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91
Família 6	Linha 13	198,34	2481	2075	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Família 7	Linha 14	0,00	18601	16800	1801	0,97	18601,00	16800,00	1800,03	2,38	18601,00	16800,00	1798,62	-5566,64	18601,00	22400,00	1767,64	-5621,00	18601,00	22400,00	1822,00
Família 8	Linha 15	0,00	18601	17200	1401	3,32	18601,00	17200,00	1397,68	3,22	18601,00	17200,00	1397,78	-11,21	18601,00	17200,00	1412,21	9,29	18601,00	17200,00	1391,71
Família 9	Linha 16	198,38	2481	2067	215,62	198,33	2481,00	2067,00	215,67	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,39	2481,00	2067,00	215,61
		3095,1824	117802	106493	8213,8176	4829,978739	117802	104624,9626	8347,05863	4863,238572	117802	104625,6542	8313,1072	-3824,115036	117802	113959,6709	7666,444172	-794,7700821	117802	110225,6501	8371,119952
		2,63%	100,00%	90,40%	6,97%	4,10%	100,00%	88,81%	7,09%	4,13%	100,00%	88,81%	7,06%	-3,25%	100,00%	96,74%	6,51%	-0,67%	100,00%	93,57%	7,11%

Figura 4.222 – Cenário 14 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,05	5637,00	4721,00	465,95
Família 2	Linha 2	25,63	18601,00	16800,00	1775,37	-7,77	18601,00	16848,53	1760,24	-1339,29	18601,00	18666,67	1273,62	1755,01	18601,00	14933,33	1912,66	26,58	18601,00	16800,00	1774,42
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	449,44	5637,00	4730,69	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	744,03	9300,00	7804,00	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91
Família 6	Linha 13	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66
Família 7	Linha 14	10,16	18601,00	16800,00	1790,84	12,36	18601,00	16800,00	1788,64	14,49	18601,00	16800,00	1786,51	16,53	18601,00	16800,00	1784,47	20,10	18601,00	16800,00	1780,90
Família 8	Linha 15	7,70	18601,00	17200,00	1393,30	4,71	18601,00	17200,00	1396,29	-17,03	18601,00	17200,00	1418,03	11,54	18601,00	17200,00	1389,46	-7,94	18601,00	17200,00	1408,94
Família 9	Linha 16	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,37	2481,00	2067,00	215,63
		3140,022996	117802	106491,6334	8170,343609	3105,164591	117802	106540,85	8155,985379	1753,379449	117802	108359,671	7688,949596	4877,611595	117802	104627,0249	8297,363474	3133,214494	117802	106493,6918	8175,093717
		2,67%	100,00%	90,40%	6,94%	2,64%	100,00%	90,44%	6,92%	1,49%	100,00%	91,98%	6,53%	4,14%	100,00%	88,82%	7,04%	2,66%	100,00%	90,40%	6,94%

A Figura 4.224 indica que após a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup*, a alteração do tamanho do lote como desejado permitiu a redução do estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão, com aumento do volume de produção. No cenário 11 a produção foi de 17.042 unidades e o estoque em processo de 1.209 unidades (7,09%), no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo 4.336 unidades (30,11%) em função do aumento do lote de 500 unidades para 1200 unidades com exceção dos produtos com 4 cores (demanda equivalente a 22% da família de produtos com impressão) e no cenário 14 a produção foi de 16.800 unidades com um estoque em processo de 1.775, ou seja, 10,6%.

No cenário 13 a produção foi de 14.000 unidades e o estoque em processo de 2.970 unidades (21,21%) e no cenário 14 a produção foi de 16800 e o estoque em processo de 1.790. Nesse caso a redução do estoque em processo de 30,11% para 21,21% é função da redução do tamanho do lote, como no caso do cenário 14 10,65%.

No caso da linha 14 (Família 7) a produção no cenário 4 é de 1.500 unidades com estoque em processo de 2.113 unidades, enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades e no cenário 12 a produção foi de 19.200 unidades e o estoque em processo de 4.143 unidades e no cenário 13 a produção foi de 14.500 unidades e o estoque em processo de 2.873 unidades e no cenário 14 17.200 unidades de produção e 1.393 como estoque em processo (8,1%), ou seja, redução do estoque em processo em função da redução do tamanho do lote. No caso da linha 15 (Família 8) a produção no cenário 4 é de 5.000 unidades com estoque em processo de 2.362 unidades enquanto que no cenário 11 a produção foi de 17.500 unidades e o estoque em processo de 1.095 unidades e no cenário 12 a produção foi de 14.400 unidades e o estoque em processo de 4.216 unidades, no cenário 13 a produção foi de 14.500 unidades e o estoque em processo de 2.848 unidades e no cenário 14 17.200 produtos produzidos e estoque em processo de 1.393.

Figura 4.223 – Cenário 14 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP												
Família 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Família 2	Linha 2	1730,52	18601,00	14933,33	1937,14	25,09	18601,00	16800,00	1775,91	22,28	18601,00	16800,00	1778,72	1743,13	18601,00	14933,33	1924,54	1743,74	18601,00	14933,33	1923,93
Família 3	Linha 3	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00	0,00	23250,00	23211,00	39,00
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,12	2819,00	2366,69	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19	224,81	2819,00	2366,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,13	5637,00	4730,00	456,87	449,44	5637,00	4730,69	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87	450,13	5637,00	4730,00	456,87
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,67	9300,00	7804,00	753,33	742,67	9300,00	7804,00	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33	743,35	9300,00	7803,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91	201,09	2514,00	2110,00	202,91
Família 6	Linha 13	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Família 7	Linha 14	-5575,16	18601,00	22400,00	1776,16	13,83	18601,00	16800,00	1787,17	29,36	18601,00	16800,00	1771,64	-11,39	18601,00	16800,00	1812,39	-5588,46	18601,00	22400,00	1789,46
Família 8	Linha 15	-5,05	18601,00	17200,00	1406,05	-0,03	18601,00	17200,00	1401,03	-14,19	18601,00	17200,00	1415,19	-17,35	18601,00	17200,00	1418,35	3,34	18601,00	17200,00	1397,66
Família 9	Linha 16	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,35	2481,00	2067,00	215,65	198,37	2481,00	2067,00	215,63	198,38	2481,00	2067,00	215,62	198,34	2481,00	2067,00	215,66
		-754,5207357	117802	110226,3333	8330,187402	3133,379466	117802	106493,6874	8174,933134	3132,64743	117802	106493,0043	8176,348282	4809,583504	117802	104626,3375	8366,078965	-745,5158973	117802	110225,65	8321,865867
		-0,64%	100,00%	93,57%	7,07%	2,66%	100,00%	90,40%	6,94%	2,66%	100,00%	90,40%	6,94%	4,08%	100,00%	88,82%	7,10%	-0,63%	100,00%	93,57%	7,06%

Há de acordo com a Figura 4.224, proporcionalmente em função do aumento da taxa de abastecimento do sistema de produção, uma redução do *work in process* em função da primeira, da segunda e da terceira alteração do *setup* somente para os produtos que passam pelo processo de impressão obviamente, o que mostra a necessidade da redução do tempo de *setup* no processo de impressão, assim como uma programação da produção mais efetiva das máquinas impressoras de modo a manter o balanceamento entre os processos e um fluxo de produção o mais uniforme possível. Outro fator importante a ser considerado é o tamanho do lote o qual permite um aumento do volume de produtos em unidades produzidos com redução do estoque em processos. No caso do cenário 14 a redução do tamanho do lote diminuiu o estoque em processo.

Figura 4.224 – Cenário 14 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

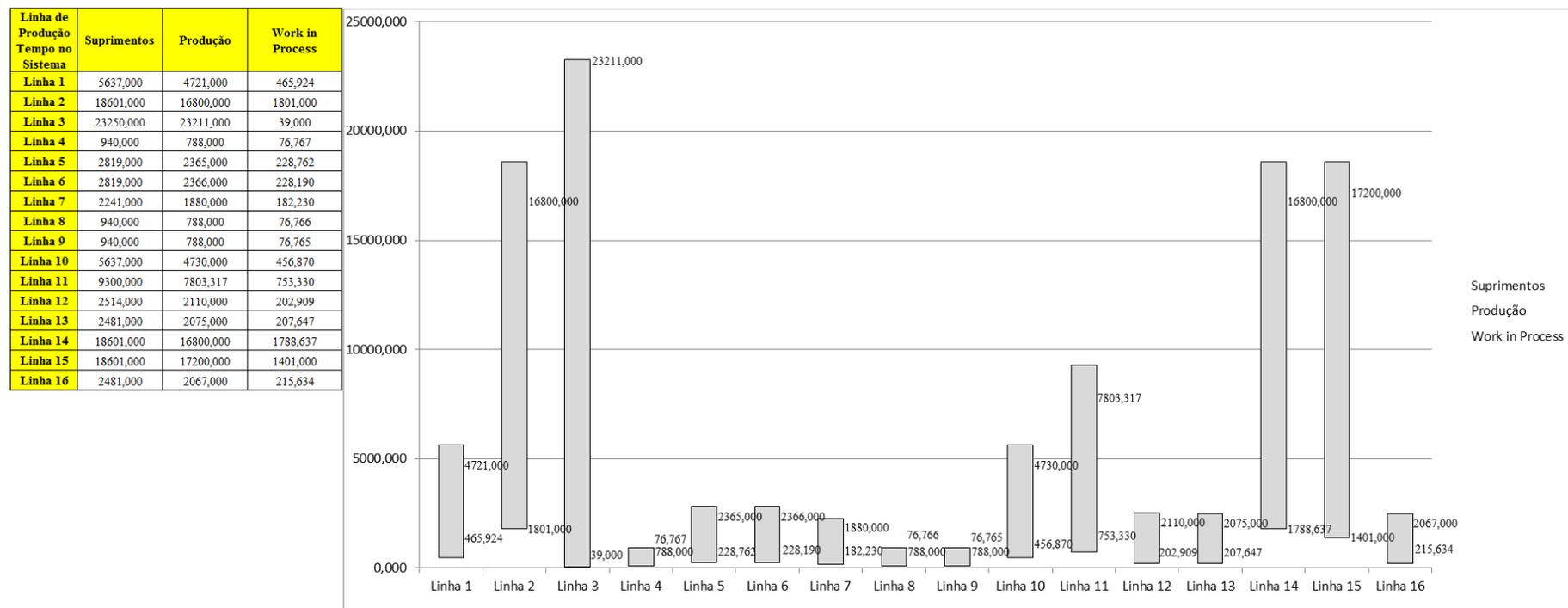
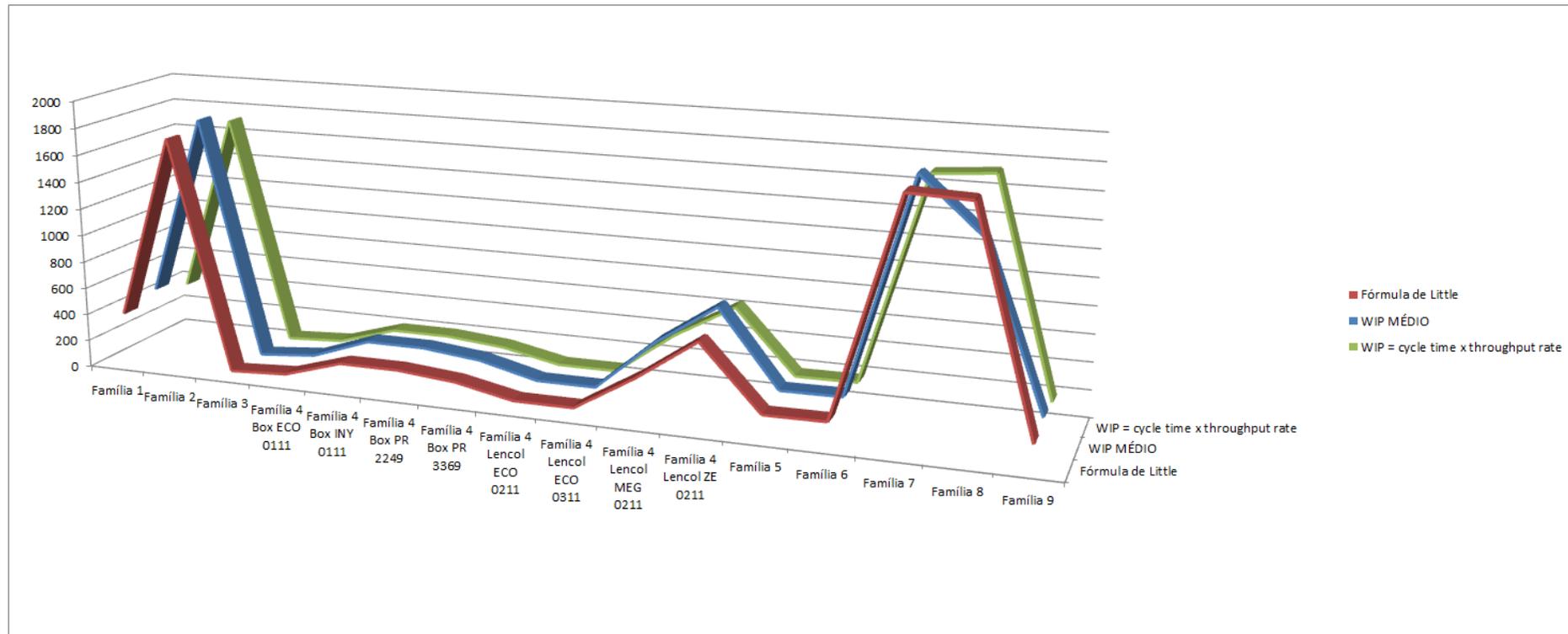


Figura 4.225 – Cenário 14 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

A Figura 4.226 mostra que mesmo com o aumento da taxa de abastecimento a redução do tempo de espera das linhas de fabricação das famílias de produtos 2, 7 e 8 que passam pelo processo de impressão reduziu demonstrando o impacto da redução do tempo de *setup* do tempo de fila no respectivo processo. Contudo, o tamanho do lote contribuiu para um fluxo de produção apto a manter um maior número de unidades produzidas sem onerar o estoque em processo caso o tamanho do lote seja reduzido, como no cenário 12 houve um aumento do tamanho do lote o tempo de espera foi aumentado, em torno de quatro vezes, de aproximadamente 2 horas para 8 horas e houve aumento do estoque em processo, já no cenário 13 com a redução do tamanho do lote o tempo de espera reduziu em torno de 50% com relação ao cenário 12 e o estoque em processo também reduziu. No cenário 14 com a redução do tamanho do lote houve uma redução do tempo de espera da ordem de 1 hora.

Figura 4.226 – Cenário 14 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,46095	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,46095	2,46095	2,4612
Família 2	Linha 2	3,0703	3,21039	3,16417	2,96336	3,20686	3,05644	3,0767	2,98544	3,17356	3,05609	3,22524	3,07642	3,03301	3,18371	3,22039	3,076697
Família 3	Linha 3	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4542	2,42077	2,37169	2,32406	2,41609	2,4318	2,39035	2,28815	2,42348	2,4435	2,33756	2,32496	2,36902	2,36227	2,31008	2,371694
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4538	2,4911	2,44878	2,45882	2,48031	2,44161	2,49153	2,47728	2,43721	2,45664	2,46715	2,43749	2,45586	2,448	2,44582	2,455864
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4538	3,11829	2,48068	2,45881	2,51206	2,46764	2,52653	2,47786	2,50019	2,50347	2,52853	2,47054	2,49753	2,49406	2,47852	2,494057
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4539	2,42898	2,45911	2,44387	2,44328	2,48775	2,47153	2,44657	2,41766	2,41727	2,43392	2,44219	2,4747	2,47043	2,46922	2,446573
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4542	2,49108	2,60232	2,51645	2,49713	2,53239	2,48858	2,48745	2,50586	2,59243	2,52666	2,46909	2,52476	2,57856	2,50392	2,505859
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4542	2,38891	2,51245	2,37625	2,48356	2,47026	2,45461	2,50574	2,44722	2,46864	2,36081	2,36614	2,43312	2,3812	2,35875	2,44722
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4542	2,47299	2,48077	2,47851	2,48848	2,47531	2,47649	2,48302	2,48549	2,49677	2,48585	2,47963	2,48576	2,4813	2,4761	2,480771
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,454	2,45775	2,45674	2,45292	2,45695	2,45861	2,45673	2,45359	2,45341	2,4614	2,46505	2,44943	2,45795	2,45778	2,45385	2,45674
Família 5	Linha 12	2,4544	2,0425	1,82751	2,872	2,82005	3,3949	1,77607	1,74044	1,85641	2,05103	3,32026	1,92637	2,73402	2,74437	1,99141	2,051031
Família 6	Linha 13	2,4638	2,33995	2,29055	2,83435	2,45641	2,51967	1,88885	2,32442	2,97486	2,71196	2,48255	2,63521	2,52318	2,28358	2,30771	2,4638
Família 7	Linha 14	3,0344	3,00877	3,01276	3,42246	3,64812	3,04389	2,93568	2,98432	2,91516	2,98398	3,50362	3,03573	2,90344	3,05193	3,54718	3,0344
Família 8	Linha 15	3,0409	3,04964	3,03168	3,03371	3,03573	3,02486	3,04829	3,08617	3,02724	3,07153	3,04787	3,04725	3,06866	3,0794	3,04753	3,047531
Família 9	Linha 16	2,4733	3,03569	2,85603	2,54699	2,34429	2,33599	2,34921	2,3394	2,55841	2,73314	2,13674	2,60314	2,53306	2,65953	2,14216	2,533063
		3,0703	3,21039	3,16417	3,42246	3,64812	3,3949	3,0767	3,08617	3,17356	3,07153	3,50362	3,07642	3,06866	3,18371	3,54718	
		8,58314	7,78192	8,04195	6,64371	5,53135	6,78654	8,5457	8,49042	7,98877	8,57595	6,23193	8,54734	8,59275	7,93148	6,01634	7,61929

Figura 4.227 – Cenário 14 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

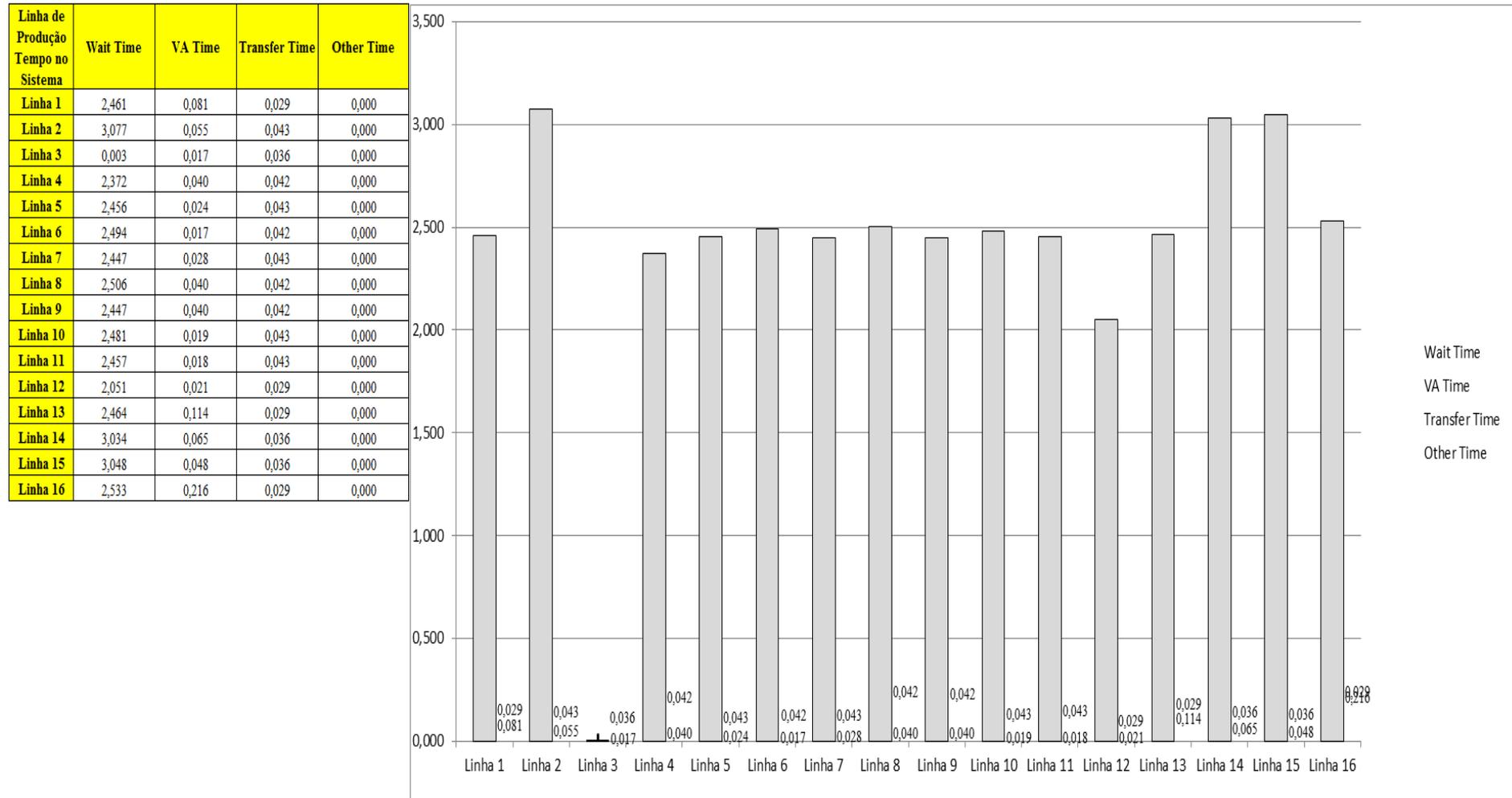


Figura 4.228 – Cenário 14 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

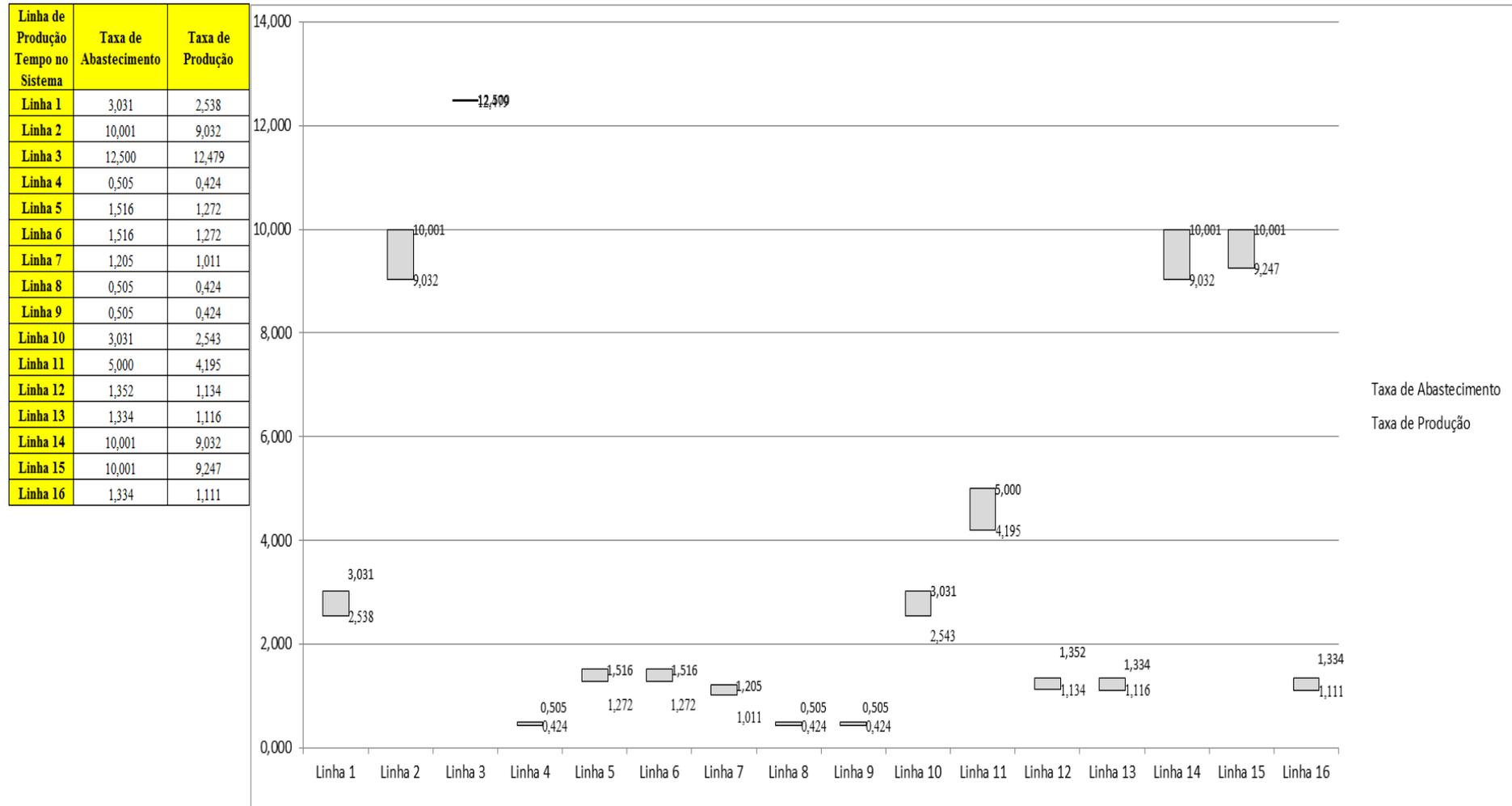


Figura 4.229 – Cenário 14 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

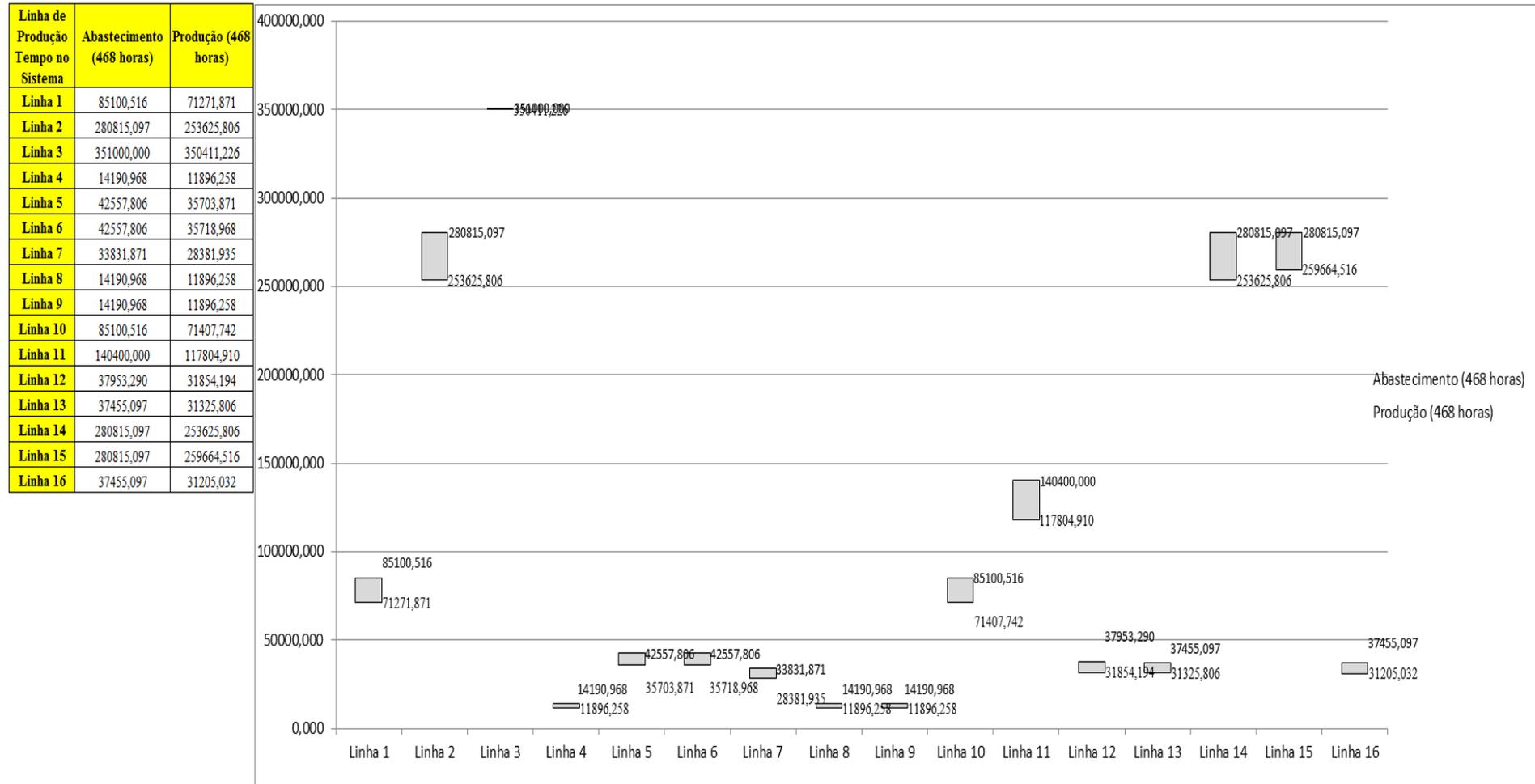


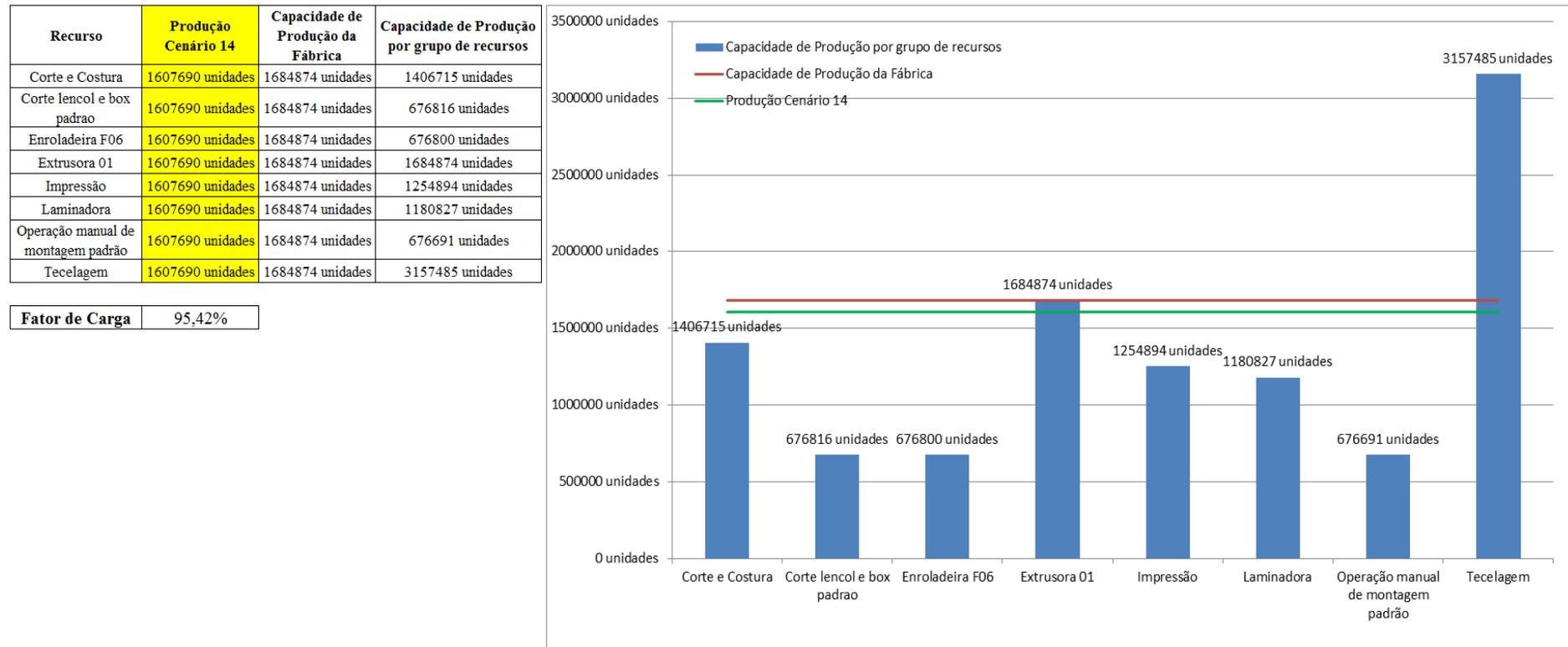
Figura 4.230 – Cenário 14 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	27,82714%	27,42000%	26,91137%	27,11055%	29,50078%	27,84327%	27,98199%	27,71878%	28,89611%
Corte e Costura Supra	1	33,87446%	34,06000%	33,16543%	33,16543%	35,38529%	33,96060%	33,89434%	33,99374%	34,65638%
Corte e Costura Taubate	1	38,43644%	38,80000%	37,96559%	37,81659%	39,84301%	38,50200%	38,44240%	38,77020%	38,88940%
Corte e Costura Vítia	1	42,50611%	43,18000%	42,16368%	41,83406%	43,75683%	42,54823%	42,32849%	42,98772%	42,93279%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	95,36331%	95,42000%	94,54688%	94,54863%	97,15918%	95,41825%	95,41651%	95,44228%	96,28959%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,53949%	24,60000%	23,48212%	23,48212%	26,83575%	24,60000%	24,60000%	24,80683%	25,71788%
Impressora PADANE	1	24,57863%	24,64000%	23,51939%	23,51939%	26,88122%	24,64000%	24,64000%	24,84672%	25,76061%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,99689%	18,98000%	19,03131%	18,94294%	19,01421%	19,00851%	18,98855%	18,97715%	18,98285%
Tear 02	1	33,32286%	33,24000%	33,47123%	33,50014%	33,41343%	33,26890%	33,32671%	33,29781%	33,32671%
Tear 03	1	42,73740%	42,91000%	42,44860%	42,62803%	42,60240%	42,78183%	42,73057%	42,80747%	42,75620%
Tear 04	1	6,70932%	6,72000%	6,73359%	6,70119%	6,69334%	6,69825%	6,68254%	6,73065%	6,68843%
Tear 05	1	12,92903%	12,97000%	12,93708%	12,88222%	12,98097%	12,93708%	13,01389%	12,83832%	12,91514%
Tear 06	1	18,49665%	18,57000%	18,45887%	18,42553%	18,50332%	18,43664%	18,59223%	18,57000%	18,39219%
Tear 07	1	23,09264%	23,23000%	23,14138%	23,14138%	23,11922%	23,14138%	23,08599%	23,00845%	23,08599%
Tear 08	1	27,62088%	27,66000%	27,55843%	27,76157%	27,72771%	27,56972%	27,58100%	27,59229%	27,70514%
Tear 09	1	31,45709%	31,31000%	31,40098%	31,49197%	31,28725%	31,38961%	31,35549%	31,63982%	31,85591%
Tear 10	1	34,49306%	34,37000%	34,66444%	34,42662%	34,41530%	34,60782%	34,56252%	34,55119%	34,43795%
Tear 11	1	37,50049%	37,20000%	37,51951%	37,58798%	37,53092%	37,62221%	37,30270%	37,42822%	37,26847%
Tear 12	1	40,08345%	39,89000%	39,77531%	40,18820%	40,05057%	40,11938%	40,02763%	40,07351%	40,23408%

Figura 4.231 – Cenário 14 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	27,82714%	26,81177%	28,12426%	27,93575%	27,92863%	28,06024%	27,38799%	27,77569%
Corte e Costura Supra	1	33,87446%	33,26482%	33,92747%	33,89434%	33,96060%	33,79494%	33,06603%	33,92747%
Corte e Costura Taubate	1	38,43644%	37,96559%	38,26359%	38,50200%	38,35300%	38,35300%	37,54839%	38,53180%
Corte e Costura Vítia	1	42,50611%	42,27355%	42,08127%	42,35595%	42,46583%	42,38342%	41,55938%	42,74051%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	95,36331%	94,55212%	95,42171%	95,42000%	95,42171%	95,42000%	94,55045%	95,42237%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,53949%	23,48212%	24,60000%	24,60000%	24,60000%	24,60000%	23,48548%	24,60000%
Impressora PADANE	1	24,57863%	23,51939%	24,64000%	24,64000%	24,64000%	24,64000%	23,51268%	24,64000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,99689%	18,99140%	19,04557%	19,06267%	18,99425%	18,97391%	18,98855%	18,97145%
Tear 02	1	33,32286%	33,35562%	33,24000%	33,15329%	33,29781%	33,29781%	33,32671%	33,32671%
Tear 03	1	42,73740%	42,70493%	42,73057%	42,80747%	42,75620%	42,83310%	42,75620%	42,80747%
Tear 04	1	6,70932%	6,74930%	6,66389%	6,73359%	6,73359%	6,70316%	6,67273%	6,73555%
Tear 05	1	12,92903%	12,97000%	12,92611%	12,89319%	12,89319%	12,90416%	12,88222%	12,99195%
Tear 06	1	18,49665%	18,44776%	18,44776%	18,54777%	18,57000%	18,42553%	18,54777%	18,51443%
Tear 07	1	23,09264%	23,05276%	23,00845%	23,23000%	22,95306%	23,08599%	23,15246%	22,95306%
Tear 08	1	27,62088%	27,50201%	27,60357%	27,56972%	27,59229%	27,87442%	27,53586%	27,47944%
Tear 09	1	31,45709%	31,45785%	31,48060%	31,19627%	31,46922%	31,50334%	31,48060%	31,53746%
Tear 10	1	34,49306%	34,35868%	34,85696%	34,57384%	34,49457%	34,35868%	34,47192%	34,24543%
Tear 11	1	37,50049%	37,31411%	37,82761%	37,40540%	37,45104%	37,50810%	37,85043%	37,69067%
Tear 12	1	40,08345%	40,34877%	40,01616%	40,05057%	40,18820%	40,10792%	40,11938%	40,06204%

Figura 4.232 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com as Figuras 4.232 com a 1ª, 2ª e 3ª alteração do *setup* da fábrica e o aumento da taxa de abastecimento foi possível alterar o fator de carga de 69,92% para 96,53% (cenário 11) a partir das alterações realizadas, o que é significativo. Com o aumento do tamanho do lote no cenário 12 o fator de carga foi reduzido para 88,61% e aumentou para 88,43% no cenário 13 com a alteração do tamanho do lote de 1.200 unidades para 500 unidades com exceção dos produtos com 4 cores. Quanto ao cenário 14 o fator de carga se manteve em 95,42% com o tamanho do lote igual a 400 para todas as cores. É evidente, porém, que somente a alteração do *layout* e do *setup* não é suficiente para garantir esse ganho se não houver um sincronismo entre os processos de fabricação e conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva.

Contudo, o fator de carga do cenário 11 foi de 96,53%, maior do que 91,15% do cenário 7 e o fator de carga do cenário 12 88,61%, ou seja, menor o que indica a necessidade de se avaliar o tamanho do lote no processo de impressão e fator de carga do cenário 13 foi de 88,43% e do cenário 14 foi de 95,42% o que demonstra como esperado que o tamanho do lote interfere no resultado da impressão mais diretamente do que no resultado da fábrica toda. O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 14 com um aumento a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, de 1.285.537 no cenário 12, de 1.346.823 no cenário 13 e de 1.254.894 no cenário 14, com redução de (-) 6,8% com a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 500 unidades para 400 unidades. É possível concluir que a redução do tamanho do lote diminuiu significativamente o tempo de espera, embora com bobinas menores a produção na impressão quanto ao desempenho do sistema de produção quanto ao volume produzido foi menor.

Figura 4.233 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

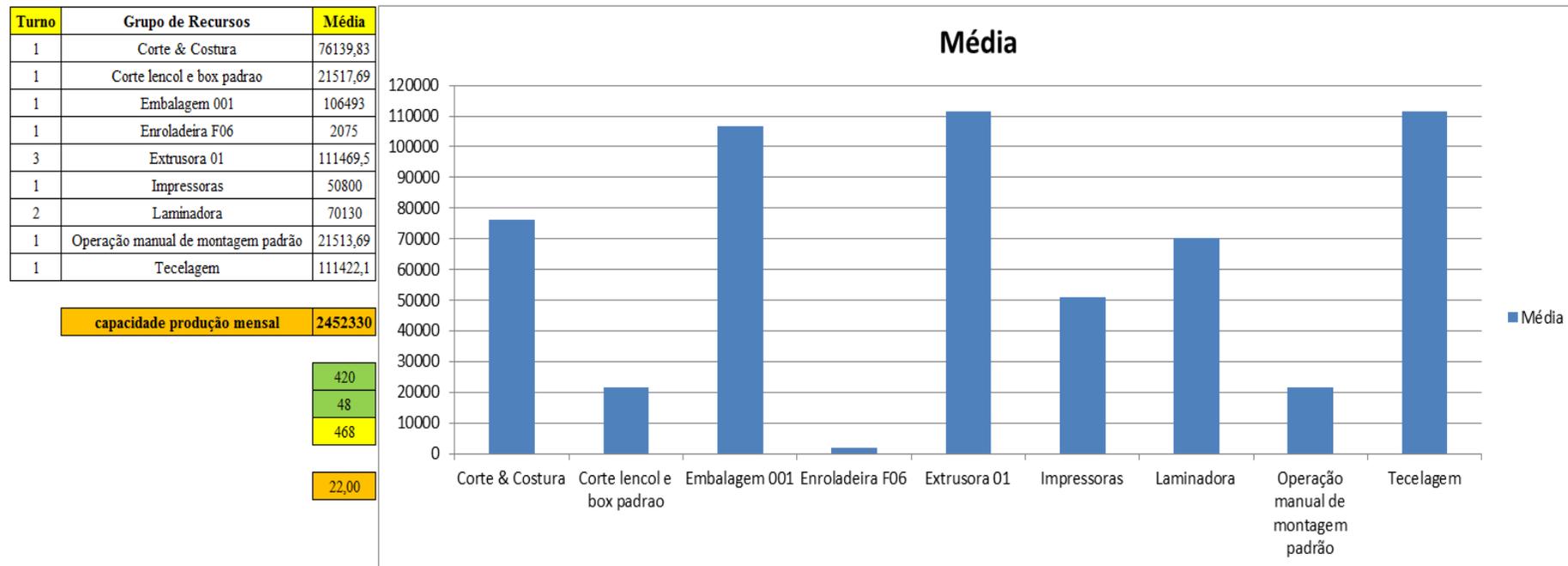


Figura 4.234 – Cenário 14 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																		
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
1	450,076	465,9244	5637	4721	1	2,4612	2,5710	0,0812	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71271,871	4,43%
2	0,000	1801	18601	16800	2	3,0767	3,1739	0,0547	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,111 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,032 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	253625,806	15,78%
3	0,000	39,00005	23250	23211	3	0,00281	0,0554	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,479 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350411,226	21,80%
4	75,233	76,7668	940	788	4	2,37169	2,4544	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
5	225,238	228,7622	2819	2365	5	2,45586	2,5219	0,0235	0,0426	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,22%
6	224,810	228,19	2819	2366	6	2,49406	2,5538	0,0172	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35718,968	2,22%
7	178,770	182,23	2241	1880	7	2,44657	2,5168	0,0278	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,77%
8	75,234	76,7657	940	788	8	2,50586	2,5885	0,0402	0,0424	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
9	75,235	76,7651	940	788	9	2,44722	2,5298	0,0402	0,0424	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
10	450,130	456,87	5637	4730	10	2,48077	2,5427	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,543 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71407,742	4,44%
11	743,353	753,33	9300	7803,3	11	2,45674	2,5169	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,195 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117804,910	7,33%
12	201,091	202,909	2514	2110	12	2,05103	2,1006	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	1,98%
13	198,353	207,6472	2481	2075	13	2,4638	2,6068	0,1143	0,0287	0,00	0,750 minutos	0,896 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,116 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31325,806	1,95%
14	12,363	1788,637	18601	16800	14	3,0344	3,1350	0,0650	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,111 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,032 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	253625,806	15,78%
15	0,000	1401	18601	17200	15	3,04753	3,1309	0,0477	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,108 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,247 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	259664,516	16,15%
16	198,366	215,6342	2481	2067	16	2,53306	2,7772	0,2155	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31205,032	1,94%
	3108,252	8201,432	117802	106492		38,3293	39,7756	0,8426	0,6036	0,00			63,334 (unid./minuto)	57,254 (unid./minuto)	1778430,194		1607690,459	
	2,64%	6,96%	100,00%	90,40%		96,36%	100,00%	2,12%	1,52%	0,00%							90,399%	

De acordo com os resultados da Figura 4.120 e 4.234 a produção do cenário 14 é de 1.607.690 o que corresponde a 90,3996% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229, com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2, com a 1ª alteração do *setup* corresponde a 90,11%. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado no chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo. Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão.

Figura 4.235 – Cenário 15 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,571	0,109	5,044	2,5705	0,1085	5,04455	2,57053	0,10851	5,0443	2,5705	0,1085	5,04411	2,5704	0,1085	5,04417	2,57047	0,10851	5,04399	2,57047	0,10849	5,04417	2,5704	0,10849	5,0438
Família 2	Linha 2	3,118	0,518	9,218	3,25917	0,51533	8,95286	3,21266	0,51494	8,89248	3,01035	0,51585	9,21833	3,25562	0,51563	8,97593	3,10411	0,51511	9,06098	3,12454	0,51576	9,28489	3,03259	0,5136	9,36259
Família 3	Linha 3	0,056	0,048	0,174	0,05582	0,04794	0,174	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,17402	0,05582	0,04793	0,17401	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,17402
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,537	0,080	5,002	2,53687	0,07972	5,00194	2,5369	0,07972	5,00206	2,5369	0,07972	5,00163	2,5369	0,07971	5,00274	2,5369	0,07972	5,00181	2,5369	0,07972	5,00181	2,5369	0,07971	5,00299
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,520	0,063	4,994	2,51993	0,06296	4,9935	2,5199	0,06296	4,99331	2,5199	0,06296	4,99313	2,5199	0,06296	4,99319	2,5199	0,06297	4,99344	2,51993	0,06297	4,99288	2,51993	0,06297	4,99344
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,512	0,058	4,989	2,51237	0,05765	4,98875	2,5124	0,05764	4,98838	2,5124	0,05765	4,98825	2,5124	0,05765	4,98899	2,5124	0,05764	4,9885	2,5124	0,05765	4,98819	2,5124	0,05764	4,98807
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,524	0,069	4,997	2,5242	0,06905	4,99651	2,5242	0,06905	4,99676	2,5242	0,06905	4,99707	2,5242	0,06905	4,99658	2,5242	0,06905	4,99651	2,5242	0,06905	4,9967	2,52417	0,06905	4,99682
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,537	0,082	5,003	2,5369	0,08212	5,00246	2,5369	0,08212	5,00289	2,5369	0,08212	5,00258	2,53693	0,08212	5,00326	2,53687	0,08211	5,00295	2,5369	0,08212	5,00277	2,53687	0,08211	5,00233
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,537	0,081	5,004	2,5371	0,08104	5,00366	2,53707	0,08105	5,00391	2,5371	0,08104	5,00409	2,5371	0,08104	5,00403	2,5371	0,08105	5,0044	2,53707	0,08103	5,00416	2,53713	0,08105	5,0044
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,516	0,059	4,994	2,5161	0,05923	4,99338	2,5161	0,05922	4,99387	2,5161	0,05922	4,99344	2,5161	0,05922	4,99307	2,5161	0,05922	4,99325	2,5161	0,05922	4,99331	2,5161	0,05922	4,99393
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,514	0,057	4,990	2,5139	0,05684	4,99059	2,5139	0,05684	4,99127	2,5139	0,05684	4,9904	2,5139	0,05684	4,99021	2,5139	0,05683	4,99065	2,5139	0,05684	4,99046	2,5139	0,05684	4,99139
Família 5	Linha 12	2,505	0,048	4,976	2,50514	0,04764	4,97592	2,50517	0,04764	4,97589	2,50517	0,04764	4,97648	2,50523	0,04765	4,97598	2,50527	0,04764	4,97706	2,50514	0,04764	4,97604	2,50519	0,04764	4,97618
Família 6	Linha 13	2,607	0,145	5,077	2,60689	0,1447	5,07758	2,60689	0,1447	5,07784	2,607	0,1447	5,07778	2,60691	0,14471	5,07776	2,60694	0,1447	5,0777	2,60697	0,14469	5,07793	2,60691	0,1447	5,07758
Família 7	Linha 14	3,124	0,524	9,288	3,09759	0,52399	8,61777	3,10168	0,5257	8,54682	3,51912	0,52416	12,6516	3,74904	0,52495	12,7866	3,13334	0,5246	9,09887	3,02312	0,52359	8,73404	3,0727	0,52557	9,25997
Família 8	Linha 15	3,112	0,506	9,448	3,12105	0,50541	9,44998	3,10284	0,5061	9,34279	3,10487	0,50657	9,36764	3,10692	0,50601	9,47036	3,09588	0,50739	9,35445	3,11968	0,50576	9,44537	3,15817	0,50636	9,54272
Família 9	Linha 16	2,716	0,248	5,178	2,71645	0,24777	5,17805	2,71623	0,24778	5,17838	2,71597	0,24782	5,17995	2,71558	0,2477	5,18053	2,71619	0,2478	5,18028	2,71619	0,24777	5,17937	2,71571	0,24775	5,17789
		<b>3,1237</b>	<b>0,5239</b>	<b>9,4475</b>																					

Figura 4.236 – Cenário 15 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação					
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo			
Família 1	Linha 1	2,57044	0,10849	5,044173	2,57053	0,1085	5,04399	2,5705	0,10849	5,04479	2,57047	0,10849	5,04517	2,57044	0,1085	5,04411	2,5704	0,10849	5,04455	2,57047	0,10848	5,04442			
Família 2	Linha 2	3,22209	0,51615	8,995599	3,10378	0,51524	9,02572	3,27416	0,5149	9,143	3,12426	0,51529	9,15168	3,08054	0,5168	8,90317	3,23232	0,51598	9,06633	3,26927	0,5168	8,92046			
Família 3	Linha 3	0,05582	0,04794	0,174041	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,174	0,05582	0,04794	0,17401	0,05582	0,04794	0,17402	0,05582	0,04794	0,17402			
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53687	0,07973	5,001753	2,5369	0,07972	5,00181	2,53687	0,07972	5,00169	2,53687	0,07973	5,00268	2,53687	0,07972	5,00212	2,5369	0,07973	5,00212	2,5369	0,07973	5,00212	2,53684	0,07972	5,00311
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,993005	2,51993	0,06297	4,99307	2,5199	0,06297	4,99301	2,5199	0,06297	4,99319	2,5199	0,06295	4,99301	2,51993	0,06297	4,99313	2,5199	0,06296	4,99301			
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5124	0,05764	4,988376	2,5124	0,05765	4,98819	2,51237	0,05764	4,98918	2,5124	0,05764	4,98862	2,5124	0,05764	4,98819	2,5124	0,05764	4,98819	2,5124	0,05764	4,98813	2,51237	0,05765	4,98819
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06904	4,996638	2,52417	0,06905	4,99676	2,52417	0,06905	4,9967	2,5242	0,06905	4,99707	2,5242	0,06905	4,99676	2,52417	0,06905	4,99658	2,5242	0,06904	4,99689			
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,5369	0,08212	5,002582	2,5369	0,08212	5,00246	2,53687	0,08212	5,00233	2,5369	0,08213	5,00308	2,5369	0,08212	5,00264	2,5369	0,08213	5,00357	2,53693	0,08213	5,00264			
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5371	0,08105	5,003538	2,5371	0,08103	5,00372	2,53707	0,08103	5,00385	2,5371	0,08105	5,00372	2,53707	0,08105	5,00465	2,5371	0,08104	5,00348	2,53707	0,08105	5,00453			
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5161	0,05922	4,993438	2,5161	0,05922	4,99344	2,5161	0,05922	4,99325	2,5161	0,05922	4,9943	2,5161	0,05922	4,99338	2,5161	0,05922	4,99301	2,5161	0,05922	4,99381			
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5139	0,05684	4,990895	2,5139	0,05683	4,99102	2,5139	0,05684	4,9904	2,5139	0,05684	4,99059	2,5139	0,05683	4,99083	2,5139	0,05684	4,99021	2,5139	0,05683	4,9904			
Família 5	Linha 12	2,50516	0,04764	4,976067	2,50519	0,04764	4,97618	2,50523	0,04764	4,97615	2,50517	0,04764	4,97586	2,50526	0,04764	4,97624	2,5052	0,04764	4,97688	2,50519	0,04764	4,9761			
Família 6	Linha 13	2,60695	0,14468	5,077548	2,60705	0,14469	5,0785	2,60694	0,1447	5,07823	2,60703	0,14469	5,07832	2,60689	0,1447	5,07793	2,60702	0,1447	5,07796	2,60686	0,1447	5,07778			
Família 7	Linha 14	3,00227	0,52425	8,192142	3,07232	0,52728	8,39006	3,60181	0,52478	12,619	3,12512	0,52495	9,20441	2,99027	0,52495	8,26747	3,14159	0,5239	9,53474	3,64622	0,52408	12,9083			
Família 8	Linha 15	3,0983	0,50576	9,455997	3,14327	0,50627	9,51228	3,11928	0,50571	9,52245	3,11862	0,50576	9,54291	3,14036	0,50619	9,58136	3,15129	0,50709	9,56524	3,11891	0,50657	9,59214			
Família 9	Linha 16	2,71576	0,2478	5,181524	2,71597	0,2478	5,18285	2,71619	0,24773	5,17929	2,71628	0,24785	5,17987	2,71597	0,24777	5,17855	2,7158	0,24782	5,17706	2,71641	0,24788	5,17946			

Figura 4.237 – Cenário 15 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

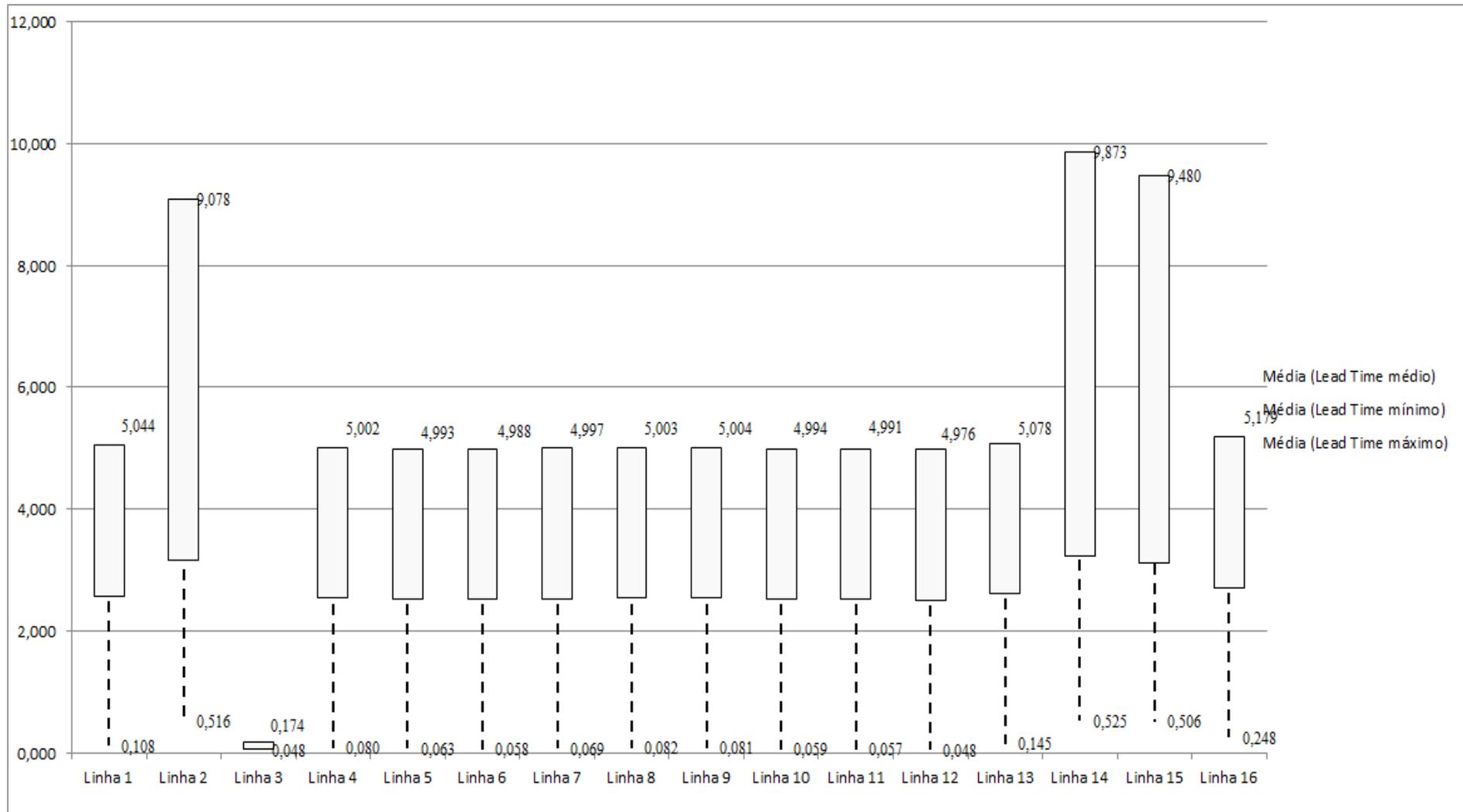


Figura 4.238 – Cenário 15 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,083	0,424	4,0428	2,01481	0,4242	4,04236	2,1125	0,42408	4,21184	2,10138	0,42408	4,14	2,28541	0,42408	4,49949	2,25654	0,42408	4,32037	2,30485	0,42408	4,11147	2,05912	0,4242	4,25736
Família 2 2 cores	1,861	0,773	3,0589	1,86263	0,7732	3,16891	1,86073	0,7732	3,06676	1,76986	0,7732	2,9735	1,86653	0,7732	3,16793	1,79534	0,7732	3,05919	1,88688	0,7732	3,10746	1,80584	0,79626	3,01739
Família 2 3 cores	2,716	1,123	4,4931	2,85365	1,1232	4,81094	2,7912	1,1232	4,5622	2,76645	1,1232	4,58991	2,80378	1,1232	4,59568	2,76435	1,1232	4,56481	2,72144	1,1232	4,36873	2,71585	1,1232	4,51262
Família 2 4 cores	4,909	1,473	8,4273	4,85584	1,48652	8,18522	4,74065	1,4732	8,12879	4,87152	1,4732	8,42834	4,78123	1,4732	8,20535	4,82363	1,4732	8,28394	4,9024	1,49252	8,48904	4,97623	1,4732	8,55972
Família 2 5 cores	5,179	1,832	9,046	5,01447	1,84028	8,58849	5,01212	1,832	8,52312	5,07014	1,832	8,75275	5,31921	1,832	8,9751	5,21076	1,832	8,87636	5,02014	1,84401	8,80828	5,28424	1,832	9,10302
Família 2 6 cores	5,412	2,098	9,0834	5,28056	2,10274	8,76213	5,29379	2,098	8,76832	5,28562	2,098	8,83614	5,62209	2,098	9,16001	5,45075	2,098	8,96316	5,22696	2,10488	8,89131	5,4447	2,098	9,04825
Família 7 1 cor	2,023	0,424	3,8817	1,91641	0,4242	3,60056	1,96205	0,4242	3,57046	1,95345	0,4242	3,62955	2,18526	0,4242	3,92309	2,08305	0,4242	3,80215	1,90165	0,4242	3,64925	2,07756	0,4242	3,86964
Família 7 2 cores	1,870	0,773	3,0847	1,8389	0,7731	3,02251	1,84889	0,7731	3,049	1,82229	0,7731	3,01676	1,9649	0,7731	3,16091	1,88564	0,7731	3,06088	1,7998	0,7731	3,03529	1,85492	0,7731	3,04138
Família 7 3 cores	2,799	1,123	4,7266	2,85273	1,1232	4,87835	2,8195	1,1232	4,99618	2,75178	1,1232	4,82543	2,8579	1,1232	4,90975	2,76207	1,1232	4,75048	2,75612	1,1232	4,85823	2,67771	1,1232	4,60855
Família 7 4 cores	4,719	1,473	8,1972	4,82091	1,4732	8,29472	4,7012	1,4734	8,48742	4,70893	1,4732	8,32045	4,63191	1,4732	8,38546	4,63673	1,4732	8,07191	4,61755	1,4732	8,25015	4,58712	1,4732	7,95967
Família 7 5 cores	5,214	1,832	9,0902	5,29584	1,832	9,13849	5,34984	1,832	9,30821	5,00245	1,832	8,82063	5,26634	1,83401	9,0658	5,13751	1,832	8,98523	5,2329	1,832	9,24328	5,20763	1,832	8,95445
Família 7 6 cores	5,465	2,098	9,1405	5,50241	2,098	9,28819	5,44634	2,098	9,3503	5,41331	2,098	9,19738	5,56398	2,098	9,32871	5,41075	2,098	9,11825	5,44093	2,098	9,26678	5,38906	2,098	9,07272
Família 8 1 cor	2,117	0,424	3,8905	2,16851	0,4242	3,85816	2,08622	0,42432	3,94409	2,14438	0,4242	3,92614	1,99499	0,4242	3,91845	2,07179	0,4242	3,75192	2,05909	0,4242	3,83242	2,09108	0,4242	3,7622
Família 8 2 cores	1,866	0,773	3,1491	1,88952	0,7732	3,08146	1,95033	0,7732	3,12054	1,74679	0,7732	2,89648	1,86495	0,7749	3,01017	1,83661	0,7732	3,06046	1,90887	0,7732	3,16746	1,94305	0,7732	3,1337
Família 8 3 cores	2,745	1,123	4,5811	2,75544	1,1232	4,46111	2,76699	1,1232	4,65144	2,80242	1,1232	4,65338	2,73029	1,1232	4,57548	2,79122	1,1232	4,75042	2,75132	1,1232	4,47298	2,79615	1,1232	4,66422
Família 8 4 cores	4,733	1,473	8,5498	4,70645	1,473	8,5516	4,66551	1,473	8,45464	4,7228	1,473	8,47745	4,80432	1,473	8,5706	4,70096	1,473	8,46499	4,76329	1,473	8,54793	4,80602	1,473	8,63655
Família 8 5 cores	5,140	1,832	8,5434	5,18191	1,832	8,33976	5,27647	1,832	8,57025	5,02932	1,832	8,26812	5,12453	1,83401	8,3497	5,14254	1,832	8,58105	5,20469	1,832	8,46749	5,29374	1,832	8,60001
Família 8 6 cores	5,588	2,098	9,3103	5,58295	2,098	9,18935	5,57052	2,098	9,32996	5,64041	2,098	9,34435	5,61513	2,098	9,31591	5,61612	2,098	9,43618	5,6123	2,098	9,19942	5,68316	2,098	9,44199
	<b>5,5879</b>	<b>2,098</b>	<b>9,3103</b>																					
	<b>66,439</b>	<b>23,171</b>	<b>114,297</b>																					

Figura 4.239 – Cenário 15 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,14605	0,42408	4,14795	2,12524	0,42408	4,14841	2,08872	0,42408	4,16819	2,30325	0,42408	4,60384	2,14563	0,42408	4,23348	2,11613	0,42408	4,23792	2,17808	0,42408	4,38091
Família 2 2 cores	1,7854	0,7732	3,03361	1,84238	0,7732	3,16318	1,89135	0,84245	3,00654	1,92202	0,7732	3,25907	1,7741	0,7732	3,15188	1,78974	0,80974	3,02523	1,96374	0,7732	3,06908
Família 2 3 cores	2,78761	1,1232	4,51445	2,75536	1,1232	4,51416	2,84096	1,1232	4,55628	2,72234	1,1232	4,5669	2,77747	1,1232	4,61527	2,81896	1,1232	4,6407	2,8381	1,1232	4,58451
Família 2 4 cores	4,79864	1,4732	8,22349	4,84203	1,4732	8,25027	4,85719	1,4732	8,35898	4,81602	1,4732	8,24319	4,79861	1,4732	8,13951	4,81679	1,4732	8,28958	4,77615	1,4732	8,15437
Família 2 5 cores	4,89824	1,832	8,40109	4,98515	1,832	8,51113	5,10222	1,832	8,86705	5,21297	1,832	8,90618	4,85788	1,832	8,39194	5,26679	1,832	9,09157	5,02336	1,832	8,69348
Família 2 6 cores	5,13515	2,09805	8,59269	5,24295	2,098	8,63304	5,33579	2,098	8,93052	5,44723	2,098	9,03629	5,09759	2,098	8,58067	5,49765	2,098	9,17777	5,29799	2,09805	8,85778
Família 7 1 cor	1,84918	0,4242	3,42211	1,8992	0,4242	3,50421	1,98442	0,4242	3,75959	2,08791	0,4242	3,8465	1,81765	0,4242	3,45293	2,12964	0,4242	3,98424	1,95621	0,4242	3,70487
Família 7 2 cores	1,78037	0,77314	2,97133	1,82349	0,7731	2,96121	1,84538	0,7731	3,04188	1,88241	0,7731	3,10038	1,76898	0,7731	2,96629	1,89782	0,7731	3,13326	1,84774	0,77314	3,05167
Família 7 3 cores	2,77055	1,12331	4,9388	2,83044	1,1232	4,80783	2,77804	1,1232	4,74407	2,74567	1,1232	4,81752	2,7801	1,1232	4,88581	2,73405	1,1232	4,75054	2,82412	1,12331	4,8407
Família 7 4 cores	4,66624	1,47327	8,2919	4,73053	1,4732	8,22263	4,56309	1,4732	8,14747	4,6402	1,4732	8,27008	4,70815	1,4732	8,30044	4,69951	1,4732	8,17108	4,62317	1,47327	7,96908
Família 7 5 cores	5,17612	1,83209	8,98808	5,30326	1,832	9,20807	5,15504	1,832	8,96762	5,19386	1,832	9,07132	5,08369	1,832	9,06338	5,24774	1,832	9,18381	5,33715	1,83209	9,13029
Família 7 6 cores	5,42487	2,0981	9,35032	5,54569	2,098	9,25019	5,47812	2,098	9,19415	5,43584	2,098	9,27519	5,50142	2,098	9,35953	5,42519	2,098	9,22101	5,50365	2,0981	9,32119
Família 8 1 cor	2,09186	0,4242	3,80573	2,10426	0,4242	3,84777	1,99364	0,4242	3,82891	2,08731	0,4242	3,88484	2,12225	0,4242	3,85745	2,14932	0,4242	3,846	2,0127	0,4242	3,58005
Família 8 2 cores	1,8586	0,7732	2,93697	1,90969	0,7732	3,17665	1,83852	0,7732	3,05253	1,88789	0,7732	3,07544	1,78606	0,7732	3,02445	1,9342	0,7732	3,19801	1,93817	0,7732	3,10086
Família 8 3 cores	2,74795	1,1232	4,58415	2,72471	1,1232	4,50617	2,83048	1,1232	4,63842	2,72299	1,1232	4,5231	2,78583	1,1232	4,60333	2,76695	1,1232	4,60701	2,7783	1,1232	4,54455
Família 8 4 cores	4,71108	1,473	8,55849	4,81908	1,473	8,60807	4,79064	1,473	8,61856	4,77213	1,473	8,63731	4,8275	1,473	8,67157	4,77334	1,473	8,6571	4,75695	1,473	8,68143
Família 8 5 cores	5,13231	1,832	8,25849	5,18092	1,832	8,5109	5,18192	1,832	8,46586	5,14928	1,832	8,38941	5,06787	1,832	8,39504	5,25422	1,832	8,6339	5,2703	1,832	8,44387
Família 8 6 cores	5,57806	2,098	9,31812	5,61816	2,098	9,26589	5,70902	2,098	9,40598	5,5887	2,098	9,29901	5,68534	2,098	9,39919	5,63415	2,098	9,39505	5,63602	2,098	9,34482

Figura 4.240 – Cenário 15 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

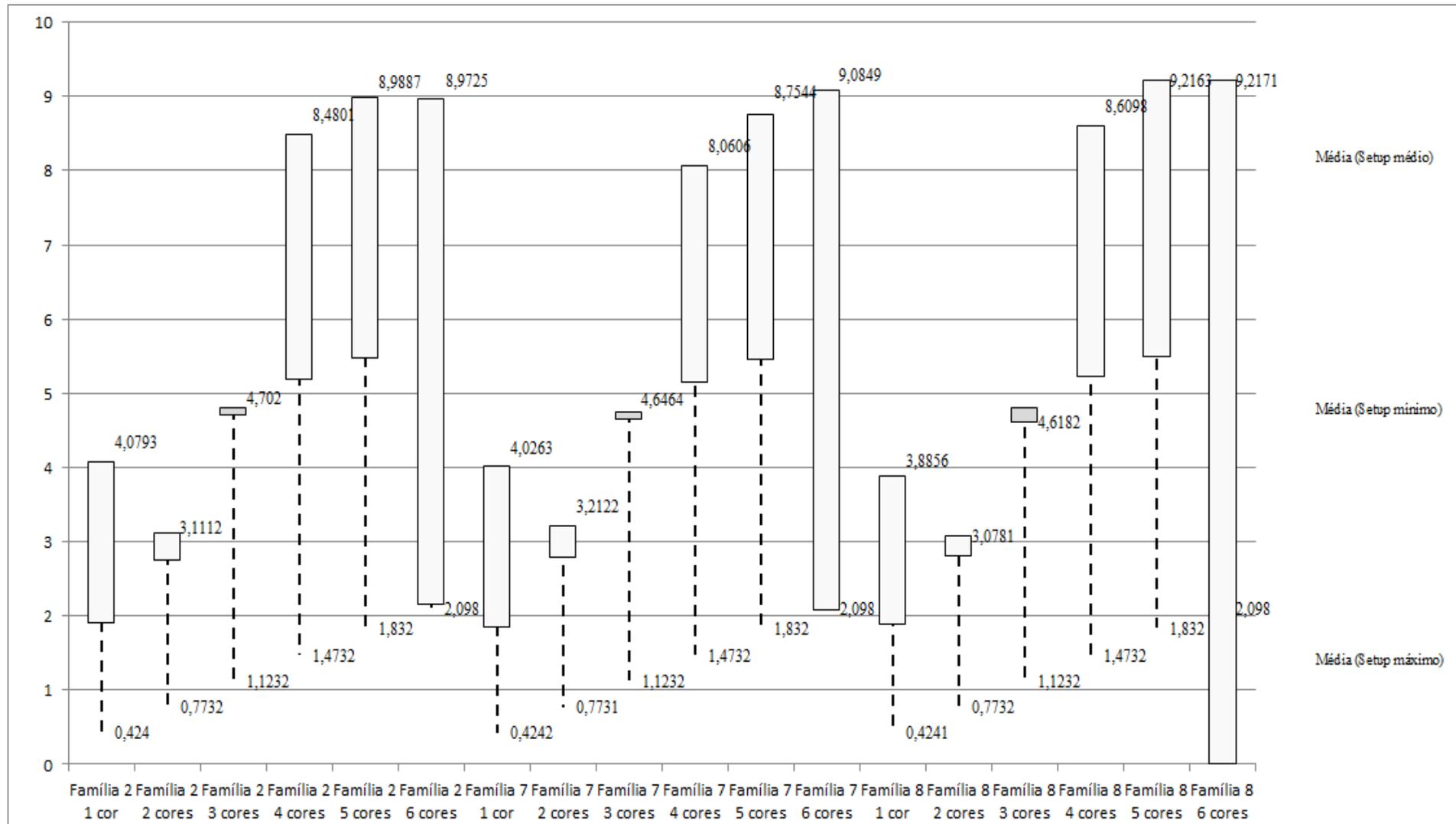


Figura 4.241 – Cenário 15 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoques em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	451,05	5637,0	4720,0	465,95	451,05	5637,00	4720,00	465,95	451,05	5637,00	4720,00	465,95	451,05	5637,00	4720,00	465,95	451,08	5637,00	4720,00	465,92
Familia 2	Linha 2	-398,03	18601,0	17200,0	1799,03	1375,74	18601,00	15288,89	1936,38	1408,33	18601,00	15288,89	1903,78	-1783,78	18601,00	19111,11	1273,66	1367,60	18601,00	15288,89	1944,51
Familia 3	Linha 3	0,17	23250,0	23208,0	41,8301	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,0	788,0	76,7664	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,0	2365,0	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,0	2365,0	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,0	1880,0	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,0	788,0	76,7675	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,0	788,0	76,7707	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,0	4730,0	456,86	450,83	5637,00	4729,31	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,83	5637,00	4729,31	456,86
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	743,66	9300,0	7803,0	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	745,03	9300,00	7801,63	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34
Familia 5	Linha 12	201,10	2514,0	2110,0	202,9	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Familia 6	Linha 13	198,35	2481,0	2075,0	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64
Familia 7	Linha 14	7,41	18601,0	16800,0	1793,59	8,38	18601,00	16800,00	1792,62	9,78	18601,00	16800,00	1791,22	-5559,37	18601,00	22400,00	1760,37	-5613,50	18601,00	22400,00	1814,50
Familia 8	Linha 15	-396,24	18601,0	17200,0	1797,24	-391,98	18601,00	17200,00	1792,98	-392,11	18601,00	17200,00	1793,11	-410,62	18601,00	17200,00	1811,62	-384,32	18601,00	17200,00	1785,32
Familia 9	Linha 16	199,37	2481,0	2066,0	215,63	199,32	2481,00	2066,00	215,68	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,36	2481,00	2066,00	215,64	199,38	2481,00	2066,00	215,62
		2312,4953	117802	106886	8603,5047	4092,821224	117802	104973,5183	8735,660502	4126,011086	117802	104974,21	8701,778955	-4654,42442	117802	114397,1154	8059,309024	-1530,139415	117802	110574,2058	8757,933641
		1,96%	100,00%	90,73%	7,30%	3,47%	100,00%	89,11%	7,42%	3,50%	100,00%	89,11%	7,39%	-3,95%	100,00%	97,11%	6,84%	-1,30%	100,00%	93,86%	7,43%

Figura 4.242 – Cenário 15 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoques em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	451,05	5637,00	4720,00	465,95	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,05	5637,00	4720,00	465,95
Familia 2	Linha 2	-372,27	18601,00	17200,00	1773,27	-406,81	18601,00	17249,69	1758,12	-1781,62	18601,00	19111,11	1271,51	1401,55	18601,00	15288,89	1910,56	-371,32	18601,00	17200,00	1772,32
Familia 3	Linha 3	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	449,45	5637,00	4730,69	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	745,02	9300,00	7801,63	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34
Familia 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Familia 6	Linha 13	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Familia 7	Linha 14	17,53	18601,00	16800,00	1783,47	19,72	18601,00	16800,00	1781,28	21,84	18601,00	16800,00	1779,16	23,87	18601,00	16800,00	1777,13	27,43	18601,00	16800,00	1773,57
Familia 8	Linha 15	-386,36	18601,00	17200,00	1787,36	-390,20	18601,00	17200,00	1791,20	-418,09	18601,00	17200,00	1819,09	-381,43	18601,00	17200,00	1782,43	-406,43	18601,00	17200,00	1807,43
Familia 9	Linha 16	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,36	2481,00	2066,00	215,64
		2359,604438	117802	106884,6336	8557,761992	2322,745556	117802	106935,0057	8544,24877	921,5119214	117802	108797,1152	8083,372882	4142,687152	117802	104975,5806	8683,732274	2348,3351	117802	106886,6916	8566,973315
		2,00%	100,00%	90,73%	7,26%	1,97%	100,00%	90,78%	7,25%	0,78%	100,00%	92,36%	6,86%	3,52%	100,00%	89,11%	7,37%	1,99%	100,00%	90,73%	7,27%

O estoque em processo no cenário 15 sofreu, nos produtos que passam pelo processo de impressão, um aumento da ordem de 27,55% com relação ao estoque em processo do cenário 14. O aumento é devido ao *kanban* definir a frequência de requisição do processo seguinte impressão, menor do que a frequência de fabricação dos processos anteriores de fabricação do produto acabado. Há um aumento do *lead time* e uma redução do nível de ocupação dos recursos de manufatura após a impressão, ou seja, recursos utilizados pelos produtos que passam pela impressão entre os cenários 15, 16 e 17 com a respectiva alteração do número de cartões *kanban* e frequência de requisição.

Figura 4.243 – Cenário 15 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP																
Família 1	Linha 1	451,05	5637,00	4720,00	465,95	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,08	5637,00	4720,00	465,92	451,08	5637,00	4720,00	465,92
Família 2	Linha 2	1377,09	18601,00	15288,89	1935,02	-372,81	18601,00	17200,00	1773,81	-375,63	18601,00	17200,00	1776,63	1389,68	18601,00	15288,89	1922,43	1390,29	18601,00	15288,89	1921,82
Família 3	Linha 3	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83	0,17	23250,00	23208,00	41,83
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,00	4730,00	456,86	449,45	5637,00	4730,69	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	743,66	9300,00	7803,00	753,34	743,66	9300,00	7803,00	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34	744,34	9300,00	7802,32	753,34
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,36	2481,00	2075,00	207,64
Família 7	Linha 14	-5567,85	18601,00	22400,00	1768,85	21,18	18601,00	16800,00	1779,82	36,65	18601,00	16800,00	1764,35	-3,94	18601,00	16800,00	1804,94	-5581,09	18601,00	22400,00	1782,09
Família 8	Linha 15	-402,72	18601,00	17200,00	1803,72	-396,28	18601,00	17200,00	1797,28	-414,44	18601,00	17200,00	1815,44	-418,50	18601,00	17200,00	1819,50	-391,95	18601,00	17200,00	1792,95
Família 9	Linha 16	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,36	2481,00	2066,00	215,64	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,33	2481,00	2066,00	215,67
		-1494,144983	117802	110574,8889	8721,256094	2350,756495	117802	106886,6874	8564,556105	2345,942092	117802	106886,0041	8570,053823	4066,614804	117802	104974,8932	8760,492023	-1482,726173	117802	110574,2057	8710,520499
		-1,27%	100,00%	93,87%	7,40%	2,00%	100,00%	90,73%	7,27%	1,99%	100,00%	90,73%	7,27%	3,45%	100,00%	89,11%	7,44%	-1,26%	100,00%	93,86%	7,39%

No caso a solução é adequar o dimensionamento do *kanban* ou permitir a formação de estoque pulmão a fim de definir um ponto de desacoplamento capaz de garantir o atendimento à demanda com margem de segurança quanto a não ocorrer falta de produto em função de eventuais ocorrências no processo como, por exemplo, quebra de máquina ou problemas com matéria prima.

Deve ser realizado, contudo, um dimensionamento que priorize os produtos de maior volume de consumo sem finalizá-lo antes da definição da customização necessária do cliente, e da prioridade quanto ao prazo de entrega.

Figura 4.244 – Cenário 15 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

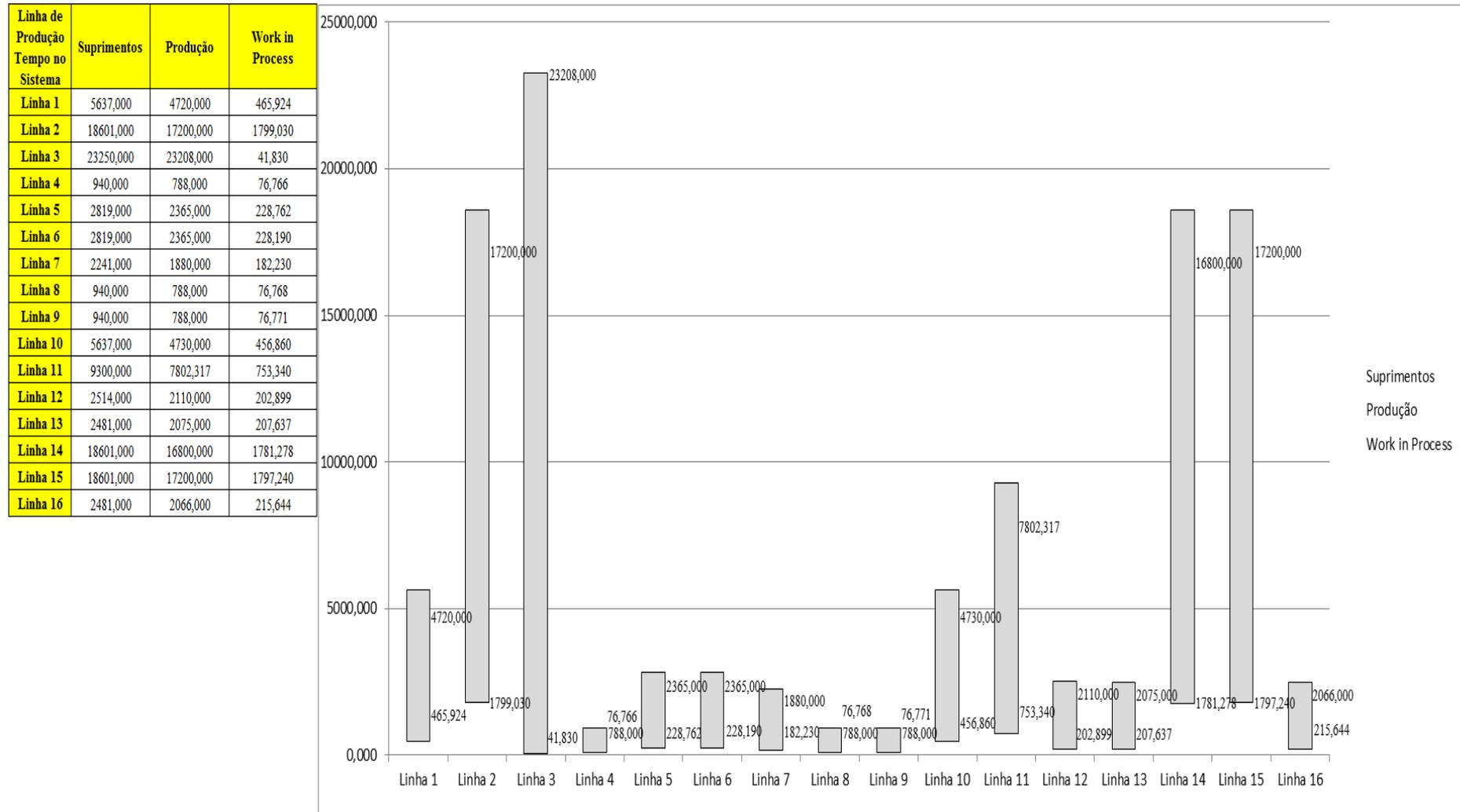
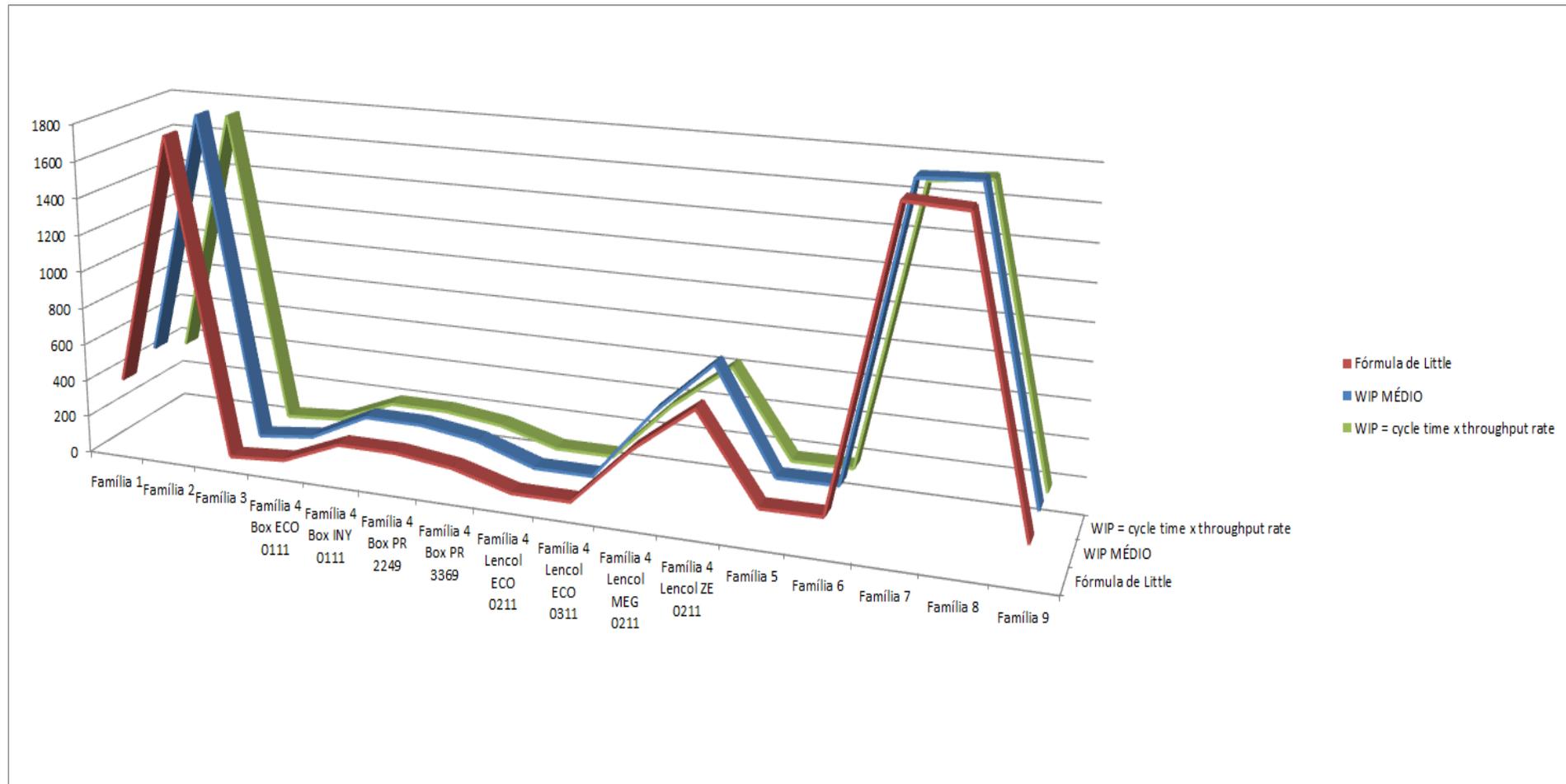


Figura 4.245 – Cenário 15 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.246 não houve alteração do tempo de espera no processo de impressão com o uso de cartões *kanban* no processo, de acordo com os resultados.

Figura 4.246 – Cenário 15 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,46035	2,4606	2,4606	2,4606	2,46035	2,46035	2,46035	2,4606
Família 2	Linha 2	3,0192	3,15696	3,1115	2,91404	3,15349	3,00557	3,02549	2,93576	3,12074	3,00522	3,17156	3,02522	2,98253	3,13072	3,16679	3,02549
Família 3	Linha 3	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325	0,00325
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4542	2,42077	2,37169	2,32406	2,41609	2,4318	2,39035	2,28815	2,42348	2,4435	2,33756	2,32496	2,36902	2,36227	2,31008	2,371694
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4539	2,4912	2,44888	2,45892	2,48042	2,44171	2,49163	2,47738	2,43731	2,45674	2,46726	2,43759	2,45596	2,4481	2,44592	2,455964
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4527	3,11689	2,47956	2,45771	2,51094	2,46654	2,52539	2,47675	2,49907	2,50234	2,5274	2,46943	2,49641	2,49294	2,47741	2,492939
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4539	2,42898	2,45911	2,44387	2,44328	2,48775	2,47153	2,44657	2,41766	2,41727	2,43392	2,44219	2,4747	2,47043	2,46922	2,446573
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4543	2,49118	2,60242	2,51655	2,49723	2,5325	2,48868	2,48756	2,50596	2,59253	2,52676	2,46919	2,52486	2,57867	2,50403	2,505961
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4543	2,389	2,51255	2,37635	2,48366	2,47036	2,45471	2,50584	2,44732	2,46874	2,36091	2,36624	2,43322	2,3813	2,35885	2,44732
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4542	2,47299	2,48077	2,47851	2,48848	2,47531	2,47649	2,48302	2,48549	2,49677	2,48585	2,47963	2,48576	2,4813	2,4761	2,480771
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,4537	2,45745	2,45644	2,45262	2,45665	2,45831	2,45643	2,45329	2,45311	2,4611	2,46475	2,44913	2,45765	2,45748	2,45355	2,45644
Família 5	Linha 12	2,4556	2,0435	1,82841	2,8734	2,82143	3,39656	1,77694	1,74129	1,85732	2,05203	3,32188	1,92731	2,73535	2,74572	1,99238	2,052034
Família 6	Linha 13	2,4637	2,33986	2,29046	2,83423	2,45631	2,51957	1,88878	2,32432	2,97474	2,71185	2,48245	2,6351	2,52308	2,28349	2,30762	2,4637
Família 7	Linha 14	3,0214	2,99588	2,99985	3,4078	3,63249	3,03085	2,92311	2,97153	2,90267	2,97119	3,48861	3,02272	2,891	3,03885	3,53198	3,0214
Família 8	Linha 15	3,0272	3,0359	3,01803	3,02004	3,02205	3,01123	3,03456	3,07226	3,01361	3,05769	3,03414	3,03352	3,05484	3,06552	3,0338	3,033801
Família 9	Linha 16	2,4721	3,03422	2,85465	2,54575	2,34315	2,33485	2,34807	2,33826	2,55717	2,73181	2,1357	2,60187	2,53183	2,65824	2,14112	2,531834
		3,0272	3,15696	3,1115	3,4078	3,63249	3,39656	3,03456	3,07226	3,12074	3,05769	3,48861	3,03352	3,05484	3,13072	3,53198	
		8,83754	8,08289	8,3434	6,71951	5,60511	6,7779	8,79385	8,57164	8,29014	8,65719	6,3071	8,79999	8,67399	8,23274	6,09112	7,78561

Figura 4.247 – Cenário 15 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

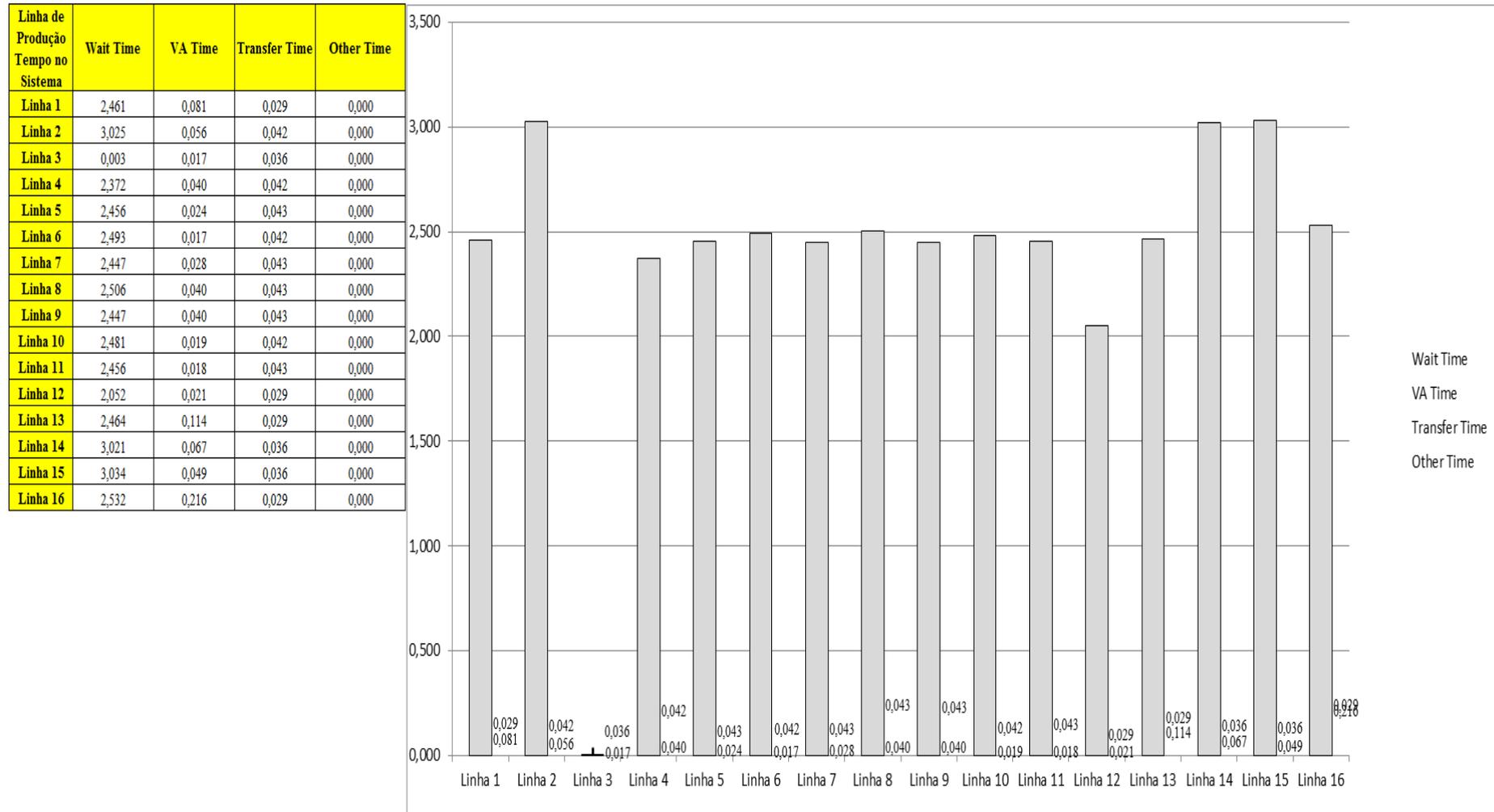


Figura 4.248 – Cenário 15 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

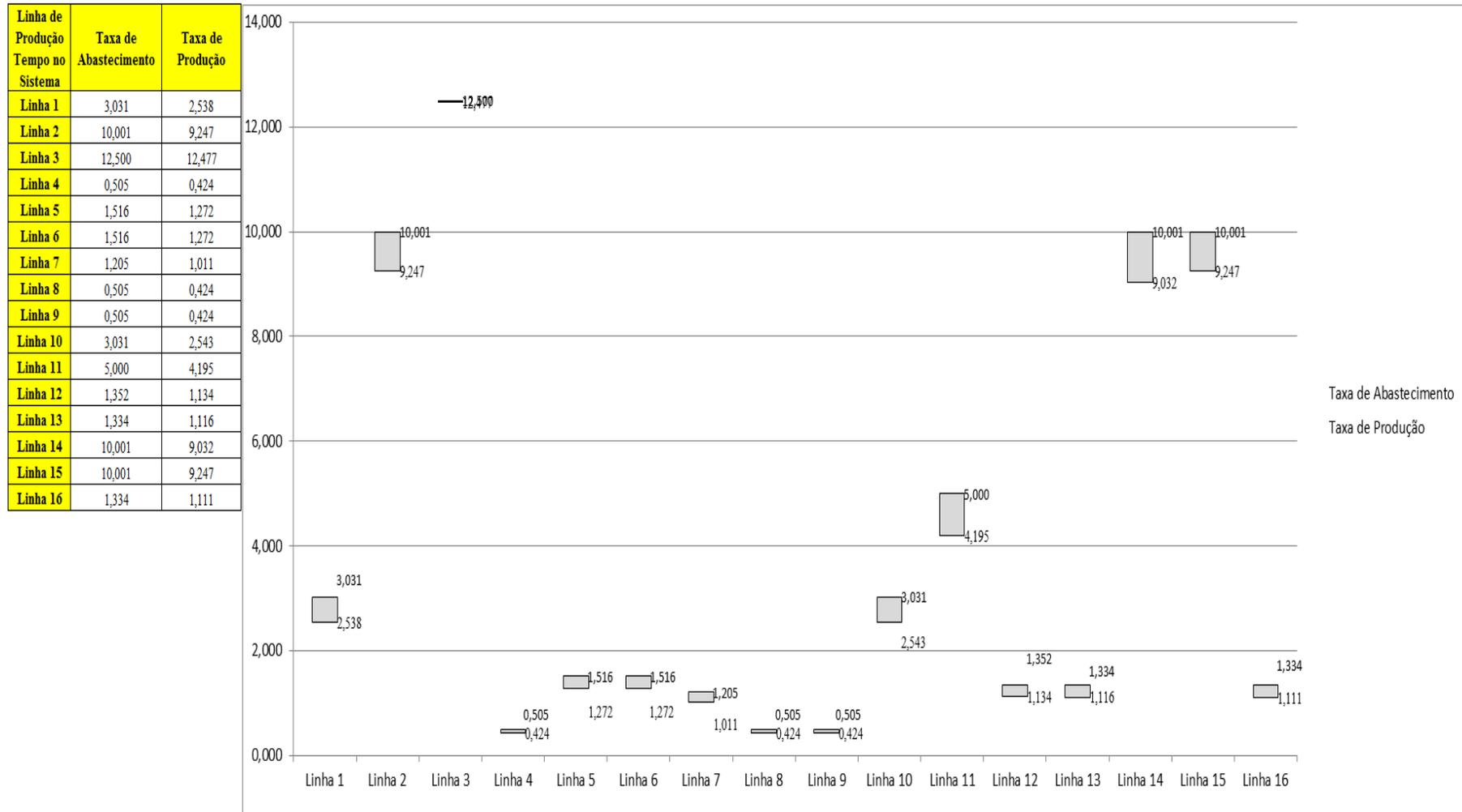


Figura 4.249 – Cenário 15 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

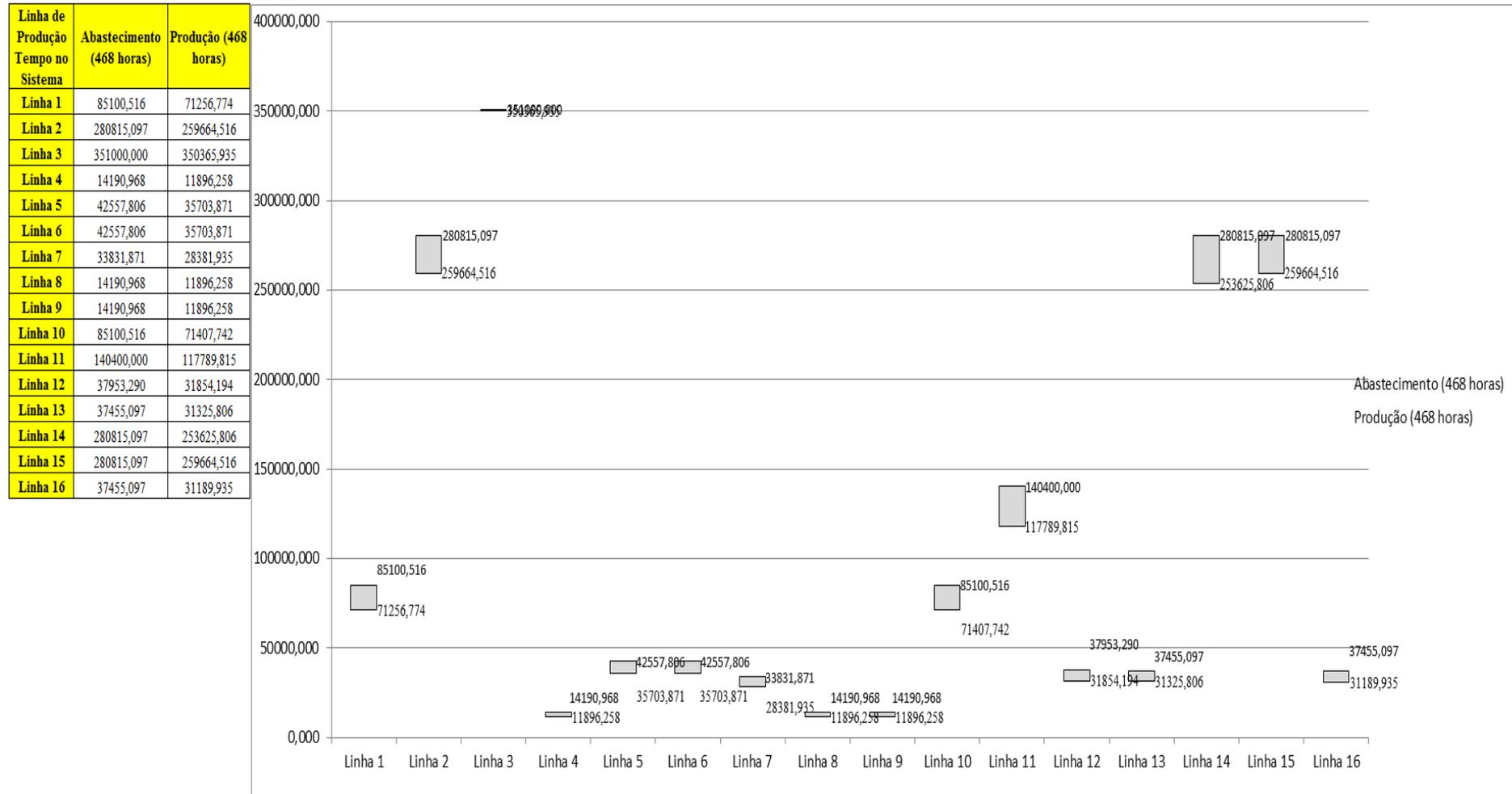


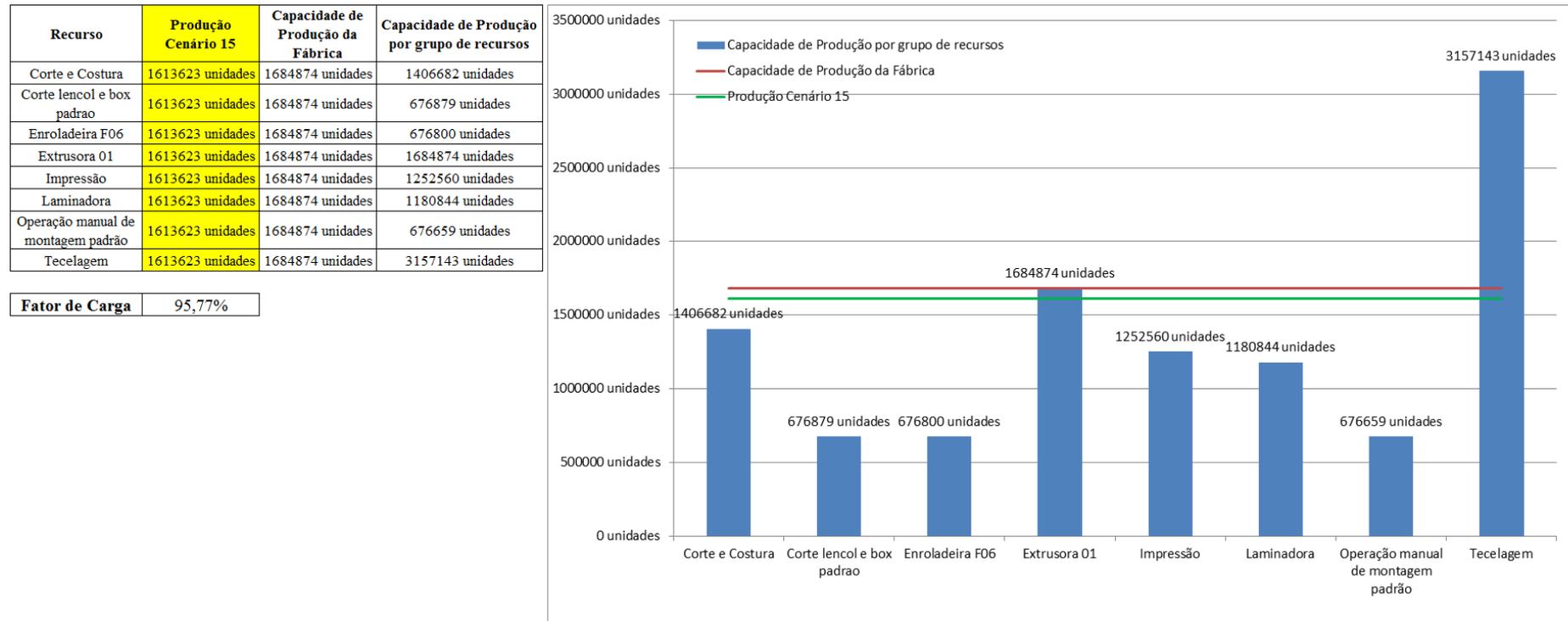
Figura 4.250 – Cenário 15 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	28,09101%	27,68000%	27,16654%	27,36762%	29,78051%	28,10728%	28,24732%	27,98161%	29,17010%
Corte e Costura Supra	1	33,96397%	34,15000%	33,25306%	33,25306%	35,47879%	34,05034%	33,98390%	34,08356%	34,74796%
Corte e Costura Taubate	1	38,57512%	38,94000%	38,10258%	37,95304%	39,98677%	38,64092%	38,58111%	38,91009%	39,02972%
Corte e Costura Vitra	1	42,53565%	43,21000%	42,19297%	41,86312%	43,78723%	42,57779%	42,35789%	43,01759%	42,96261%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	95,72310%	95,78000%	94,90359%	94,90534%	97,52574%	95,77825%	95,77649%	95,80237%	96,65287%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,77890%	24,84000%	23,71122%	23,71122%	27,09756%	24,84000%	24,84000%	25,04885%	25,96878%
Impressora PADANE	1	24,81803%	24,88000%	23,74848%	23,74848%	27,14305%	24,88000%	24,88000%	25,08873%	26,01152%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,93683%	18,92000%	18,97115%	18,88306%	18,95410%	18,94842%	18,92852%	18,91716%	18,92284%
Tear 02	1	33,27273%	33,19000%	33,42089%	33,44975%	33,36317%	33,21886%	33,27658%	33,24772%	33,27658%
Tear 03	1	42,97644%	43,15000%	42,68602%	42,86646%	42,84068%	43,02112%	42,96956%	43,04689%	42,99534%
Tear 04	1	6,71930%	6,73000%	6,74361%	6,71117%	6,70330%	6,70822%	6,69249%	6,74066%	6,69839%
Tear 05	1	12,91907%	12,96000%	12,92711%	12,87228%	12,97096%	12,92711%	13,00386%	12,82843%	12,90518%
Tear 06	1	18,53650%	18,61000%	18,49863%	18,46522%	18,54318%	18,47636%	18,63227%	18,61000%	18,43181%
Tear 07	1	23,24175%	23,38000%	23,29081%	23,29081%	23,26851%	23,29081%	23,23506%	23,15701%	23,23506%
Tear 08	1	27,55098%	27,59000%	27,48869%	27,69131%	27,65754%	27,49995%	27,51120%	27,52246%	27,63503%
Tear 09	1	31,15568%	31,01000%	31,10011%	31,19023%	30,98747%	31,08885%	31,05506%	31,33666%	31,55068%
Tear 10	1	34,56331%	34,44000%	34,73504%	34,49674%	34,48539%	34,67830%	34,63291%	34,62156%	34,50809%
Tear 11	1	37,70211%	37,40000%	37,72123%	37,79006%	37,73270%	37,82448%	37,50325%	37,62945%	37,46883%
Tear 12	1	39,89253%	39,70000%	39,58585%	39,99678%	39,85980%	39,92829%	39,83698%	39,88263%	40,04244%

Figura 4.251 – Cenário 15 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	28,09101%	27,06601%	28,39094%	28,20064%	28,19346%	28,32631%	27,64769%	28,03906%
Corte e Costura Supra	1	33,96397%	33,35272%	34,01712%	33,98390%	34,05034%	33,88424%	33,15340%	34,01712%
Corte e Costura Taubate	1	38,57512%	38,10258%	38,40166%	38,64092%	38,49138%	38,49138%	37,68387%	38,67083%
Corte e Costura Vitra	1	42,53565%	42,30292%	42,11051%	42,38538%	42,49533%	42,41287%	41,58825%	42,77020%
Corte lencol e box padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	95,72310%	94,90885%	95,78171%	95,78000%	95,78171%	95,78000%	94,90717%	95,78238%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,77890%	23,71122%	24,84000%	24,84000%	24,84000%	24,84000%	23,71461%	24,84000%
Impressora PADANE	1	24,81803%	23,74848%	24,88000%	24,88000%	24,88000%	24,88000%	23,74170%	24,88000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,93683%	18,93137%	18,98536%	19,00241%	18,93421%	18,91393%	18,92852%	18,91148%
Tear 02	1	33,27273%	33,30544%	33,19000%	33,10342%	33,24772%	33,24772%	33,27658%	33,27658%
Tear 03	1	42,97644%	42,94379%	42,96956%	43,04689%	42,99534%	43,07267%	42,99534%	43,04689%
Tear 04	1	6,71930%	6,75934%	6,67381%	6,74361%	6,74361%	6,71313%	6,68265%	6,74558%
Tear 05	1	12,91907%	12,96000%	12,91614%	12,88325%	12,88325%	12,89421%	12,87228%	12,98193%
Tear 06	1	18,53650%	18,48749%	18,48749%	18,58773%	18,61000%	18,46522%	18,58773%	18,55431%
Tear 07	1	23,24175%	23,20161%	23,15701%	23,38000%	23,10127%	23,23506%	23,30196%	23,10127%
Tear 08	1	27,55098%	27,43241%	27,53372%	27,49995%	27,52246%	27,80388%	27,46618%	27,40989%
Tear 09	1	31,15568%	31,15643%	31,17896%	30,89736%	31,16770%	31,20149%	31,17896%	31,23528%
Tear 10	1	34,56331%	34,42865%	34,92795%	34,64426%	34,56482%	34,42865%	34,54213%	34,31518%
Tear 11	1	37,70211%	37,51472%	38,03098%	37,60650%	37,65239%	37,70975%	38,05393%	37,89331%
Tear 12	1	39,89253%	40,15658%	39,82556%	39,85980%	39,99678%	39,91688%	39,92829%	39,87122%

Figura 4.252 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.252 o fator de carga do cenário 15 é 95,77% que comparado com o fator de carga do cenário 14 de 95,42% demonstra um pequeno aumento com o dimensionamento e uso do cartão *kanban* no processo de impressão.

Contudo, avaliando a evolução do indicador de desempenho fator de carga a partir do cenário 11 de 96,53%, é fato que esse último é maior do que 91,15% do cenário 7, maior do que 88,61% do cenário 12, maior do que 88,43% do cenário 13, maior do que 95,42% do cenário 14 e conseqüentemente maior do que 95,77% do cenário 15. No caso os resultados demonstram, como esperado, que o tamanho do lote interfere no resultado do desempenho quanto ao volume de produtos acabados fabricados do processo de impressão mais diretamente do que no resultado da fábrica toda.

O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 14, mantido no cenário 15. O aumento a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, de 1.285.537 no cenário 12, de 1.346.823 no cenário 13, de 1.254.894 no cenário 14 e conseqüentemente de 1.252.560 no cenário 15, com redução de (-) 0,186% com relação ao cenário 14, implica que a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 500 unidades para 400 unidades e o uso do cartão *kanban* necessitam constantemente de ajustes dependendo do momento da demanda, e do desempenho desejado do sistema de produção. No cenário 15 a produção no processo de impressão de 1.252.560 reflete esse resultado.

Figura 4.253 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

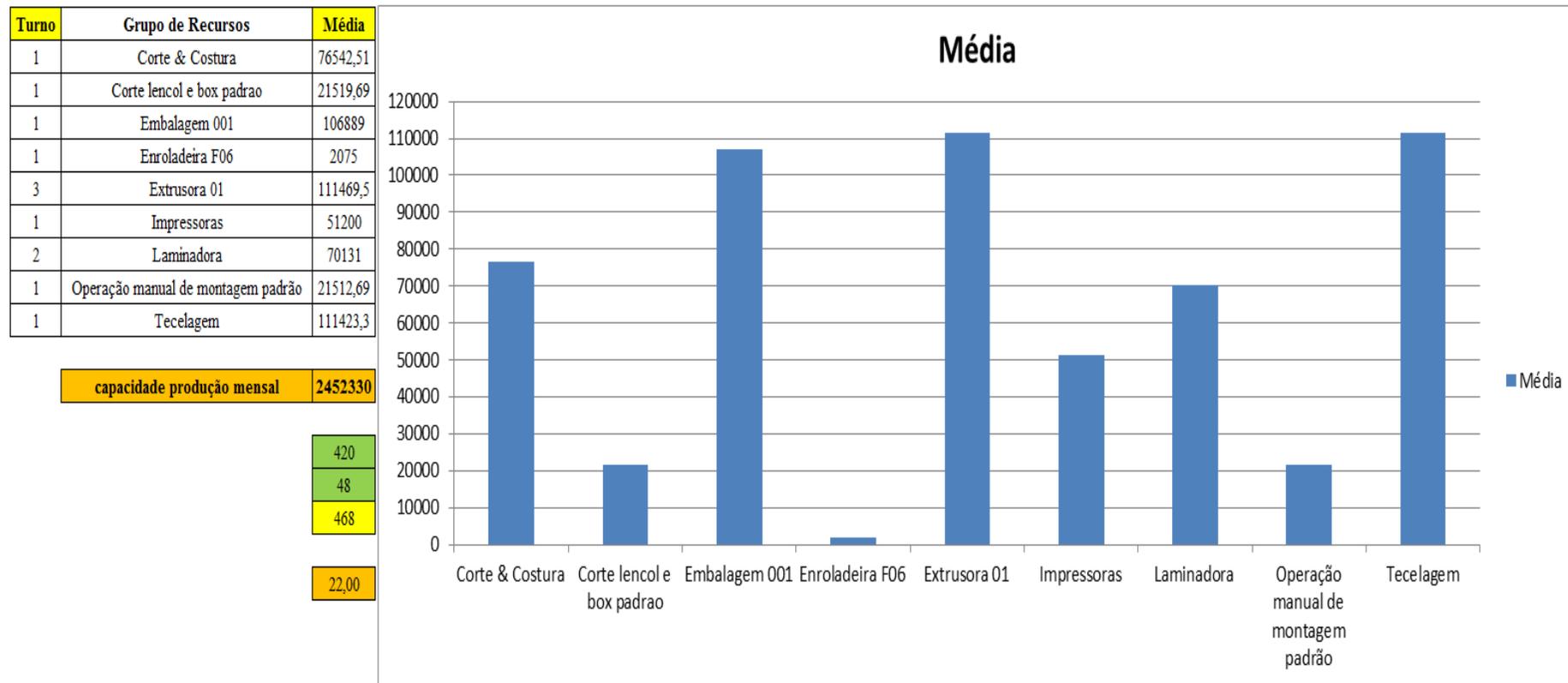


Figura 4.254 – Cenário 15 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																		
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
1	451,076	465,9244	5637	4720	1	2,4606	2,5704	0,0812	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71256,774	4,42%
2	-398,030	1799,03	18601	17200	2	3,02549	3,1244	0,0564	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,108 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,247 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	259664,516	16,09%
3	0,170	41,83016	23250	23208	3	0,00325	0,0558	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,477 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350365,935	21,71%
4	75,234	76,7664	940	788	4	2,37169	2,4544	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
5	225,238	228,7622	2819	2365	5	2,45596	2,5220	0,0235	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,21%
6	225,810	228,19	2819	2365	6	2,49294	2,5526	0,0172	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,21%
7	178,770	182,23	2241	1880	7	2,44657	2,5169	0,0278	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,76%
8	75,233	76,7675	940	788	8	2,50596	2,5886	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
9	75,229	76,7707	940	788	9	2,44732	2,5300	0,0402	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,74%
10	450,140	456,86	5637	4730	10	2,48077	2,5426	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,543 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71407,742	4,43%
11	744,343	753,34	9300	7802,3	11	2,45644	2,5166	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,195 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117789,815	7,30%
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05203	2,1016	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	1,97%
13	198,363	207,6372	2481	2075	13	2,4637	2,6067	0,1143	0,0287	0,00	0,750 minutos	0,896 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,116 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31325,806	1,94%
14	19,722	1781,278	18601	16800	14	3,0214	3,1237	0,0667	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,111 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,032 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	253625,806	15,72%
15	-396,240	1797,24	18601	17200	15	3,0338	3,1188	0,0494	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,108 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,247 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	259664,516	16,09%
16	199,356	215,6442	2481	2066	16	2,53183	2,7761	0,2157	0,0285	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31189,935	1,93%
	2325,514	8591,17	117802	106885		38,2498	39,7013	0,8478	0,6037	0,00			63,334 (unid./minuto)	57,465 (unid./minuto)	1778430,194		1613623,492	
	1,97%	7,29%	100,00%	90,73%		96,34%	100,00%	2,14%	1,52%	0,00%							90,733%	

De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.254 a produção do cenário 15 é de 1.613.623 o que corresponde a 90,733% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção, contra os 828.254 de produção do cenário 2 o qual representa 63,361% com um menor volume de matéria prima de abastecimento realizada, enquanto que a produção do cenário 5 é de 1.178.229, com a mesma taxa de abastecimento do cenário 2 com a 1ª alteração do *setup* que corresponde a 90,11%. É relevante avaliar que para os cenários a movimentação foi mantida constante em função do equipamento de movimentação da empresa ser precário e lento mantendo um desempenho uniforme de movimentação. Desse modo o tempo de movimentação cronometrado no chão da fábrica nesse caso não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo. Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação, em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão, além da influência do dimensionamento dos cartões *kanban*. É importante considerar que no caso do cenário 15 a frequência de liberação dos cartões *kanban* foi considerada a mesma da taxa de abastecimento do sistema de produção.

Figura 4.255 – Cenário 16 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,571	0,109	5,042	2,571	0,1085	5,04265	2,57103	0,10851	5,0424	2,571	0,1085	5,04221	2,5709	0,1085	5,04227	2,57097	0,10851	5,04209	2,57097	0,10849	5,04227	2,5709	0,10849	5,0419
Família 2	Linha 2	3,657	1,018	9,908	3,82214	1,01295	9,62299	3,76759	1,01218	9,55809	3,53033	1,01397	9,90834	3,81797	1,01354	9,64779	3,6403	1,01252	9,73921	3,66426	1,0138	9,97987	3,55642	1,00954	10,0634
Família 3	Linha 3	0,056	0,048	0,167	0,05575	0,04794	0,1674	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,16742	0,05575	0,04793	0,16741	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,16741
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,537	0,080	5,011	2,53667	0,07972	5,01134	2,5367	0,07972	5,01146	2,5367	0,07972	5,01103	2,5367	0,07971	5,01214	2,5367	0,07972	5,01121	2,5367	0,07972	5,01121	2,5367	0,07971	5,01239
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,520	0,063	4,996	2,51993	0,06296	4,9956	2,5199	0,06296	4,99541	2,5199	0,06296	4,99523	2,5199	0,06296	4,99529	2,5199	0,06297	4,99554	2,51993	0,06297	4,99498	2,51993	0,06297	4,99554
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,513	0,058	4,987	2,51247	0,05765	4,98705	2,5125	0,05764	4,98668	2,5125	0,05765	4,98655	2,5125	0,05765	4,98729	2,5125	0,05764	4,9868	2,5125	0,05765	4,98649	2,5125	0,05764	4,98637
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,524	0,069	4,996	2,5242	0,06905	4,99601	2,5242	0,06905	4,99626	2,5242	0,06905	4,99657	2,5242	0,06905	4,99608	2,5242	0,06905	4,99601	2,5242	0,06905	4,9962	2,52417	0,06905	4,99632
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,537	0,082	5,009	2,537	0,08212	5,00806	2,537	0,08212	5,00849	2,537	0,08212	5,00818	2,53703	0,08212	5,00886	2,53697	0,08211	5,00855	2,537	0,08212	5,00837	2,53697	0,08211	5,00793
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,537	0,081	5,009	2,5369	0,08104	5,00916	2,53687	0,08105	5,00941	2,5369	0,08104	5,0096	2,5369	0,08104	5,00953	2,5369	0,08105	5,0099	2,53687	0,08103	5,00966	2,53693	0,08105	5,0099
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,516	0,059	4,990	2,5161	0,05923	4,98938	2,5161	0,05922	4,98987	2,5161	0,05922	4,98944	2,5161	0,05922	4,98907	2,5161	0,05922	4,9895	2,5161	0,05922	4,98931	2,5161	0,05922	4,98993
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,515	0,057	4,991	2,5145	0,05684	4,99089	2,5145	0,05684	4,99157	2,5145	0,05684	4,9907	2,5145	0,05684	4,99051	2,5145	0,05683	4,99095	2,5145	0,05684	4,99076	2,5145	0,05684	4,99169
Família 5	Linha 12	2,504	0,048	4,977	2,50384	0,04764	4,97632	2,50387	0,04764	4,97629	2,50387	0,04764	4,97688	2,50393	0,04765	4,97638	2,50397	0,04764	4,97746	2,50384	0,04764	4,97644	2,50389	0,04764	4,97658
Família 6	Linha 13	2,607	0,145	5,074	2,60699	0,1447	5,07418	2,60699	0,1447	5,07444	2,6071	0,1447	5,07438	2,60701	0,14471	5,07435	2,60704	0,1447	5,0743	2,60707	0,14469	5,07453	2,60701	0,1447	5,07418
Família 7	Linha 14	3,612	1,021	9,791	3,58141	1,02147	9,08381	3,58614	1,02481	9,00903	4,06878	1,02181	13,3358	4,33461	1,02336	13,4781	3,62274	1,02267	9,59094	3,49531	1,0207	9,20637	3,55264	1,02456	9,76075
Família 8	Linha 15	3,600	1,007	9,868	3,61003	1,00513	9,87069	3,58897	1,0065	9,75873	3,59132	1,00744	9,78468	3,59369	1,00633	9,89198	3,58092	1,00907	9,77091	3,60845	1,00582	9,86587	3,65297	1,00701	9,96756
Família 9	Linha 16	2,717	0,248	5,180	2,71765	0,24777	5,17945	2,71744	0,24778	5,17978	2,71717	0,24782	5,18135	2,71678	0,2477	5,18193	2,71739	0,2478	5,18168	2,71739	0,24777	5,18078	2,71691	0,24775	5,17929
		<b>3,6567</b>	<b>1,0213</b>	<b>9,9083</b>																					

Figura 4.256 – Cenário 16 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação					
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo			
Família 1	Linha 1	2,57094	0,10849	5,042273	2,57103	0,1085	5,04209	2,571	0,10849	5,04289	2,57097	0,10849	5,04327	2,57094	0,1085	5,04221	2,5709	0,10849	5,04265	2,57097	0,10848	5,04252			
Família 2	Linha 2	3,77866	1,01457	9,66893	3,63991	1,01278	9,70131	3,83971	1,0121	9,82736	3,66393	1,01286	9,83669	3,61265	1,01584	9,56958	3,79065	1,01422	9,74495	3,83398	1,01584	9,58817			
Família 3	Linha 3	0,05575	0,04794	0,167439	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,1674	0,05575	0,04794	0,16741	0,05575	0,04794	0,16742	0,05575	0,04794	0,16742			
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53667	0,07973	5,011152	2,5367	0,07972	5,01121	2,53667	0,07972	5,01109	2,53667	0,07973	5,01208	2,53667	0,07973	5,01152	2,5367	0,07973	5,01152	2,53664	0,07972	5,01251			
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,5199	0,06296	4,995105	2,51993	0,06297	4,99517	2,5199	0,06297	4,99511	2,5199	0,06297	4,99498	2,5199	0,06295	4,99511	2,51993	0,06297	4,99523	2,5199	0,06296	4,99511			
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05764	4,986676	2,5125	0,05765	4,98649	2,51247	0,05764	4,98748	2,5125	0,05764	4,98692	2,5125	0,05764	4,98649	2,5125	0,05764	4,98649	2,5125	0,05764	4,98643	2,51247	0,05765	4,98649
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5242	0,06904	4,996138	2,52417	0,06905	4,99626	2,52417	0,06905	4,9962	2,5242	0,06905	4,99657	2,5242	0,06905	4,99626	2,52417	0,06905	4,99608	2,5242	0,06904	4,99639			
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,537	0,08212	5,008181	2,537	0,08212	5,00806	2,53697	0,08212	5,00793	2,537	0,08213	5,00868	2,537	0,08212	5,00824	2,537	0,08213	5,00917	2,53703	0,08213	5,00824			
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,009038	2,5369	0,08103	5,00922	2,53687	0,08103	5,00935	2,5369	0,08105	5,00922	2,53687	0,08105	5,01015	2,5369	0,08104	5,00898	2,53687	0,08105	5,01003			
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5161	0,05922	4,989438	2,5161	0,05922	4,98944	2,5161	0,05922	4,98925	2,5161	0,05922	4,9903	2,5161	0,05922	4,98938	2,5161	0,05922	4,98901	2,5161	0,05922	4,98981			
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5145	0,05684	4,991195	2,5145	0,05683	4,99132	2,5145	0,05684	4,9907	2,5145	0,05684	4,99089	2,5145	0,05683	4,99113	2,5145	0,05684	4,99051	2,5145	0,05683	4,9907			
Família 5	Linha 12	2,50386	0,04764	4,976467	2,50389	0,04764	4,97658	2,50393	0,04764	4,97655	2,50387	0,04764	4,97626	2,50396	0,04764	4,97664	2,5039	0,04764	4,97728	2,50389	0,04764	4,9765			
Família 6	Linha 13	2,60705	0,14468	5,074148	2,60715	0,14469	5,07509	2,60704	0,1447	5,07483	2,60713	0,14469	5,07492	2,60699	0,1447	5,07453	2,60712	0,1447	5,07456	2,60696	0,1447	5,07438			
Família 7	Linha 14	3,4712	1,02199	8,635168	3,5522	1,0279	8,84379	4,16438	1,02301	13,3014	3,61324	1,02336	9,70217	3,45732	1,02336	8,71457	3,63229	1,0213	10,0504	4,21574	1,02164	13,6064			
Família 8	Linha 15	3,58373	1,00582	9,876975	3,63574	1,00684	9,93576	3,60799	1,00573	9,94639	3,60723	1,00582	9,96776	3,63238	1,00667	10,0079	3,64502	1,00847	9,99108	3,60756	1,00744	10,0192			
Família 9	Linha 16	2,71696	0,2478	5,182925	2,71717	0,2478	5,18425	2,71739	0,24773	5,18069	2,71748	0,24785	5,18127	2,71717	0,24777	5,17995	2,717	0,24782	5,17846	2,71761	0,24788	5,18086			

Figura 4.257 – Cenário 16 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

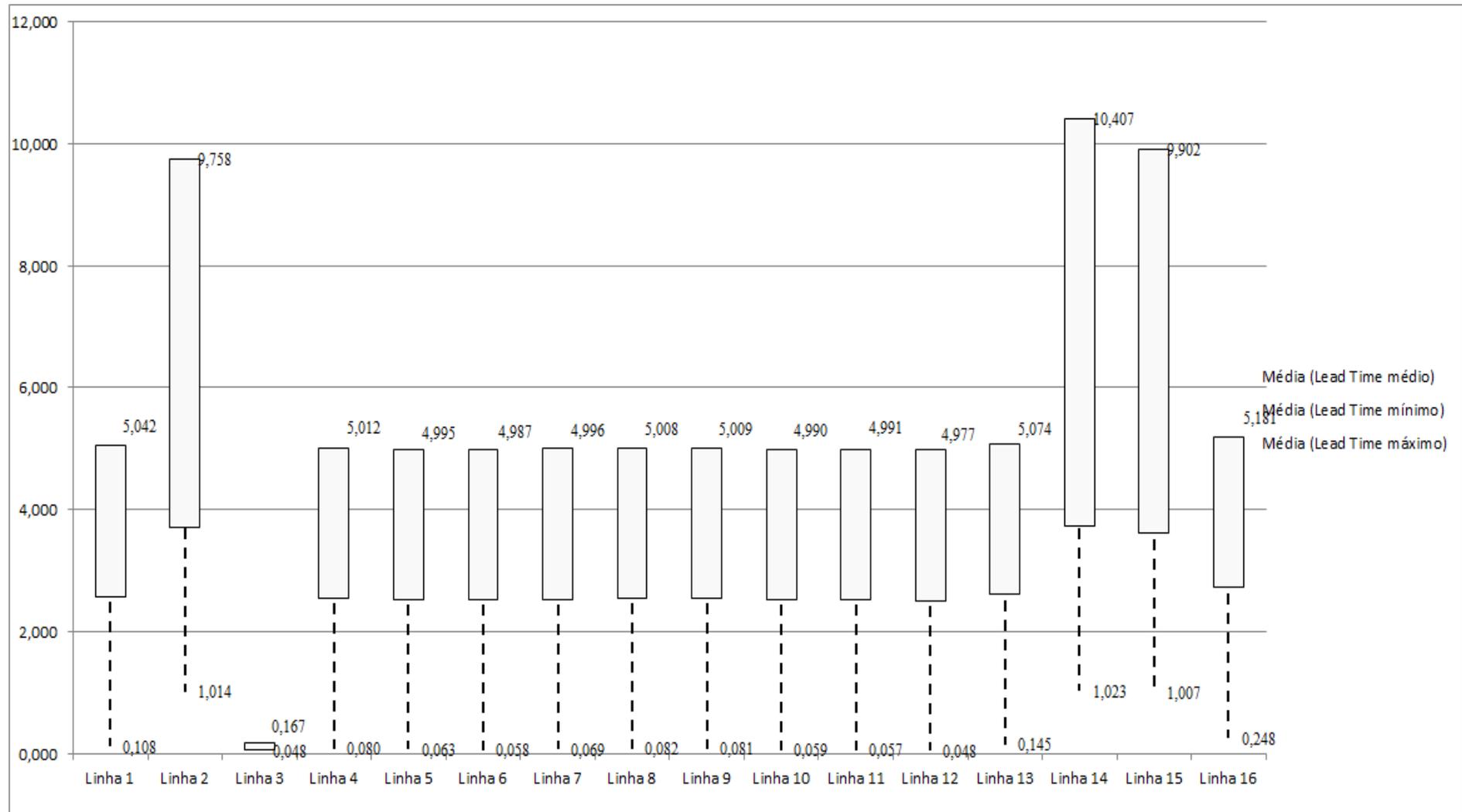


Figura 4.258 – Cenário 16 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,151	0,424	3,985	2,08117	0,4242	3,98417	2,18208	0,42408	4,15121	2,17059	0,42408	4,0804	2,36068	0,42408	4,43471	2,33087	0,42408	4,25818	2,38076	0,42408	4,05228	2,12694	0,4242	4,19607
Família 2 2 cores	1,857	0,773	3,061	1,85813	0,7732	3,1713	1,85623	0,7732	3,06907	1,76558	0,7732	2,97573	1,86202	0,7732	3,17032	1,791	0,7732	3,06149	1,88232	0,7732	3,1098	1,80148	0,79626	3,01966
Família 2 3 cores	2,770	1,123	4,609	2,91102	1,1232	4,93451	2,84732	1,1232	4,67937	2,82207	1,1232	4,70779	2,86015	1,1232	4,71371	2,81993	1,1232	4,68205	2,77615	1,1232	4,48093	2,77046	1,1232	4,62852
Família 2 4 cores	4,760	1,473	8,159	4,70903	1,48672	7,92415	4,59732	1,4734	7,86951	4,72424	1,4734	8,15951	4,63668	1,4734	7,94363	4,6778	1,4734	8,01971	4,75418	1,49272	8,21827	4,82578	1,4734	8,2867
Família 2 5 cores	5,356	1,832	9,290	5,18595	1,84028	8,82015	5,18352	1,832	8,75302	5,24353	1,832	8,98884	5,50111	1,832	9,21719	5,38896	1,832	9,11579	5,19181	1,84401	9,04587	5,46495	1,832	9,34855
Família 2 6 cores	5,385	2,098	9,023	5,25421	2,10274	8,70426	5,26738	2,098	8,7104	5,25925	2,098	8,77777	5,59404	2,098	9,0995	5,42356	2,098	8,90396	5,20088	2,10488	8,83257	5,41754	2,098	8,98848
Família 7 1 cor	2,059	0,424	3,846	1,95023	0,4242	3,56717	1,99668	0,4242	3,53734	1,98792	0,4242	3,59589	2,22382	0,4242	3,8867	2,11981	0,4242	3,76689	1,93521	0,4242	3,61541	2,11423	0,4242	3,83375
Família 7 2 cores	1,861	0,773	3,089	1,82916	0,7731	3,02623	1,83911	0,7731	3,05276	1,81265	0,7731	3,02048	1,9545	0,7731	3,1648	1,87566	0,7731	3,06465	1,79028	0,7731	3,03903	1,8451	0,7731	3,04513
Família 7 3 cores	2,750	1,123	4,558	2,80259	1,1234	4,70475	2,76994	1,1234	4,81839	2,70341	1,1234	4,65371	2,80768	1,1234	4,73504	2,71353	1,1234	4,58143	2,70768	1,1234	4,68535	2,63065	1,1234	4,44455
Família 7 4 cores	4,738	1,473	8,664	4,84032	1,4732	8,76666	4,72013	1,4734	8,97033	4,72789	1,4732	8,79386	4,65056	1,4732	8,86258	4,6554	1,4732	8,53118	4,63615	1,4732	8,71957	4,60559	1,4732	8,41255
Família 7 5 cores	5,158	1,832	8,667	5,23956	1,832	8,71345	5,29299	1,832	8,87527	4,9493	1,832	8,41037	5,21038	1,83401	8,64413	5,08292	1,832	8,56731	5,1773	1,832	8,81336	5,15229	1,832	8,53797
Família 7 6 cores	5,452	2,098	9,138	5,48932	2,098	9,28606	5,43338	2,098	9,34815	5,40044	2,098	9,19527	5,55075	2,098	9,32657	5,39788	2,098	9,11616	5,42799	2,098	9,26465	5,37624	2,098	9,07064
Família 8 1 cor	2,018	0,424	3,857	2,06701	0,4242	3,82474	1,98857	0,42432	3,90993	2,04401	0,4242	3,89213	1,90162	0,4242	3,88451	1,97482	0,4242	3,71942	1,96271	0,4242	3,79922	1,99321	0,4242	3,72961
Família 8 2 cores	1,839	0,773	3,042	1,86239	0,7731	2,97695	1,92233	0,7731	3,01471	1,7217	0,7731	2,79825	1,83817	0,7748	2,90808	1,81024	0,7731	2,95667	1,88146	0,7731	3,06004	1,91515	0,7731	3,02742
Família 8 3 cores	2,838	1,123	4,594	2,84839	1,1234	4,47397	2,86032	1,1234	4,66484	2,89695	1,1234	4,66678	2,82239	1,1234	4,58867	2,88537	1,1234	4,76411	2,84412	1,1234	4,48587	2,89047	1,1234	4,67766
Família 8 4 cores	4,798	1,473	8,504	4,77139	1,4732	8,50539	4,72989	1,4732	8,40896	4,78797	1,4732	8,43164	4,87061	1,4732	8,52428	4,76583	1,4732	8,41925	4,82901	1,4732	8,50174	4,87233	1,4732	8,58988
Família 8 5 cores	5,113	1,832	8,586	5,15449	1,832	8,38115	5,24854	1,832	8,61278	5,0027	1,832	8,30916	5,09741	1,83401	8,39114	5,11533	1,832	8,62363	5,17715	1,832	8,50951	5,26573	1,832	8,64269
Família 8 6 cores	5,470	2,098	9,242	5,46515	2,098	9,12174	5,45299	2,098	9,26132	5,5214	2,098	9,2756	5,49666	2,098	9,24737	5,49762	2,098	9,36675	5,49388	2,098	9,13173	5,56325	2,098	9,37252
	5,47	2,098	9,29																					
	66,374	23,172	113,913																					

Figura 4.259 – Cenário 16 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,21673	0,42408	4,08824	2,19523	0,42408	4,08869	2,15751	0,42408	4,10818	2,37911	0,42408	4,53756	2,2163	0,42408	4,17253	2,18583	0,42408	4,17691	2,24982	0,42408	4,31785	2,12694	0,4242	4,19607
Família 2 2 cores	1,78108	0,7732	3,03589	1,83793	0,7732	3,16556	1,88677	0,84245	3,0088	1,91737	0,7732	3,26152	1,76981	0,7732	3,15425	1,78541	0,80974	3,02751	1,95899	0,7732	3,07139	1,80148	0,79626	3,01966
Família 2 3 cores	2,84366	1,1232	4,6304	2,81076	1,1232	4,6301	2,89808	1,1232	4,6733	2,77708	1,1232	4,6842	2,83331	1,1232	4,73381	2,87564	1,1232	4,75989	2,89516	1,1232	4,70225	2,77046	1,1232	4,62852
Família 2 4 cores	4,65356	1,4734	7,96119	4,69564	1,4734	7,98712	4,71034	1,4734	8,09236	4,67042	1,4734	7,98027	4,65354	1,4734	7,87989	4,67117	1,4734	8,02517	4,63175	1,4734	7,89428	4,82578	1,4734	8,2867
Família 2 5 cores	5,06575	1,832	8,6277	5,15563	1,832	8,7407	5,2767	1,832	9,10622	5,39124	1,832	9,14641	5,024	1,832	8,6183	5,4469	1,832	9,3368	5,19515	1,832	8,92797	5,46495	1,832	9,34855
Família 2 6 cores	5,10953	2,09805	8,53593	5,2168	2,098	8,57602	5,30917	2,098	8,87153	5,42006	2,098	8,9766	5,07216	2,098	8,52399	5,47022	2,098	9,11715	5,27156	2,09805	8,79927	5,41754	2,098	8,98848
Família 7 1 cor	1,88181	0,4242	3,39037	1,93271	0,4242	3,47171	2,01943	0,4242	3,72473	2,12476	0,4242	3,81083	1,84973	0,4242	3,42091	2,16722	0,4242	3,94729	1,99073	0,4242	3,67051	2,11423	0,4242	3,83375
Família 7 2 cores	1,77094	0,77314	2,97499	1,81384	0,7731	2,96486	1,83561	0,7731	3,04563	1,87245	0,7731	3,1042	1,75962	0,7731	2,96994	1,88778	0,7731	3,13712	1,83796	0,77314	3,05543	1,8451	0,7731	3,04513
Família 7 3 cores	2,72186	1,12351	4,76305	2,78069	1,1234	4,63674	2,72921	1,1234	4,57525	2,69742	1,1234	4,64609	2,73124	1,1234	4,71195	2,686	1,1234	4,58149	2,77449	1,12351	4,66844	2,63065	1,1234	4,44455
Família 7 4 cores	4,68503	1,47327	8,76369	4,74957	1,4732	8,69047	4,58146	1,4732	8,61104	4,65888	1,4732	8,74063	4,72711	1,4732	8,77271	4,71843	1,4732	8,63599	4,64178	1,47327	8,4225	4,60559	1,4732	8,41255
Família 7 5 cores	5,12112	1,83209	8,57003	5,24691	1,832	8,77979	5,10027	1,832	8,55052	5,13867	1,832	8,6494	5,02967	1,832	8,64183	5,19198	1,832	8,75665	5,28044	1,83209	8,70562	5,15229	1,832	8,53797
Família 7 6 cores	5,41197	2,0981	9,34817	5,5325	2,098	9,24807	5,46509	2,098	9,19203	5,42291	2,098	9,27306	5,48834	2,098	9,35738	5,41229	2,098	9,21889	5,49056	2,0981	9,31905	5,37624	2,098	9,07064
Família 8 1 cor	1,99396	0,4242	3,77277	2,00577	0,4242	3,81444	1,90033	0,4242	3,79575	1,98961	0,4242	3,85119	2,02291	0,4242	3,82403	2,04872	0,4242	3,81268	1,91849	0,4242	3,54904	1,99321	0,4242	3,72961
Família 8 2 cores	1,83191	0,7731	2,83736	1,88227	0,7731	3,06891	1,81212	0,7731	2,94901	1,86078	0,7731	2,97114	1,76041	0,7731	2,92187	1,90643	0,7731	3,08955	1,91034	0,7731	2,99569	1,91515	0,7731	3,02742
Família 8 3 cores	2,84064	1,1234	4,59735	2,81662	1,1234	4,51916	2,92595	1,1234	4,65179	2,81484	1,1234	4,53614	2,8798	1,1234	4,6166	2,86028	1,1234	4,62029	2,87202	1,1234	4,55764	2,89047	1,1234	4,67766
Família 8 4 cores	4,77609	1,4732	8,51224	4,88557	1,4732	8,56156	4,85675	1,4732	8,57198	4,83798	1,4732	8,59064	4,89411	1,4732	8,62471	4,8392	1,4732	8,61032	4,82259	1,4732	8,63452	4,87233	1,4732	8,58988
Família 8 5 cores	5,10515	1,832	8,29948	5,1535	1,832	8,55314	5,1545	1,832	8,50787	5,12203	1,832	8,43105	5,04106	1,832	8,4367	5,22641	1,832	8,67675	5,24242	1,832	8,48578	5,26573	1,832	8,64269
Família 8 6 cores	5,46037	2,098	9,24957	5,49962	2,098	9,19772	5,58856	2,098	9,33678	5,47078	2,098	9,2306	5,56538	2,098	9,33004	5,51527	2,098	9,32593	5,51711	2,098	9,27607	5,56325	2,098	9,37252

Figura 4.260 – Cenário 16 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

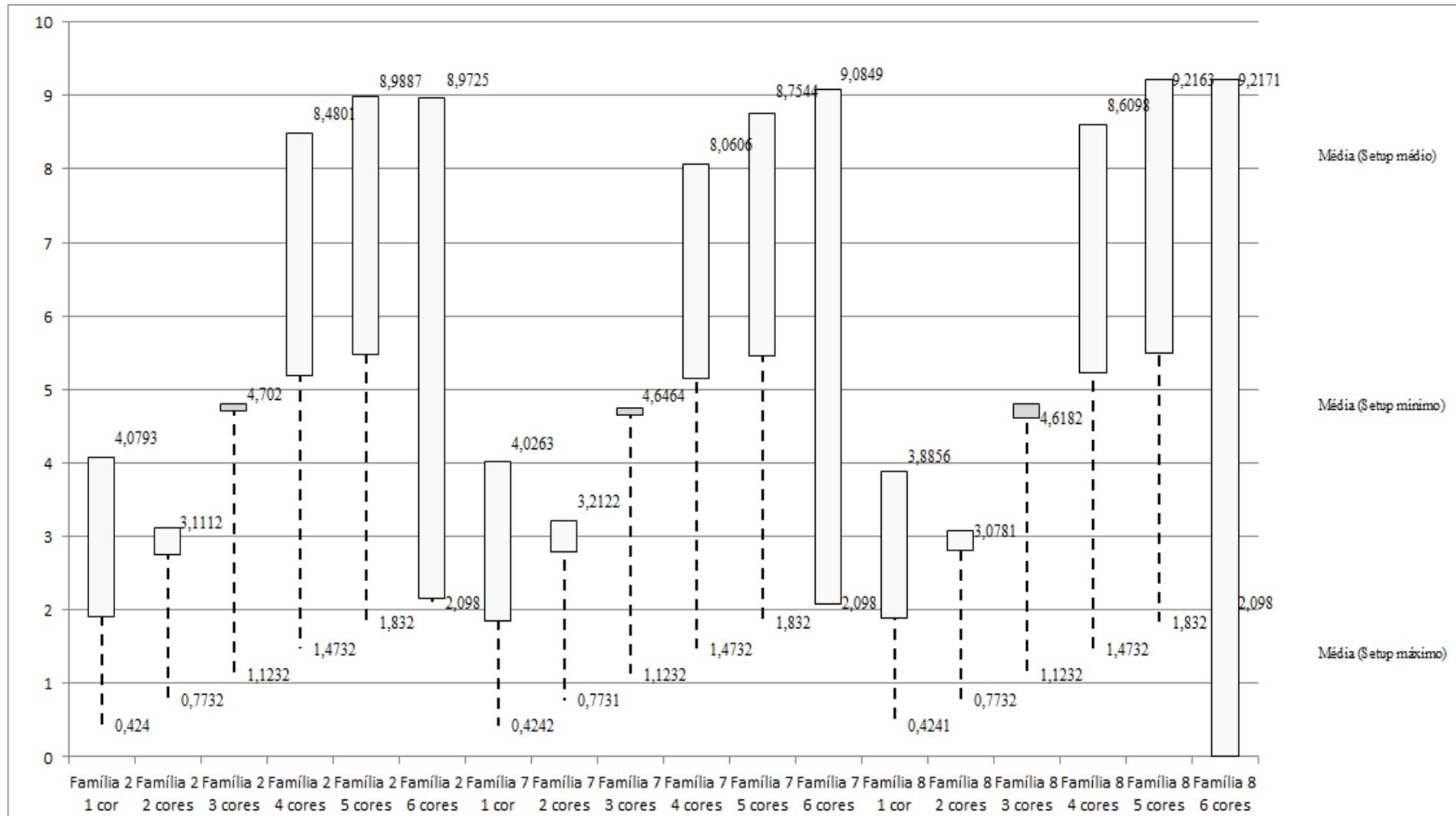


Figura 4.261 – Cenário 16 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,0	4721,0	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Família 2	Linha 2	128,58	18601,0	16400,0	2072,42	1792,58	18601,00	14577,78	2230,64	1830,13	18601,00	14577,78	2193,09	-1186,34	18601,00	18222,22	1565,12	1783,21	18601,00	14577,78	2240,01
Família 3	Linha 3	-0,77	23250,0	23209,0	41,7737	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,24	940,0	788,0	76,761	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,0	2365,0	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,0	2365,0	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,0	1880,0	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,0	788,0	76,7696	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,0	788,0	76,7656	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,0	4730,0	456,86	450,83	5637,00	4729,31	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,83	5637,00	4729,31	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	741,67	9300,0	7805,0	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	743,04	9300,00	7803,63	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,0	2110,0	202,9	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,34	2481,0	2075,0	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Família 7	Linha 14	-267,12	18601,0	16800,0	2068,12	-266,01	18601,00	16800,00	2067,01	-264,39	18601,00	16800,00	2065,39	-5828,81	18601,00	22400,00	2029,81	-5891,23	18601,00	22400,00	2092,23
Família 8	Linha 15	-248,04	18601,0	16800,0	2049,04	-243,19	18601,00	16800,00	2044,19	-243,33	18601,00	16800,00	2044,33	-264,44	18601,00	16800,00	2065,44	-234,45	18601,00	16800,00	2035,45
Família 9	Linha 16	199,37	2481,0	2066,0	215,63	199,32	2481,00	2066,00	215,68	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,36	2481,00	2066,00	215,64	199,38	2481,00	2066,00	215,62
		2708,8401	117802	105690	9403,1599	4380,149924	117802	103866,407	9555,443089	4418,48967	117802	103867,0985	9516,411833	-4184,180312	117802	113112,2263	8873,95398	-1246,322231	117802	109467,0945	9581,227744
		2,30%	100,00%	89,72%	7,98%	3,72%	100,00%	88,17%	8,11%	3,75%	100,00%	88,17%	8,08%	-3,55%	100,00%	96,02%	7,53%	-1,06%	100,00%	92,92%	8,13%

Figura 4.262 – Cenário 16 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,05	5637,00	4721,00	465,95
Família 2	Linha 2	136,00	18601,00	16400,00	2065,00	102,24	18601,00	16447,38	2051,38	-1185,72	18601,00	18222,22	1564,50	1822,32	18601,00	14577,78	2200,90	136,27	18601,00	16400,00	2064,73
Família 3	Linha 3	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	449,45	5637,00	4730,69	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	743,03	9300,00	7803,63	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66
Família 7	Linha 14	-255,45	18601,00	16800,00	2056,45	-252,92	18601,00	16800,00	2053,92	-250,48	18601,00	16800,00	2051,48	-248,14	18601,00	16800,00	2049,14	-244,03	18601,00	16800,00	2045,03
Família 8	Linha 15	-236,78	18601,00	16800,00	2037,78	-241,16	18601,00	16800,00	2042,16	-272,95	18601,00	16800,00	2073,95	-231,16	18601,00	16800,00	2032,16	-259,66	18601,00	16800,00	2060,66
Família 9	Linha 16	199,34	2481,00	2066,00	215,63	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,36	2481,00	2066,00	215,64
		2740,538318	117802	105688,6332	9372,828462	2704,262295	117802	105736,6944	9361,043317	1386,300784	117802	107512,2261	8903,473084	4437,787652	117802	103868,4693	9495,74306	2727,296027	117802	105690,6914	9384,012563
		2,33%	100,00%	89,72%	7,96%	2,30%	100,00%	89,76%	7,95%	1,18%	100,00%	91,27%	7,56%	3,77%	100,00%	88,17%	8,06%	2,32%	100,00%	89,72%	7,97%

Figura 4.263 – Cenário 16 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP												
Familia 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Familia 2	Linha 2	1794,14	18601,00	14577,78	2229,08	135,84	18601,00	16400,00	2065,16	135,03	18601,00	16400,00	2065,97	1808,65	18601,00	14577,78	2214,57	1809,35	18601,00	14577,78	2213,87
Familia 3	Linha 3	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77	-0,77	23250,00	23209,00	41,77
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76	75,24	940,00	788,00	76,76
Familia 4 Box DNY 0111	Linha 5	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76	224,55	2819,00	2365,69	228,76	225,24	2819,00	2365,00	228,76
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,12	2819,00	2365,69	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19	225,81	2819,00	2365,00	228,19
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23	178,77	2241,00	1880,00	182,23
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	450,14	5637,00	4730,00	456,86	449,45	5637,00	4730,69	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86	450,14	5637,00	4730,00	456,86
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	741,67	9300,00	7805,00	753,33	741,67	9300,00	7805,00	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33	742,35	9300,00	7804,32	753,33
Familia 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Familia 6	Linha 13	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65	198,34	2481,00	2075,00	207,66	198,35	2481,00	2075,00	207,65
Familia 7	Linha 14	-5838,59	18601,00	22400,00	2039,59	-251,24	18601,00	16800,00	2052,24	-233,41	18601,00	16800,00	2034,41	-280,20	18601,00	16800,00	2081,20	-5853,86	18601,00	22400,00	2054,86
Familia 8	Linha 15	-255,43	18601,00	16800,00	2056,43	-248,08	18601,00	16800,00	2049,08	-268,79	18601,00	16800,00	2069,79	-273,42	18601,00	16800,00	2074,42	-243,15	18601,00	16800,00	2044,15
Familia 9	Linha 16	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,34	2481,00	2066,00	215,66	199,36	2481,00	2066,00	215,64	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,33	2481,00	2066,00	215,67
		-1204,476111	117802	109467,7778	9538,698333	2731,247851	117802	105690,6874	9380,064748	2728,265661	117802	105690,0039	9383,730429	4350,462501	117802	103867,7819	9583,755611	-1191,569568	117802	109467,0944	9526,47518
		-1,02%	100,00%	92,93%	8,10%	2,32%	100,00%	89,72%	7,96%	2,32%	100,00%	89,72%	7,97%	3,69%	100,00%	88,17%	8,14%	-1,01%	100,00%	92,92%	8,09%

O estoque em processo no cenário 15 sofreu, no caso dos produtos que passam pelo processo de impressão, um aumento da ordem de 27,55% com relação ao estoque em processo do cenário 14. No cenário 16, entretanto, o estoque em processo com relação ao cenário 15 sofreu uma redução da ordem de 50%, sendo um resultado próximo do nível do estoque em processo do cenário 14. A redução é devido ao *kanban* que embora dimensionado para o cenário 16 com uma menor frequência de requisição do processo seguinte reduziu o número de *kanbans* de 10 para 2.

No caso a solução é adequar o dimensionamento do *kanban* ou permitir a formação de estoque pulmão, a fim de definir um ponto de desacoplamento capaz de garantir o atendimento à demanda com margem de segurança quanto a não ocorrer falta de produto em função de eventuais ocorrências no processo como, por exemplo, quebra de máquina ou problemas com matéria prima.

Deve ser realizado, contudo, um dimensionamento que priorize os produtos de maior volume de consumo sem finalizá-lo antes da definição da customização necessária do cliente e a prioridade quanto ao prazo de entrega.

Figura 4.264 – Cenário 16 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

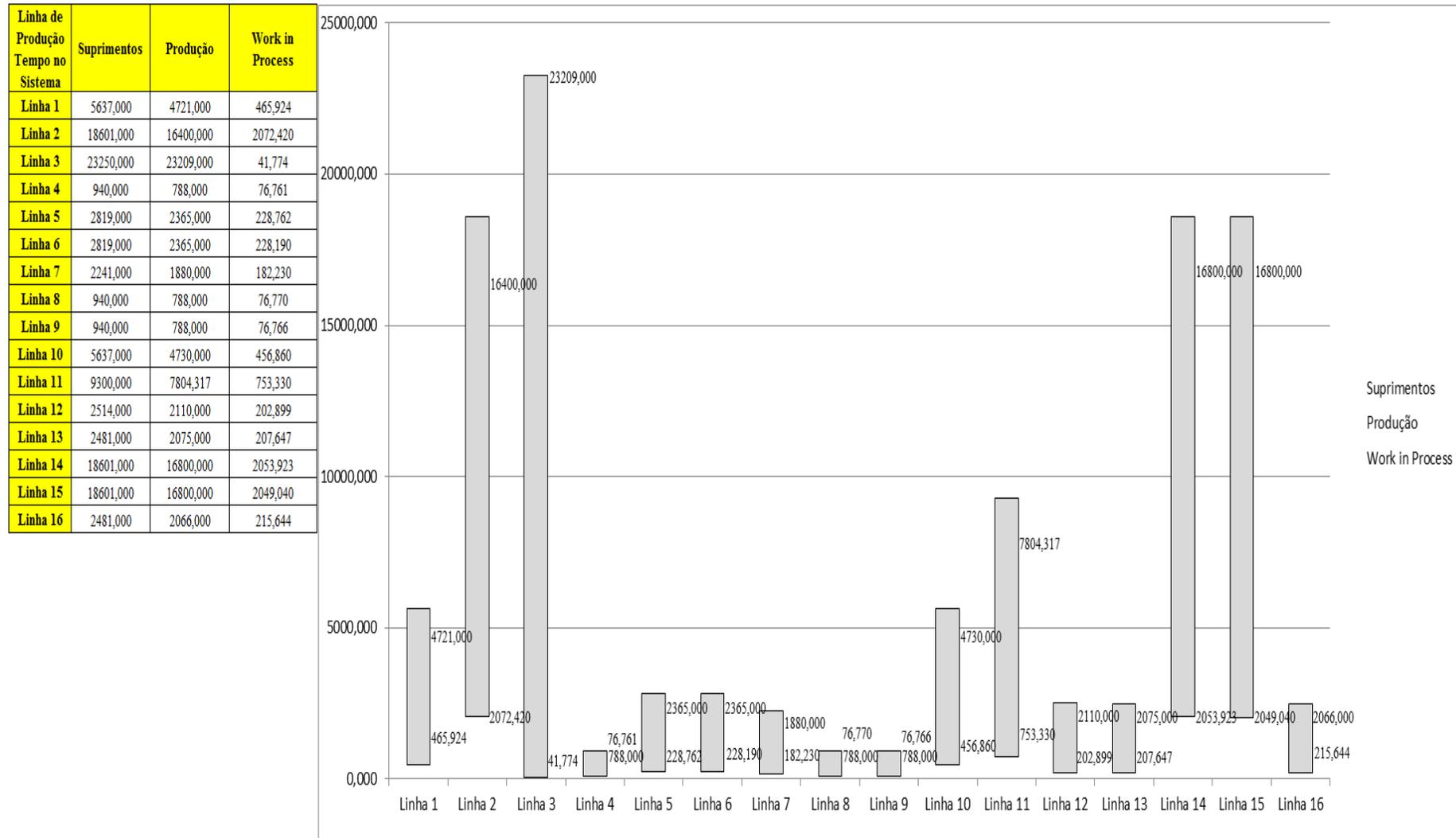
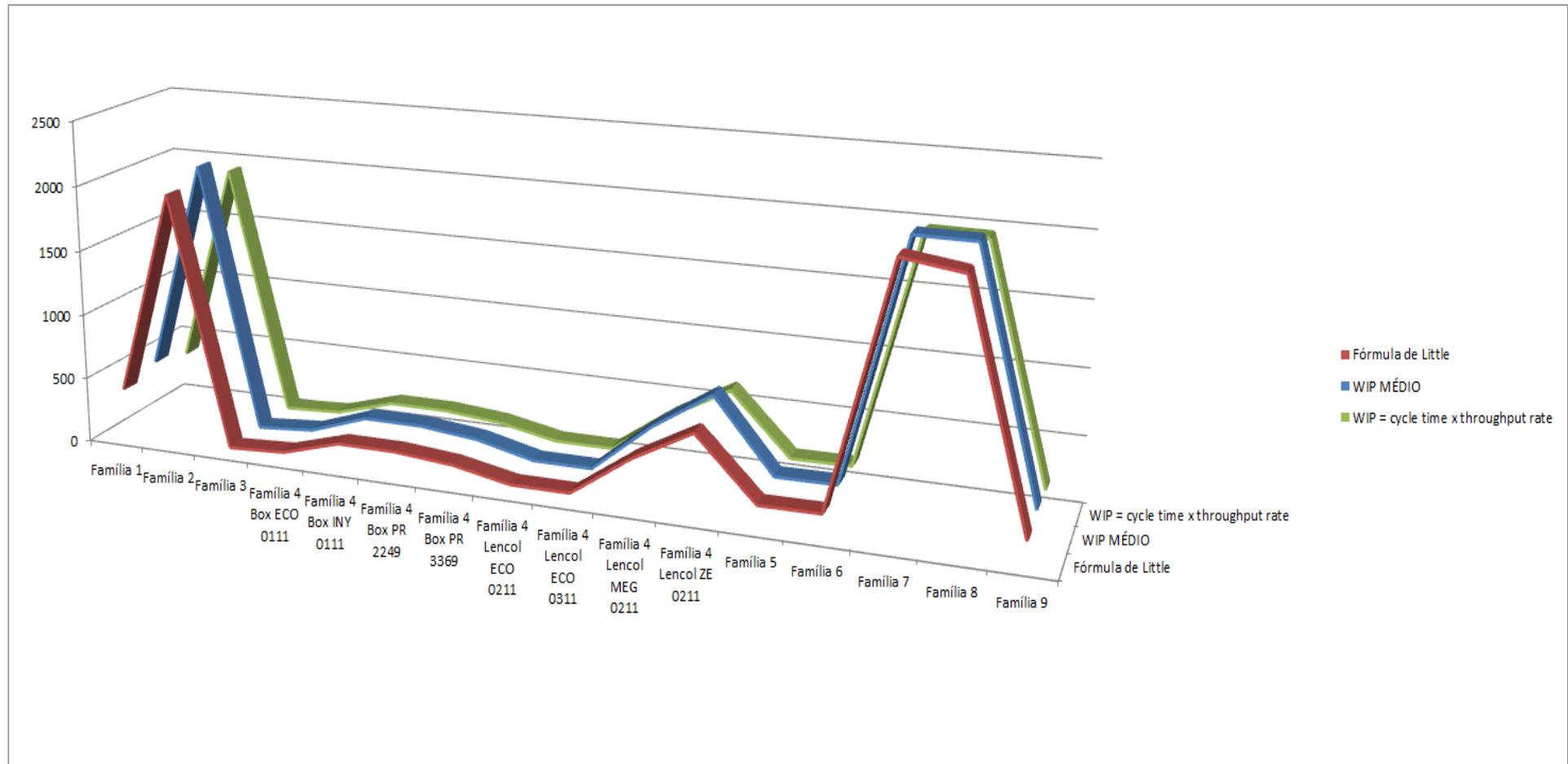


Figura 4.265 – Cenário 16 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.266 não houve alteração do tempo de espera no processo de impressão com o uso de cartões *kanban* no processo de acordo com os resultados.

Figura 4.266 – Cenário 16 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,4611	2,4611	2,4611	2,46085	2,46085	2,46085	2,4611
Família 2	Linha 2	3,0595	3,1991	3,15304	2,95294	3,19558	3,04569	3,06587	2,97494	3,1624	3,04534	3,21389	3,0656	3,02234	3,17251	3,20906	3,065874
Família 3	Linha 3	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,00318	0,003176
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4542	2,42077	2,37169	2,32406	2,41609	2,4318	2,39035	2,28815	2,42348	2,4435	2,33756	2,32496	2,36902	2,36227	2,31008	2,371694
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4538	2,4911	2,44878	2,45882	2,48031	2,44161	2,49153	2,47728	2,43721	2,45664	2,46715	2,43749	2,45586	2,448	2,44582	2,455864
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4528	3,11702	2,47967	2,45781	2,51104	2,46664	2,5255	2,47685	2,49917	2,50245	2,5275	2,46953	2,49651	2,49304	2,47751	2,493041
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4539	2,42898	2,45911	2,44387	2,44328	2,48775	2,47153	2,44657	2,41766	2,41727	2,43392	2,44219	2,4747	2,47043	2,46922	2,446573
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4543	2,49118	2,60242	2,51655	2,49723	2,5325	2,48868	2,48756	2,50596	2,59253	2,52676	2,46919	2,52486	2,57867	2,50403	2,505961
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,4542	2,38891	2,51245	2,37625	2,48356	2,47026	2,45461	2,50574	2,44722	2,46864	2,36081	2,36614	2,43312	2,3812	2,35875	2,44722
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4542	2,47299	2,48077	2,47851	2,48848	2,47531	2,47649	2,48302	2,48549	2,49677	2,48585	2,47963	2,48576	2,4813	2,4761	2,480771
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,4543	2,45805	2,45704	2,45322	2,45725	2,45891	2,45703	2,45389	2,45371	2,4617	2,46535	2,44973	2,45825	2,45808	2,45415	2,45704
Família 5	Linha 12	2,4543	2,04242	1,82744	2,87188	2,81994	3,39476	1,776	1,74037	1,85634	2,05095	3,32012	1,92629	2,7339	2,74426	1,99132	2,050948
Família 6	Linha 13	2,4638	2,33995	2,29055	2,83435	2,45641	2,51967	1,88885	2,32442	2,97486	2,71196	2,48255	2,63521	2,52318	2,28358	2,30771	2,4638
Família 7	Linha 14	3,011	2,98557	2,98953	3,39607	3,61999	3,02042	2,91305	2,9613	2,89268	2,96096	3,4766	3,01232	2,88105	3,02839	3,51982	3,011
Família 8	Linha 15	3,0165	3,02517	3,00736	3,00936	3,01137	3,00058	3,02383	3,0614	3,00295	3,04688	3,02341	3,0228	3,04404	3,05469	3,02308	3,023078
Família 9	Linha 16	2,4733	3,03569	2,85603	2,54699	2,34429	2,33599	2,34921	2,3394	2,55841	2,73314	2,13674	2,60314	2,53306	2,65953	2,14216	2,533063
		3,0595	3,1991	3,15304	3,39607	3,61999	3,39476	3,06587	3,0614	3,1624	3,04688	3,4766	3,0656	3,04404	3,17251	3,51982	
		8,64654	7,84506	8,1052	6,78046	5,66447	6,78726	8,6091	8,63535	8,052	8,72091	6,36756	8,61073	8,73771	7,99468	6,15128	7,71389

Figura 4.267 – Cenário 16 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

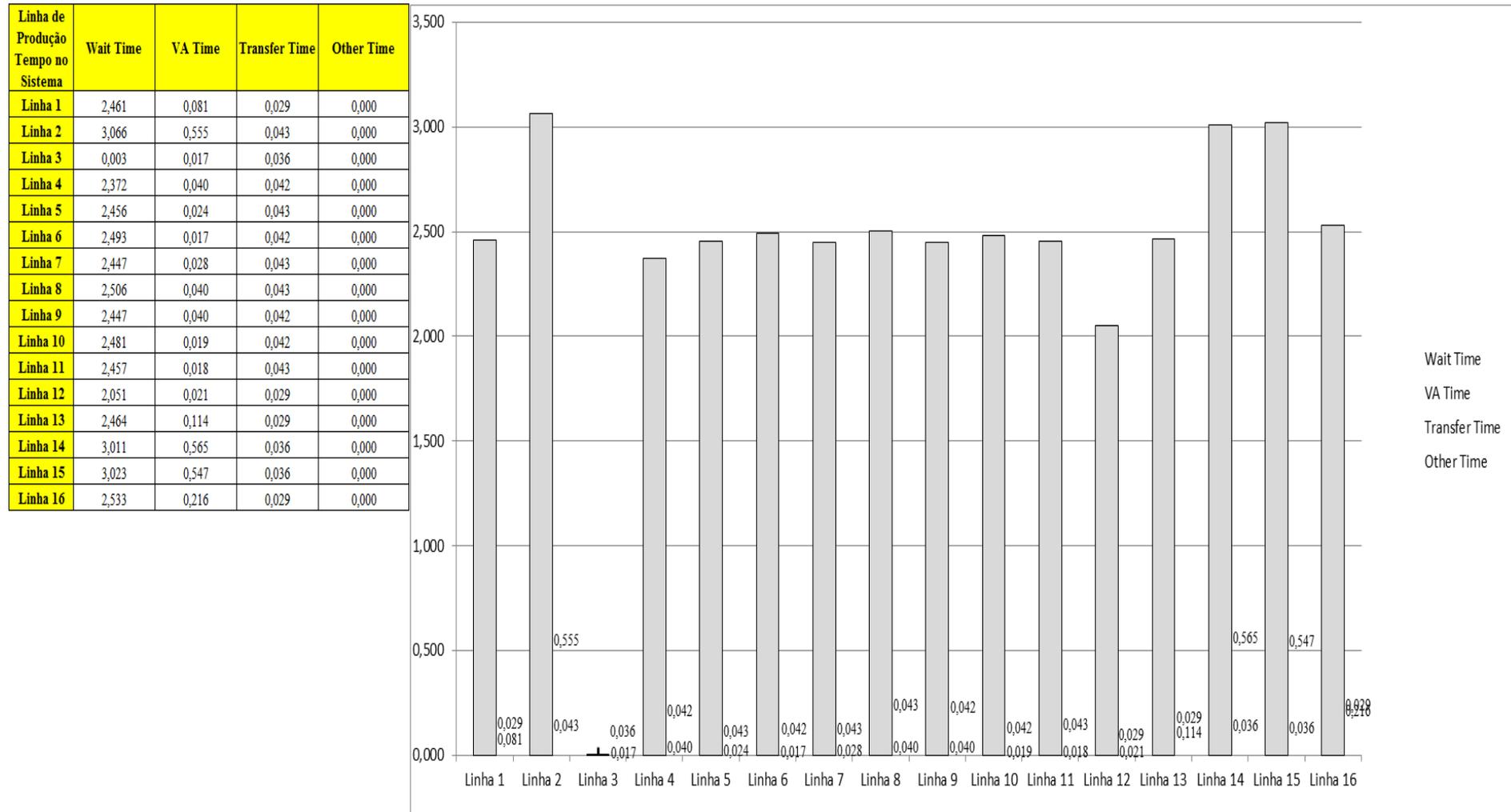


Figura 4.268 – Cenário 16 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

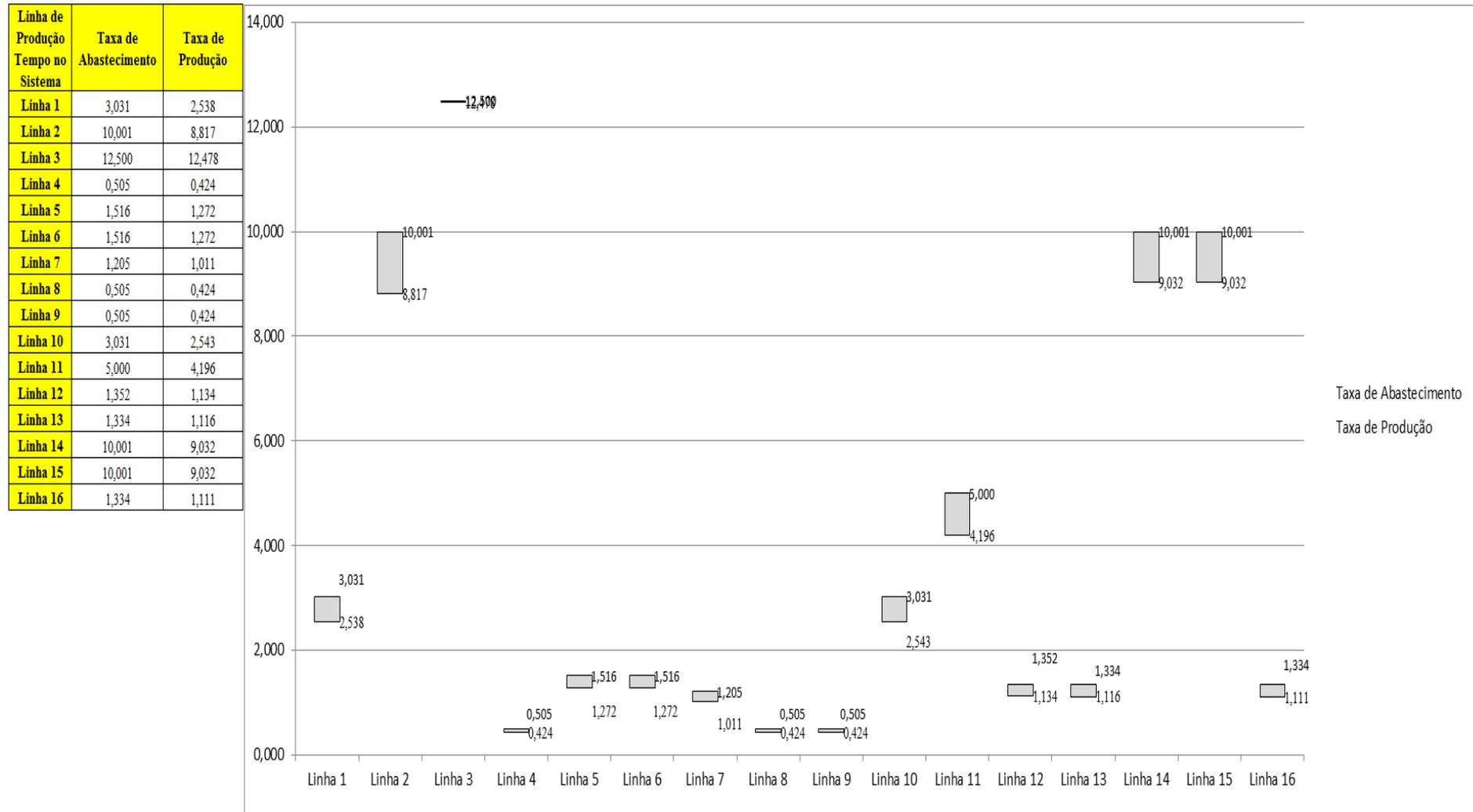


Figura 4.269 – Cenário 16 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

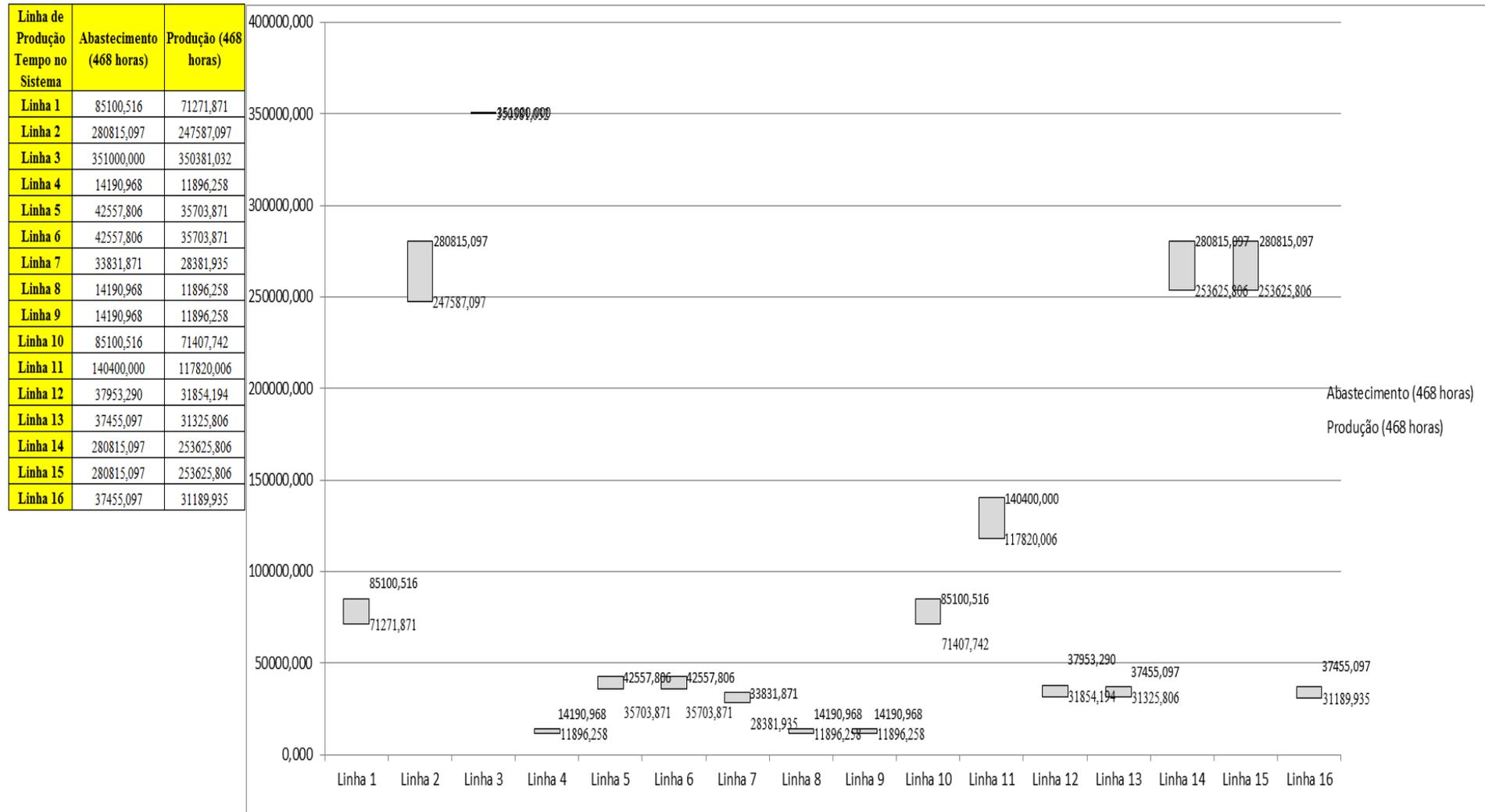


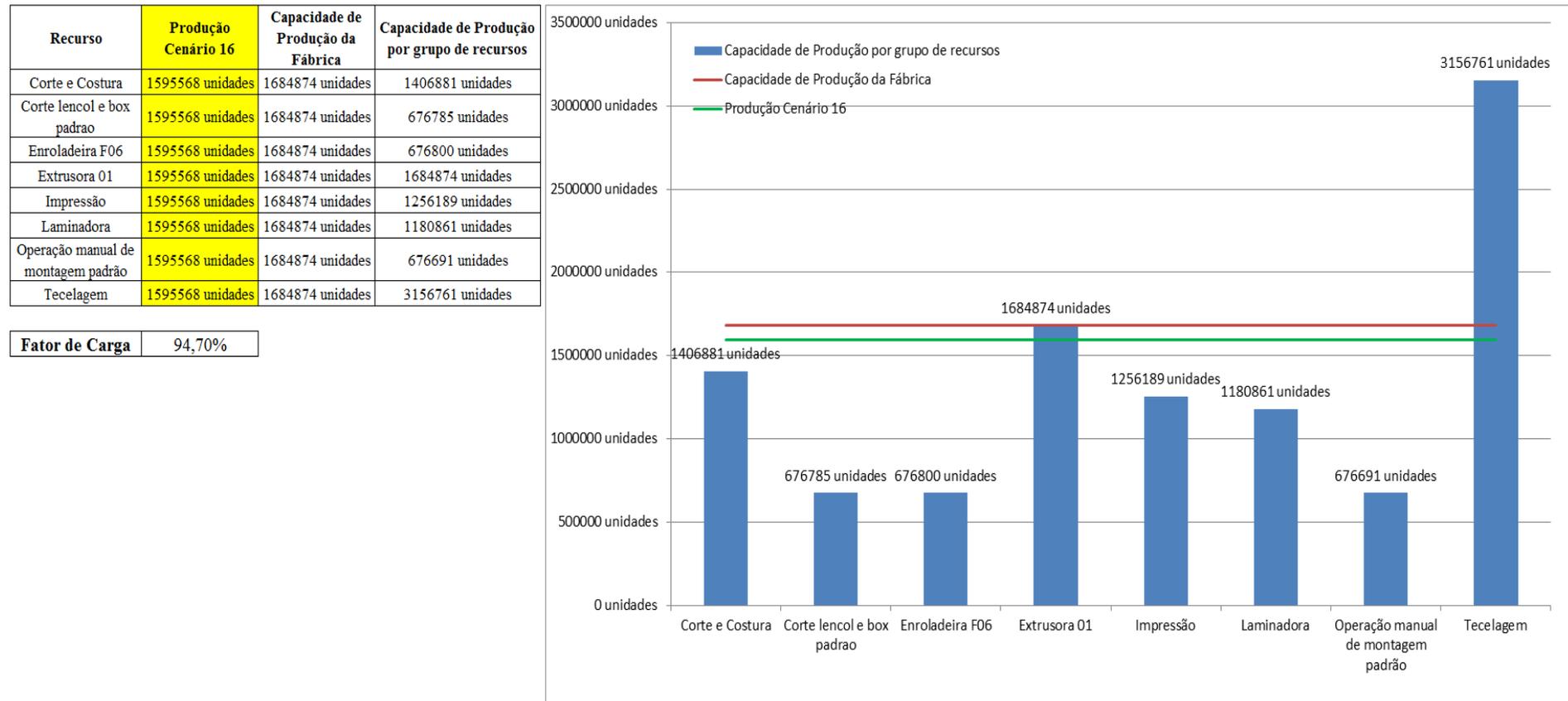
Figura 4.270 – Cenário 16 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	27,51254%	27,11000%	26,60712%	26,80405%	29,16725%	27,52848%	27,66563%	27,40540%	28,56942%
Corte e Costura Supra	1	33,46669%	33,65000%	32,76620%	32,76620%	34,95934%	33,55180%	33,48633%	33,58453%	34,23920%
Corte e Costura Taubate	1	38,13925%	38,50000%	37,67204%	37,52419%	39,53495%	38,20430%	38,14516%	38,47043%	38,58871%
Corte e Costura Vítrea	1	42,17142%	42,84000%	41,83168%	41,50466%	43,41229%	42,21321%	41,99519%	42,64924%	42,59473%
Corte lencol e box padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	94,65373%	94,71000%	93,84338%	93,84511%	96,43623%	94,70827%	94,70653%	94,73212%	95,57312%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,41978%	24,48000%	23,36758%	23,36758%	26,70485%	24,48000%	24,48000%	24,68582%	25,59242%
Impressora PADANE	1	24,46890%	24,53000%	23,41439%	23,41439%	26,76121%	24,53000%	24,53000%	24,73579%	25,64561%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,87678%	18,86000%	18,91099%	18,82317%	18,89399%	18,88833%	18,86850%	18,85717%	18,86283%
Tear 02	1	33,42311%	33,34000%	33,57193%	33,60092%	33,51395%	33,36899%	33,42697%	33,39798%	33,42697%
Tear 03	1	42,93660%	43,11000%	42,64645%	42,82672%	42,80097%	42,98124%	42,92973%	43,00699%	42,95548%
Tear 04	1	6,72929%	6,74000%	6,75363%	6,72114%	6,71326%	6,71818%	6,70243%	6,75068%	6,70834%
Tear 05	1	13,01875%	13,06000%	13,02685%	12,97161%	13,07105%	13,02685%	13,10420%	12,92741%	13,00475%
Tear 06	1	18,40701%	18,48000%	18,36941%	18,33623%	18,41364%	18,34729%	18,50212%	18,48000%	18,30305%
Tear 07	1	23,37098%	23,51000%	23,42031%	23,42031%	23,39789%	23,42031%	23,36425%	23,28577%	23,36425%
Tear 08	1	27,44113%	27,48000%	27,37909%	27,58091%	27,54727%	27,39031%	27,40152%	27,41273%	27,52485%
Tear 09	1	31,01502%	30,87000%	30,95971%	31,04941%	30,84757%	30,94849%	30,91485%	31,19518%	31,40823%
Tear 10	1	34,58338%	34,46000%	34,75521%	34,51677%	34,50542%	34,69844%	34,65302%	34,64167%	34,52813%
Tear 11	1	37,58114%	37,28000%	37,60020%	37,66881%	37,61163%	37,70312%	37,38292%	37,50871%	37,34861%
Tear 12	1	40,00306%	39,81000%	39,69554%	40,10760%	39,97025%	40,03892%	39,94735%	39,99314%	40,15339%

Figura 4.271 – Cenário 16 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	27,51254%	26,50865%	27,80630%	27,61992%	27,61288%	27,74300%	27,07835%	27,46167%
Corte e Costura Supra	1	33,46669%	32,86440%	33,51907%	33,48633%	33,55180%	33,38813%	32,66800%	33,51907%
Corte e Costura Taubate	1	38,13925%	37,67204%	37,96774%	38,20430%	38,05645%	38,05645%	37,25806%	38,23387%
Corte e Costura Vitra	1	42,17142%	41,94069%	41,74992%	42,02244%	42,13145%	42,04969%	41,23214%	42,40397%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	94,65373%	93,84858%	94,71170%	94,71000%	94,71170%	94,71000%	93,84692%	94,71235%
Enroladeira F06	1	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%	1,85932%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,41978%	23,36758%	24,48000%	24,48000%	24,48000%	24,48000%	23,37092%	24,48000%
Impressora PADANE	1	24,46890%	23,41439%	24,53000%	24,53000%	24,53000%	24,53000%	23,40771%	24,53000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,87678%	18,87133%	18,92515%	18,94215%	18,87416%	18,85395%	18,86850%	18,85150%
Tear 02	1	33,42311%	33,45597%	33,34000%	33,25303%	33,39798%	33,39798%	33,42697%	33,42697%
Tear 03	1	42,93660%	42,90398%	42,92973%	43,00699%	42,95548%	43,03274%	42,95548%	43,00699%
Tear 04	1	6,72929%	6,76939%	6,68372%	6,75363%	6,75363%	6,72311%	6,69258%	6,75560%
Tear 05	1	13,01875%	13,06000%	13,01580%	12,98266%	12,98266%	12,99371%	12,97161%	13,08210%
Tear 06	1	18,40701%	18,35835%	18,35835%	18,45788%	18,48000%	18,33623%	18,45788%	18,42470%
Tear 07	1	23,37098%	23,33062%	23,28577%	23,51000%	23,22972%	23,36425%	23,43152%	23,22972%
Tear 08	1	27,44113%	27,32304%	27,42394%	27,39031%	27,41273%	27,69302%	27,35667%	27,30061%
Tear 09	1	31,01502%	31,01577%	31,03820%	30,75787%	31,02699%	31,06062%	31,03820%	31,09426%
Tear 10	1	34,58338%	34,44865%	34,94823%	34,66438%	34,58490%	34,44865%	34,56219%	34,33510%
Tear 11	1	37,58114%	37,39436%	37,90896%	37,48584%	37,53158%	37,58876%	37,93183%	37,77173%
Tear 12	1	40,00306%	40,26785%	39,93591%	39,97025%	40,10760%	40,02748%	40,03892%	39,98169%

Figura 4.272 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.272 o fator de carga do cenário 16 é 94,70%, que comparado com o fator de carga do cenário 15 de 95,77% demonstra uma redução em função do dimensionamento e uso do cartão *kanban* no processo de impressão. Contudo, avaliando a evolução do indicador de desempenho fator de carga, a partir do cenário 11 de 96,53%, é fato que é maior do que 91,15% do cenário 7, maior do que 88,61% do cenário 12, maior do que 88,43% do cenário 13, e embora menor do que 95,42% do cenário 14 e conseqüentemente menor do que 95,77% do cenário 15, ainda se mantiveram como um bom indicador.

No caso os resultados demonstram, como esperado, que o tamanho do lote interfere no resultado do desempenho quanto ao volume de produtos acabados fabricados do processo de impressão, mais diretamente do que no resultado da fábrica toda.

O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 14 mantido no cenário 15 e no cenário 16. O aumento, a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, de 1.285.537 no cenário 12, de 1.346.823 no cenário 13, de 1.254.894 no cenário 14, de 1.252.560 no cenário 15, e conseqüentemente de 1.256.189 no cenário 16, com aumento de (+) 2,9% com relação ao cenário 15, implica que a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 500 unidades para 400 unidades e o uso do cartão *kanban*, necessitam constantemente de ajustes dependendo do momento da demanda e do desempenho desejado do sistema de produção como já mencionado.

Figura 4.273 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

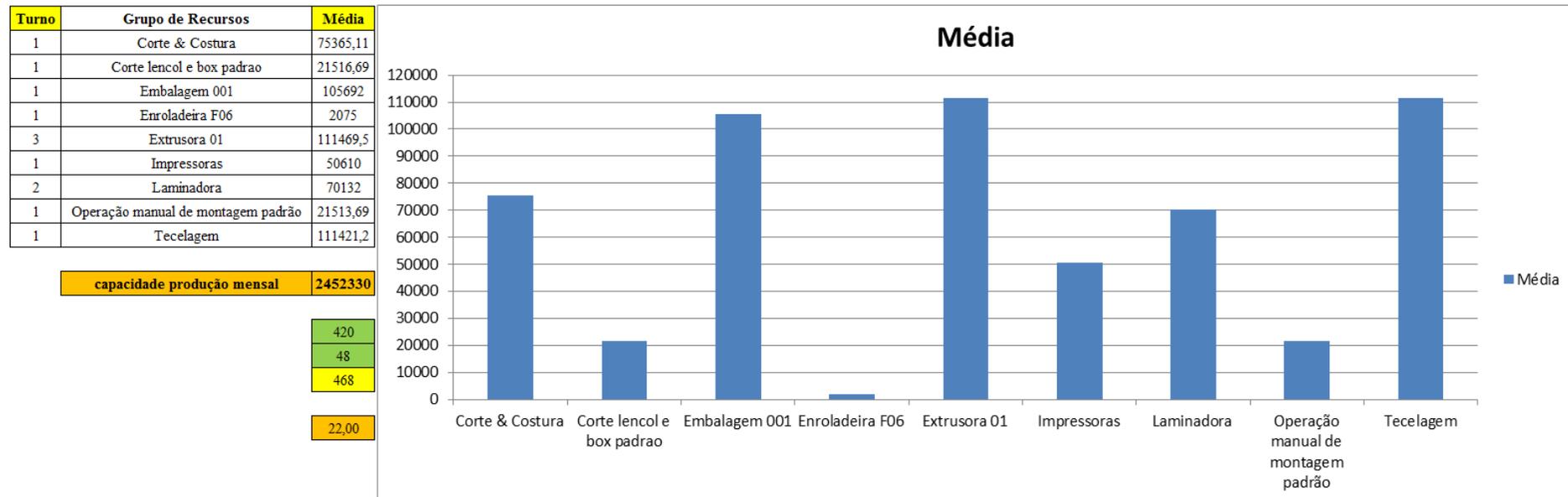


Figura 4.274 – Cenário 16 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																					
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%			
1	450,076	465,9244	5637	4721	1	2,4611	2,5710	0,0812	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71271,871	4,47%			
2	128,580	2072,42	18601	16400	2	3,06587	3,6631	0,5547	0,0425	0,00	0,100 minutos	0,113 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,817 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	247587,097	15,52%			
3	-0,774	41,77376	23250	23209	3	0,00318	0,0557	0,0170	0,0356	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350381,032	21,96%			
4	75,239	76,761	940	788	4	2,37169	2,4542	0,0402	0,0423	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,75%			
5	225,238	228,7622	2819	2365	5	2,45586	2,5219	0,0235	0,0426	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,24%			
6	225,810	228,19	2819	2365	6	2,49304	2,5527	0,0172	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,24%			
7	178,770	182,23	2241	1880	7	2,44657	2,5169	0,0278	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28381,935	1,78%			
8	75,230	76,7696	940	788	8	2,50596	2,5887	0,0401	0,0426	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,75%			
9	75,234	76,7656	940	788	9	2,44722	2,5299	0,0402	0,0424	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,75%			
10	450,140	456,86	5637	4730	10	2,48077	2,5426	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,543 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71407,742	4,48%			
11	742,353	753,33	9300	7804,3	11	2,45704	2,5172	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,196 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117820,006	7,38%			
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05095	2,1005	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	2,00%			
13	198,353	207,6472	2481	2075	13	2,4638	2,6067	0,1143	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,896 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,116 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31325,806	1,96%			
14	-252,923	2053,923	18601	16800	14	3,011	3,6120	0,5654	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,111 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,032 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	253625,806	15,90%			
15	-248,040	2049,04	18601	16800	15	3,02308	3,6061	0,5474	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,111 minutos	10,001 (unid./minuto)	9,032 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	253625,806	15,90%			
16	199,356	215,6442	2481	2066	16	2,53306	2,7773	0,2157	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31189,935	1,95%			
	2723,743	9388,94	117802	105689		38,2702	41,2166	2,3429	0,6035	0,00					63,334 (unid./minuto)	56,822 (unid./minuto)	1778430,194		1595567,748		
	2,31%	7,97%	100,00%	89,72%		92,85%	100,00%	5,68%	1,46%	0,00%										89,718%	

De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.274 a produção do cenário 16 é de 1.595.567, o que corresponde a 89,718% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra: cenário 15 – 1.613.623 (90,733%); cenário 2 – 828.254 (63,361%) e cenário 5 – 1.178.229 (90,11%). Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout*, devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão, além da influência do dimensionamento dos cartões *kanban*.

É importante considerar que no caso do cenário 15 a frequência de liberação dos cartões *kanban* foi considerada a mesma da taxa de abastecimento do sistema de produção, enquanto que no cenário 16 houve uma razoável redução da frequência com um aumento do estoque em processo em torno de 17%.

Figura 4.275 – Cenário 17 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,571	0,109	5,042	2,571	0,1085	5,04275	2,57103	0,10851	5,0425	2,571	0,1085	5,04231	2,5709	0,1085	5,04237	2,57097	0,10851	5,04219	2,57097	0,10849	5,04237	2,5709	0,10849	5,042
Família 2	Linha 2	4,087	1,521	10,761	4,27212	1,51365	10,4507	4,21115	1,5125	10,3803	3,94596	1,51518	10,7606	4,26746	1,51454	10,4777	4,06887	1,51301	10,577	4,09565	1,51492	10,8383	3,97512	1,50856	10,929
Família 3	Linha 3	0,055	0,048	0,160	0,05523	0,0476	0,1602	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,04761	0,16022	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,04761	0,16021	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,04761	0,16021
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,537	0,080	5,008	2,53687	0,07972	5,00824	2,5369	0,07972	5,00836	2,5369	0,07972	5,00793	2,5369	0,07971	5,00904	2,5369	0,07972	5,00811	2,5369	0,07972	5,00811	2,5369	0,07971	5,00929
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,520	0,063	4,994	2,52003	0,06296	4,9941	2,52	0,06296	4,99391	2,52	0,06296	4,99373	2,52	0,06296	4,99379	2,52	0,06297	4,99404	2,52003	0,06297	4,99348	2,52003	0,06297	4,99404
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,513	0,058	4,989	2,51247	0,05765	4,98935	2,5125	0,05764	4,98898	2,5125	0,05765	4,98885	2,5125	0,05765	4,98959	2,5125	0,05764	4,9891	2,5125	0,05765	4,98879	2,5125	0,05764	4,98867
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,526	0,069	4,998	2,5255	0,06905	4,99751	2,5255	0,06905	4,99776	2,5255	0,06905	4,99807	2,5255	0,06905	4,99758	2,5255	0,06905	4,99751	2,5255	0,06905	4,9977	2,52547	0,06905	4,99782
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,537	0,082	5,008	2,537	0,08212	5,00726	2,537	0,08212	5,00769	2,537	0,08212	5,00738	2,53703	0,08212	5,00806	2,53697	0,08211	5,00775	2,537	0,08212	5,00757	2,53697	0,08211	5,00713
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,537	0,081	5,004	2,5369	0,08104	5,00386	2,53687	0,08105	5,00411	2,5369	0,08104	5,00429	2,5369	0,08104	5,00423	2,5369	0,08105	5,0046	2,53687	0,08103	5,00436	2,53693	0,08105	5,0046
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,516	0,059	4,994	2,5157	0,05923	4,99378	2,5157	0,05922	4,99427	2,5157	0,05922	4,99384	2,5157	0,05922	4,99347	2,5157	0,05922	4,9939	2,5157	0,05922	4,99371	2,5157	0,05922	4,99433
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,514	0,057	4,991	2,5143	0,05684	4,99109	2,5143	0,05684	4,99177	2,5143	0,05684	4,9909	2,5143	0,05684	4,99071	2,5143	0,05683	4,99115	2,5143	0,05684	4,99096	2,5143	0,05684	4,99189
Família 5	Linha 12	2,504	0,048	4,979	2,50394	0,04764	4,97882	2,50397	0,04764	4,97879	2,50397	0,04764	4,97938	2,50403	0,04765	4,97888	2,50407	0,04764	4,97996	2,50394	0,04764	4,97894	2,50399	0,04764	4,97908
Família 6	Linha 13	2,606	0,145	5,073	2,60579	0,1447	5,07348	2,60579	0,1447	5,07374	2,6059	0,1447	5,07368	2,60581	0,14471	5,07365	2,60584	0,1447	5,0736	2,60587	0,14469	5,07383	2,60581	0,1447	5,07348
Família 7	Linha 14	4,086	1,523	10,548	4,05184	1,52296	9,78663	4,0572	1,52794	9,76067	4,60323	1,52347	14,3676	4,90398	1,52577	14,5209	4,09861	1,52474	10,333	3,95444	1,52181	9,91868	4,01929	1,52755	10,5159
Família 8	Linha 15	4,137	1,505	9,964	4,14836	1,50265	9,96691	4,12416	1,5047	9,85386	4,12685	1,50611	9,88007	4,12958	1,50444	9,98841	4,11491	1,50854	9,86616	4,14654	1,50368	9,96205	4,1977	1,50547	10,0647
Família 9	Linha 16	2,715	0,248	5,181	2,71605	0,24777	5,18025	2,71583	0,24778	5,18058	2,71557	0,24782	5,18215	2,71518	0,2477	5,18273	2,71579	0,2478	5,18249	2,71579	0,24777	5,18158	2,71531	0,24775	5,18009
		<b>4,1366</b>	<b>1,5227</b>	<b>10,7606</b>																					

Figura 4.276 – Cenário 17 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	2,57094	0,10849	5,042373	2,57103	0,1085	5,04219	2,571	0,10849	5,04299	2,57097	0,10849	5,04337	2,57094	0,1085	5,04231	2,5709	0,10849	5,04275	2,57097	0,10848	5,04262
Família 2	Linha 2	4,22352	1,51607	10,50064	4,06843	1,51339	10,5358	4,29176	1,51238	10,6727	4,09528	1,51352	10,6828	4,03796	1,51797	10,3927	4,23692	1,51556	10,5832	4,28536	1,51797	10,4129
Família 3	Linha 3	0,05523	0,0476	0,160238	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,04761	0,1602	0,05523	0,0476	0,16021	0,05523	0,04761	0,16022	0,05523	0,0476	0,16022
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,53687	0,07973	5,008052	2,5369	0,07972	5,00811	2,53687	0,07972	5,00799	2,53687	0,07973	5,00898	2,53687	0,07972	5,00842	2,5369	0,07973	5,00842	2,53684	0,07972	5,00941
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,52	0,06296	4,993605	2,52003	0,06297	4,99367	2,52	0,06297	4,99361	2,52	0,06297	4,99348	2,52	0,06295	4,99361	2,52003	0,06297	4,99373	2,52	0,06296	4,99361
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,5125	0,05764	4,988976	2,5125	0,05765	4,98879	2,51247	0,05764	4,98978	2,5125	0,05764	4,98922	2,5125	0,05764	4,98879	2,5125	0,05764	4,98873	2,51247	0,05765	4,98879
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,5255	0,06904	4,997638	2,52547	0,06905	4,99776	2,52547	0,06905	4,9977	2,5255	0,06905	4,99807	2,5255	0,06905	4,99776	2,52547	0,06905	4,99758	2,5255	0,06904	4,99789
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,537	0,08212	5,007381	2,537	0,08212	5,00726	2,53697	0,08212	5,00713	2,537	0,08213	5,00788	2,537	0,08212	5,00744	2,537	0,08213	5,00837	2,53703	0,08213	5,00744
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	2,5369	0,08105	5,003738	2,5369	0,08103	5,00392	2,53687	0,08103	5,00405	2,5369	0,08105	5,00392	2,53687	0,08105	5,00485	2,5369	0,08104	5,00368	2,53687	0,08105	5,00473
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,5157	0,05922	4,993838	2,5157	0,05922	4,99384	2,5157	0,05922	4,99365	2,5157	0,05922	4,9947	2,5157	0,05922	4,99378	2,5157	0,05922	4,99341	2,5157	0,05922	4,99421
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,5143	0,05684	4,991395	2,5143	0,05683	4,99152	2,5143	0,05684	4,9909	2,5143	0,05684	4,99109	2,5143	0,05683	4,99133	2,5143	0,05684	4,99071	2,5143	0,05683	4,9909
Família 5	Linha 12	2,50396	0,04764	4,978966	2,50399	0,04764	4,97908	2,50403	0,04764	4,97905	2,50397	0,04764	4,97876	2,50406	0,04764	4,97914	2,504	0,04764	4,97978	2,50399	0,04764	4,979
Família 6	Linha 13	2,60585	0,14468	5,073448	2,60595	0,14469	5,07439	2,60584	0,1447	5,07413	2,60593	0,14469	5,07422	2,60579	0,1447	5,07383	2,60592	0,1447	5,07386	2,60576	0,1447	5,07368
Família 7	Linha 14	3,92716	1,52372	9,303279	4,0188	1,53254	9,52804	4,7114	1,52525	14,3306	4,08785	1,52577	10,4528	3,91146	1,52577	9,38882	4,1094	1,5227	10,828	4,76949	1,52321	14,6591
Família 8	Linha 15	4,11813	1,50368	9,973262	4,1779	1,50521	10,0326	4,14601	1,50355	10,0433	4,14513	1,50368	10,0649	4,17403	1,50496	10,1055	4,18856	1,50764	10,0885	4,14551	1,50611	10,1169
Família 9	Linha 16	2,71536	0,2478	5,183726	2,71557	0,2478	5,18505	2,71579	0,24773	5,18149	2,71588	0,24785	5,18207	2,71557	0,24777	5,18075	2,7154	0,24782	5,17926	2,71601	0,24788	5,18166

Figura 4.277 – Cenário 17 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

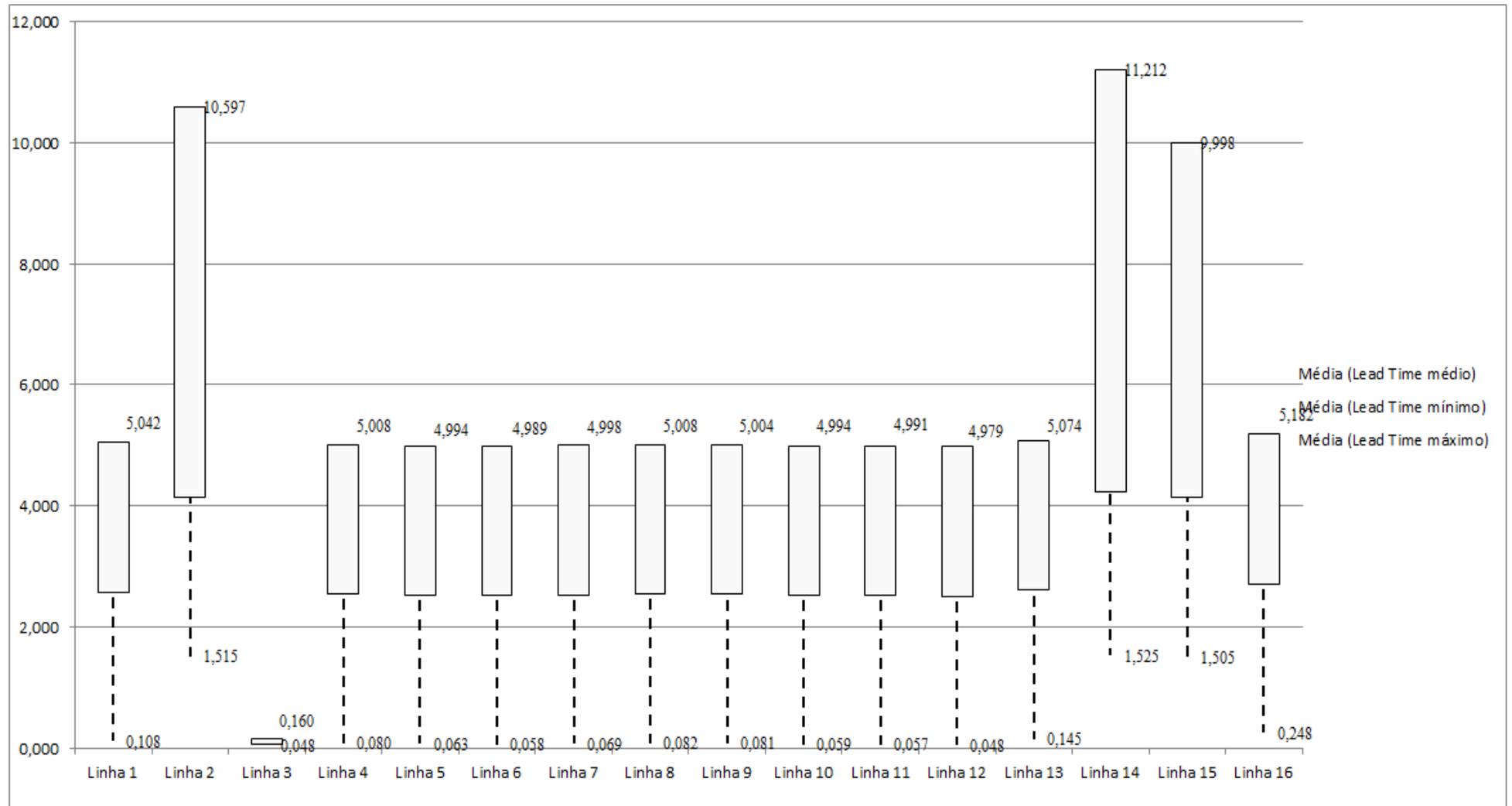


Figura 4.278 – Cenário 17 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,143	0,424	3,972	2,07344	0,4242	3,97197	2,17396	0,42408	4,1385	2,16252	0,42408	4,06791	2,3519	0,42408	4,42113	2,3222	0,42408	4,24514	2,37191	0,42408	4,03987	2,11903	0,4242	4,18322
Família 2 2 cores	1,838	0,773	3,107	1,83921	0,7732	3,21905	1,83733	0,7732	3,11529	1,74761	0,7732	3,02055	1,84306	0,7732	3,21806	1,77277	0,7732	3,10759	1,86316	0,7732	3,15663	1,78314	0,79626	3,06513
Família 2 3 cores	2,752	1,123	4,590	2,892	1,1232	4,9147	2,82872	1,1232	4,66059	2,80363	1,1232	4,6889	2,84146	1,1232	4,69479	2,8015	1,1232	4,66325	2,75801	1,1232	4,46294	2,75236	1,1232	4,60994
Família 2 4 cores	4,655	1,473	8,283	4,60516	1,48652	8,04488	4,49591	1,4732	7,98941	4,62003	1,4732	8,28382	4,5344	1,4732	8,06466	4,57462	1,4732	8,1419	4,64931	1,49252	8,34348	4,71934	1,4732	8,41295
Família 2 5 cores	5,126	1,832	8,635	4,96334	1,84028	8,19837	4,96102	1,832	8,13597	5,01845	1,832	8,35517	5,26498	1,832	8,56742	5,15764	1,832	8,47317	4,96896	1,84401	8,40818	5,23037	1,832	8,68953
Família 2 6 cores	5,758	2,098	9,646	5,61776	2,10274	9,30513	5,63185	2,098	9,31169	5,62315	2,098	9,38371	5,9811	2,098	9,72766	5,79883	2,098	9,51861	5,56075	2,10488	9,4423	5,79239	2,098	9,60897
Família 7 1 cor	2,045	0,424	3,983	1,93725	0,4242	3,69424	1,98339	0,4242	3,66336	1,97469	0,4242	3,72399	2,20902	0,4242	4,02516	2,1057	0,4242	3,90108	1,92233	0,4242	3,7442	2,10016	0,4242	3,97032
Família 7 2 cores	1,839	0,773	3,104	1,80773	0,7731	3,04172	1,81756	0,7731	3,06837	1,79141	0,7731	3,03593	1,9316	0,7731	3,18099	1,85368	0,7731	3,08033	1,7693	0,7731	3,05458	1,82348	0,7731	3,06071
Família 7 3 cores	2,761	1,123	4,608	2,81339	1,1232	4,75584	2,78062	1,1232	4,87071	2,71383	1,1232	4,70425	2,8185	1,1232	4,78645	2,72399	1,1232	4,63118	2,71812	1,1232	4,73623	2,64079	1,1232	4,49281
Família 7 4 cores	4,880	1,473	8,520	4,98498	1,4734	8,62156	4,8612	1,4736	8,82186	4,86919	1,4734	8,6483	4,78955	1,4734	8,71588	4,79453	1,4734	8,38997	4,77471	1,4734	8,57524	4,74323	1,4734	8,27331
Família 7 5 cores	5,121	1,832	8,731	5,20167	1,832	8,77729	5,25472	1,832	8,94029	4,91351	1,832	8,47198	5,1727	1,83401	8,70746	5,04617	1,832	8,63008	5,13986	1,832	8,87793	5,11503	1,832	8,60052
Família 7 6 cores	5,598	2,098	9,418	5,63631	2,098	9,57018	5,57887	2,098	9,63417	5,54505	2,098	9,47661	5,69938	2,098	9,61193	5,54242	2,098	9,39508	5,57334	2,098	9,54812	5,5202	2,098	9,34817
Família 8 1 cor	2,092	0,424	3,859	2,1428	0,4242	3,82652	2,06148	0,42432	3,91175	2,11895	0,4242	3,89395	1,97134	0,4242	3,88632	2,04723	0,4242	3,72115	2,03468	0,4242	3,80099	2,06629	0,4242	3,71335
Família 8 2 cores	1,860	0,773	3,139	1,88294	0,773	3,07187	1,94354	0,773	3,11083	1,7407	0,773	2,88747	1,85846	0,7747	3,0008	1,83022	0,773	3,05094	1,90222	0,773	3,1576	1,93628	0,773	3,12395
Família 8 3 cores	2,754	1,123	4,595	2,76438	1,1232	4,47465	2,77596	1,1232	4,66555	2,81151	1,1232	4,6675	2,73914	1,1232	4,58937	2,80027	1,1232	4,76483	2,76024	1,1232	4,48655	2,80522	1,1232	4,67837
Família 8 4 cores	4,816	1,473	8,363	4,78909	1,4732	8,36486	4,74743	1,4732	8,27002	4,80573	1,4732	8,29233	4,88868	1,4732	8,38344	4,78351	1,4732	8,28014	4,84693	1,4732	8,36127	4,89041	1,4732	8,44795
Família 8 5 cores	5,306	1,832	8,859	5,34936	1,832	8,64735	5,44697	1,832	8,88634	5,19183	1,832	8,57307	5,29012	1,83401	8,65766	5,30871	1,832	8,89753	5,37287	1,832	8,77979	5,4648	1,832	8,9172
Família 8 6 cores	5,316	2,098	8,688	5,31089	2,098	8,57474	5,29907	2,098	8,70595	5,36555	2,098	8,71937	5,3415	2,098	8,69284	5,34244	2,098	8,80506	5,33881	2,098	8,58413	5,40622	2,098	8,81048
	<b>5,7576</b>	<b>2,098</b>	<b>9,6463</b>																					
	<b>66,659</b>	<b>23,171</b>	<b>114,100</b>																					

Figura 4.279 – Cenário 17 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	2,20849	0,42408	4,07572	2,18707	0,42408	4,07617	2,14949	0,42408	4,09561	2,37027	0,42408	4,52367	2,20806	0,42408	4,15976	2,1777	0,42408	4,16412	2,24145	0,42408	4,30463
Família 2 2 cores	1,76295	0,7732	3,08161	1,81922	0,7732	3,21323	1,86757	0,82425	3,05411	1,89785	0,7732	3,31063	1,75179	0,7732	3,20175	1,76724	0,80974	3,0731	1,93905	0,7732	3,11764
Família 2 3 cores	2,82508	1,1232	4,61181	2,79239	1,1232	4,61151	2,87915	1,1232	4,65454	2,75893	1,1232	4,66539	2,8148	1,1232	4,7148	2,85685	1,1232	4,74078	2,87625	1,1232	4,68338
Família 2 4 cores	4,55091	1,4732	8,08249	4,59206	1,4732	8,10881	4,60644	1,4732	8,21565	4,5674	1,4732	8,10185	4,55089	1,4732	7,99995	4,56813	1,4732	8,14744	4,52958	1,4732	8,01455
Família 2 5 cores	4,84831	1,832	8,01948	4,93432	1,832	8,12452	5,0502	1,832	8,46428	5,15982	1,832	8,50163	4,80835	1,832	8,01075	5,21309	1,832	8,6786	4,97215	1,832	8,29859
Família 2 6 cores	5,46307	2,09805	9,12518	5,57776	2,098	9,16804	5,67653	2,098	9,48394	5,79508	2,098	9,59627	5,42311	2,098	9,11242	5,84871	2,098	9,74652	5,63631	2,09805	9,4067
Família 7 1 cor	1,86929	0,4242	3,51115	1,91985	0,4242	3,59538	2,006	0,4242	3,85742	2,11062	0,4242	3,94659	1,83742	0,4242	3,54278	2,1528	0,4242	4,08791	1,97748	0,4242	3,80127
Família 7 2 cores	1,75019	0,77314	2,99021	1,79259	0,7731	2,98003	1,81411	0,7731	3,06121	1,85051	0,7731	3,12008	1,739	0,7731	2,98513	1,86566	0,7731	3,15317	1,81642	0,77314	3,07106
Família 7 3 cores	2,73235	1,12331	4,81477	2,79141	1,1232	4,68709	2,73973	1,1232	4,62493	2,70781	1,1232	4,69654	2,74177	1,1232	4,76311	2,69635	1,1232	4,63124	2,78518	1,12331	4,71913
Família 7 4 cores	4,82505	1,47347	8,61864	4,89152	1,4734	8,54663	4,71839	1,4734	8,46851	4,79812	1,4734	8,59595	4,86838	1,4734	8,6275	4,85945	1,4734	8,49305	4,78051	1,47347	8,28309
Família 7 5 cores	5,08408	1,83209	8,63282	5,20896	1,832	8,84411	5,06339	1,832	8,61317	5,10151	1,832	8,71277	4,9933	1,832	8,70514	5,15443	1,832	8,82081	5,24225	1,83209	8,7694
Família 7 6 cores	5,55688	2,0981	9,63419	5,68065	2,098	9,53102	5,61143	2,098	9,47327	5,56812	2,098	9,55678	5,6353	2,098	9,64368	5,55721	2,098	9,50095	5,63758	2,0981	9,60417
Família 8 1 cor	2,06707	0,4242	3,77453	2,07931	0,4242	3,81622	1,97	0,4242	3,79752	2,06256	0,4242	3,85299	2,09709	0,4242	3,82582	2,12384	0,4242	3,81446	1,98884	0,4242	3,55069
Família 8 2 cores	1,85213	0,773	2,92783	1,90304	0,773	3,16676	1,83212	0,773	3,04303	1,88131	0,773	3,06587	1,77984	0,773	3,01503	1,92747	0,773	3,18805	1,93142	0,773	3,09121
Família 8 3 cores	2,75686	1,1232	4,59806	2,73355	1,1232	4,51985	2,83965	1,1232	4,6525	2,73182	1,1232	4,53683	2,79486	1,1232	4,6173	2,77592	1,1232	4,62099	2,78731	1,1232	4,55834
Família 8 4 cores	4,79381	1,4732	8,3716	4,9037	1,4732	8,4201	4,87476	1,4732	8,43035	4,85593	1,4732	8,4487	4,91227	1,4732	8,48221	4,85716	1,4732	8,46806	4,84048	1,4732	8,49185
Família 8 5 cores	5,29816	1,832	8,56308	5,34833	1,832	8,8248	5,34936	1,832	8,7781	5,31567	1,832	8,69883	5,23164	1,832	8,70467	5,424	1,832	8,95234	5,44061	1,832	8,7553
Família 8 6 cores	5,30624	2,098	8,6949	5,34439	2,098	8,64616	5,43081	2,098	8,77689	5,31636	2,098	8,67707	5,40829	2,098	8,77055	5,35959	2,098	8,76669	5,36138	2,098	8,71982

Figura 4.280 – Cenário 17 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

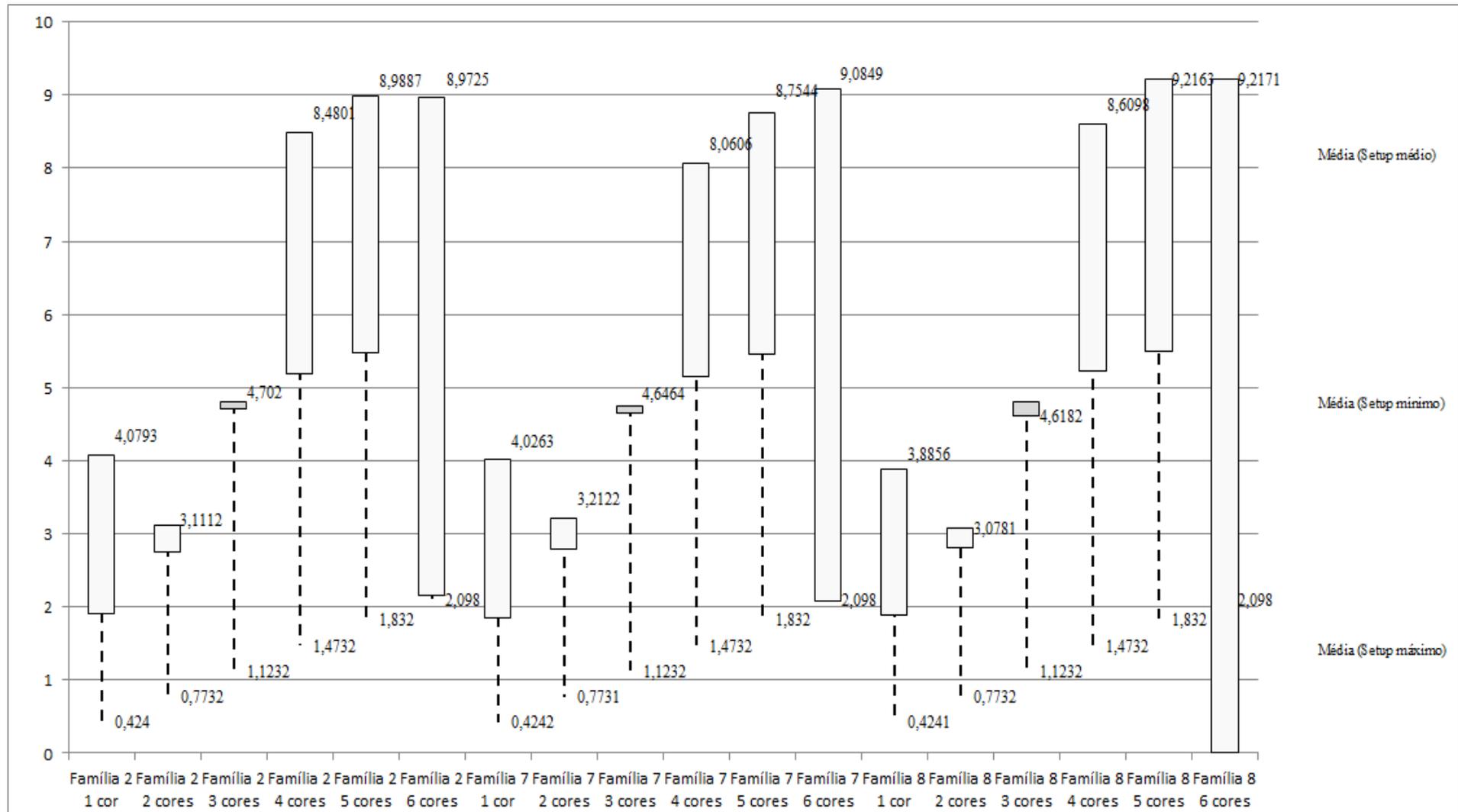


Figura 4.281 – Cenário 17 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,0	4721,0	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Família 2	Linha 2	276,57	18601,0	16000,0	2324,43	1876,89	18601,00	14222,22	2501,89	1919,00	18601,00	14222,22	2459,78	-1010,55	18601,00	17777,78	1833,77	1866,38	18601,00	14222,22	2512,40
Família 3	Linha 3	-1,39	23250,0	23210,0	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,0	788,0	76,7677	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,23	2819,0	2365,0	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,0	2365,0	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	177,77	2241,0	1881,0	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,10	940,0	788,0	76,9	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,0	788,0	76,7655	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,12	5637,0	4729,0	456,88	451,12	5637,00	4728,31	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4728,31	456,88
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,64	9300,0	7804,0	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	744,01	9300,00	7802,63	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36
Família 5	Linha 12	201,10	2514,0	2110,0	202,9	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,35	2481,0	2074,0	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64
Família 7	Linha 14	165,69	18601,0	16100,0	2335,31	166,95	18601,00	16100,00	2334,05	168,77	18601,00	16100,00	2332,23	-5157,72	18601,00	21466,67	2292,05	-5228,20	18601,00	21466,67	2362,54
Família 8	Linha 15	-130,17	18601,0	16400,0	2331,17	-124,65	18601,00	16400,00	2325,65	-124,81	18601,00	16400,00	2325,81	-148,82	18601,00	2349,82	-114,71	18601,00	16400,00	2315,71	
Família 9	Linha 16	199,40	2481,0	2066,0	215,6	199,35	2481,00	2066,00	215,65	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,39	2481,00	2066,00	215,61	199,41	2481,00	2066,00	215,59
		3408,7268	117802	104189	10204,2732	5017,16472	117802	102409,8517	10374,98362	5060,25897	117802	102410,5431	10331,19791	-3220,471963	117802	111333,4486	9689,023321	-379,1701573	117802	107777,2058	10403,96433
		2,89%	100,00%	88,44%	8,66%	4,26%	100,00%	86,93%	8,81%	4,30%	100,00%	86,93%	8,77%	-2,73%	100,00%	94,51%	8,22%	-0,32%	100,00%	91,49%	8,83%

Figura 4.282 – Cenário 17 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,05	5637,00	4721,00	465,95
Família 2	Linha 2	267,08	18601,00	16000,00	2333,92	233,07	18601,00	16046,22	2321,71	-1011,34	18601,00	17777,78	1834,57	1910,24	18601,00	14222,22	2468,54	266,73	18601,00	16000,00	2334,27
Família 3	Linha 3	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	225,23	2819,00	2365,00	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	450,43	5637,00	4729,69	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	744,00	9300,00	7802,63	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65
Família 7	Linha 14	178,87	18601,00	16100,00	2322,13	181,72	18601,00	16100,00	2319,28	184,48	18601,00	16100,00	2316,52	187,12	18601,00	16100,00	2313,88	191,76	18601,00	16100,00	2309,24
Família 8	Linha 15	-117,35	18601,00	16400,00	2318,35	-122,34	18601,00	16400,00	2323,34	-158,51	18601,00	16400,00	2359,51	-110,97	18601,00	16400,00	2311,97	-143,39	18601,00	16400,00	2344,39
Família 9	Linha 16	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,40	2481,00	2066,00	215,60	199,40	2481,00	2066,00	215,60	199,39	2481,00	2066,00	215,61
		3426,573506	117802	104187,6334	10187,7931	3389,77054	117802	104234,5389	10177,69054	2111,29117	117802	105966,7818	9723,927055	5082,38237	117802	102411,9137	10307,70396	3411,032166	117802	104189,6915	10201,27634
		2,91%	100,00%	88,44%	8,65%	2,88%	100,00%	88,48%	8,64%	1,79%	100,00%	89,95%	8,25%	4,31%	100,00%	86,94%	8,75%	2,90%	100,00%	88,44%	8,66%

Figura 4.283 – Cenário 17 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Família 1	Linha 1	450,05	5637,00	4721,00	465,95	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92	450,08	5637,00	4721,00	465,92
Família 2	Linha 2	1878,64	18601,00	14222,22	2500,14	267,28	18601,00	16000,00	2333,72	268,32	18601,00	16000,00	2332,68	1894,91	18601,00	14222,22	2483,87	1895,69	18601,00	14222,22	2483,08
Família 3	Linha 3	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39	-1,39	23250,00	23210,00	41,39
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Box INV 0111	Linha 5	225,23	2819,00	2365,00	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77	224,54	2819,00	2365,69	228,77	225,23	2819,00	2365,00	228,77
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,11	2819,00	2365,69	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20	225,80	2819,00	2365,00	228,20
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23	177,77	2241,00	1881,00	182,23
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90	75,10	940,00	788,00	76,90
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77	75,23	940,00	788,00	76,77
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	451,12	5637,00	4729,00	456,88	450,43	5637,00	4729,69	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88	451,12	5637,00	4729,00	456,88
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	742,64	9300,00	7804,00	753,36	742,64	9300,00	7804,00	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36	743,32	9300,00	7803,32	753,36
Família 5	Linha 12	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90	201,10	2514,00	2110,00	202,90
Família 6	Linha 13	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64	199,35	2481,00	2074,00	207,65	199,36	2481,00	2074,00	207,64
Família 7	Linha 14	-5168,76	18601,00	21466,67	2303,10	183,62	18601,00	16100,00	2317,38	203,75	18601,00	16100,00	2297,25	150,92	18601,00	16100,00	2350,08	-5186,01	18601,00	21466,67	2320,34
Família 8	Linha 15	-138,57	18601,00	16400,00	2339,57	-130,22	18601,00	16400,00	2331,22	-153,78	18601,00	16400,00	2354,78	-159,04	18601,00	16400,00	2360,04	-124,61	18601,00	16400,00	2325,61
Família 9	Linha 16	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,37	2481,00	2066,00	215,63	199,39	2481,00	2066,00	215,61	199,40	2481,00	2066,00	215,60	199,36	2481,00	2066,00	215,64
		-332,0819545	117802	107777,8889	10356,19307	3416,628497	117802	104189,6873	10195,68425	3414,951141	117802	104189,004	10198,04486	4983,433569	117802	102411,2264	10407,34001	-317,6089389	117802	107777,2056	10342,40335
		-0,28%	100,00%	91,49%	8,79%	2,90%	100,00%	88,44%	8,65%	2,90%	100,00%	88,44%	8,66%	4,23%	100,00%	86,94%	8,83%	-0,27%	100,00%	91,49%	8,78%

O estoque em processo no cenário 17 sofreu um aumento com relação ao cenário 16 da ordem de 15% em função de uma redução maior da frequência de requisição dos cartões *kanbans*. Quanto ao cenário 15 com relação aos produtos que passam pelo processo de impressão um aumento da ordem de 27,55% com relação ao estoque em processo do cenário 14 foi acumulado no cenário 17. No cenário 16, entretanto, o estoque em processo com relação ao cenário 15 sofreu uma redução da ordem de 50% sendo um resultado próximo do nível do estoque em processo do cenário 14, o que contrabalanceou o aumento entre os cenários 16 e 17. A redução é devido ao *kanban* que embora tenha sido dimensionado para o cenário 16 com uma menor frequência de requisição do processo seguinte, reduziu o número de *kanbans* de 10 para 2 reduzindo apenas a frequência. No caso a solução é adequar o dimensionamento do *kanban* ou permitir a formação de estoque pulmão, a fim de definir um ponto de desacoplamento capaz de garantir o atendimento à demanda com margem de segurança quanto a não ocorrer falta de produto em função de eventuais ocorrências no processo como, por exemplo, quebra de máquina ou problemas com matéria prima.

Deve ser realizado, contudo, um dimensionamento que priorize os produtos de maior volume de consumo sem finalizá-lo antes da definição da customização necessária do cliente e a prioridade quanto ao prazo de entrega.

Figura 4.284 – Cenário 17 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

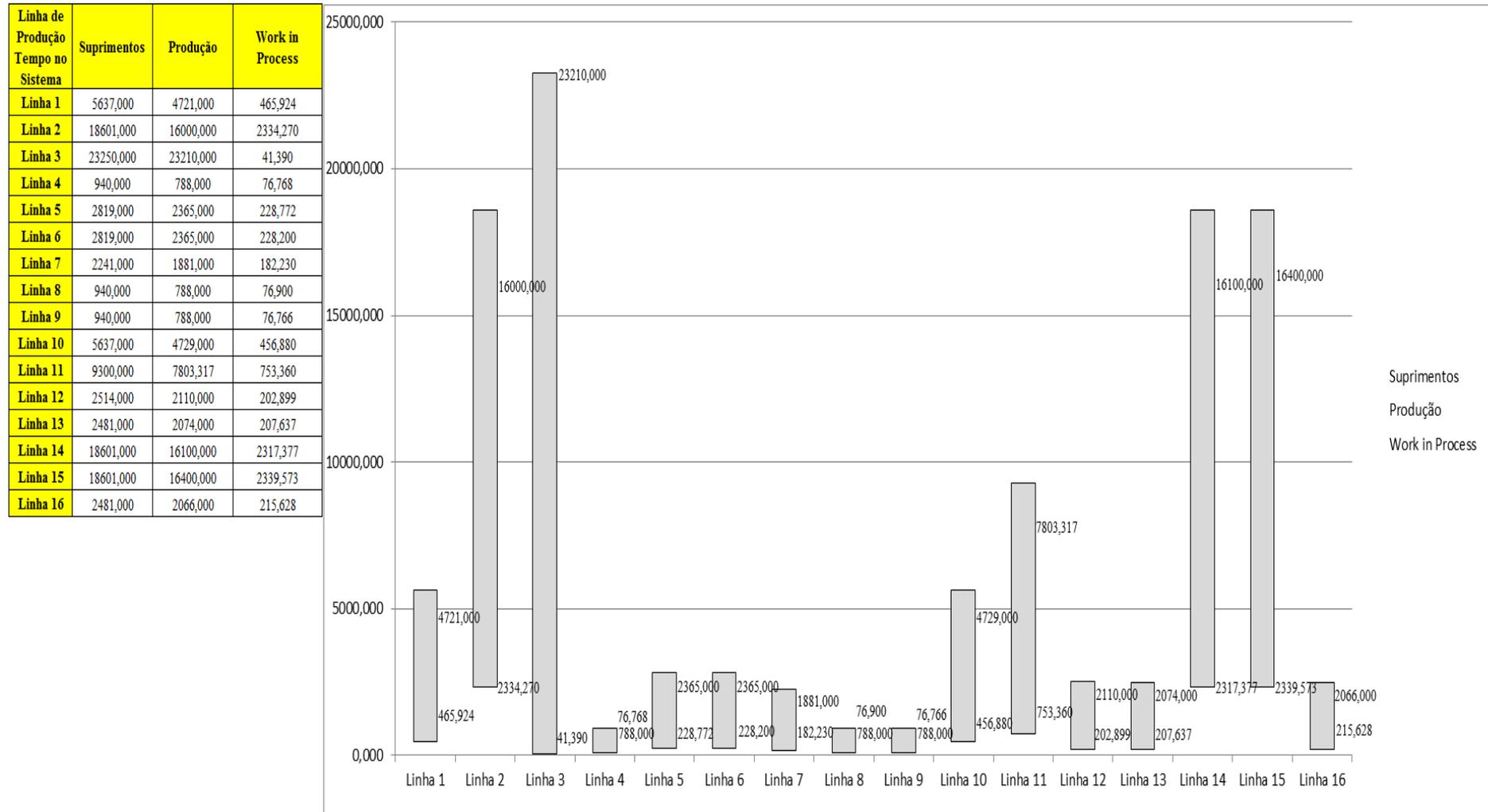
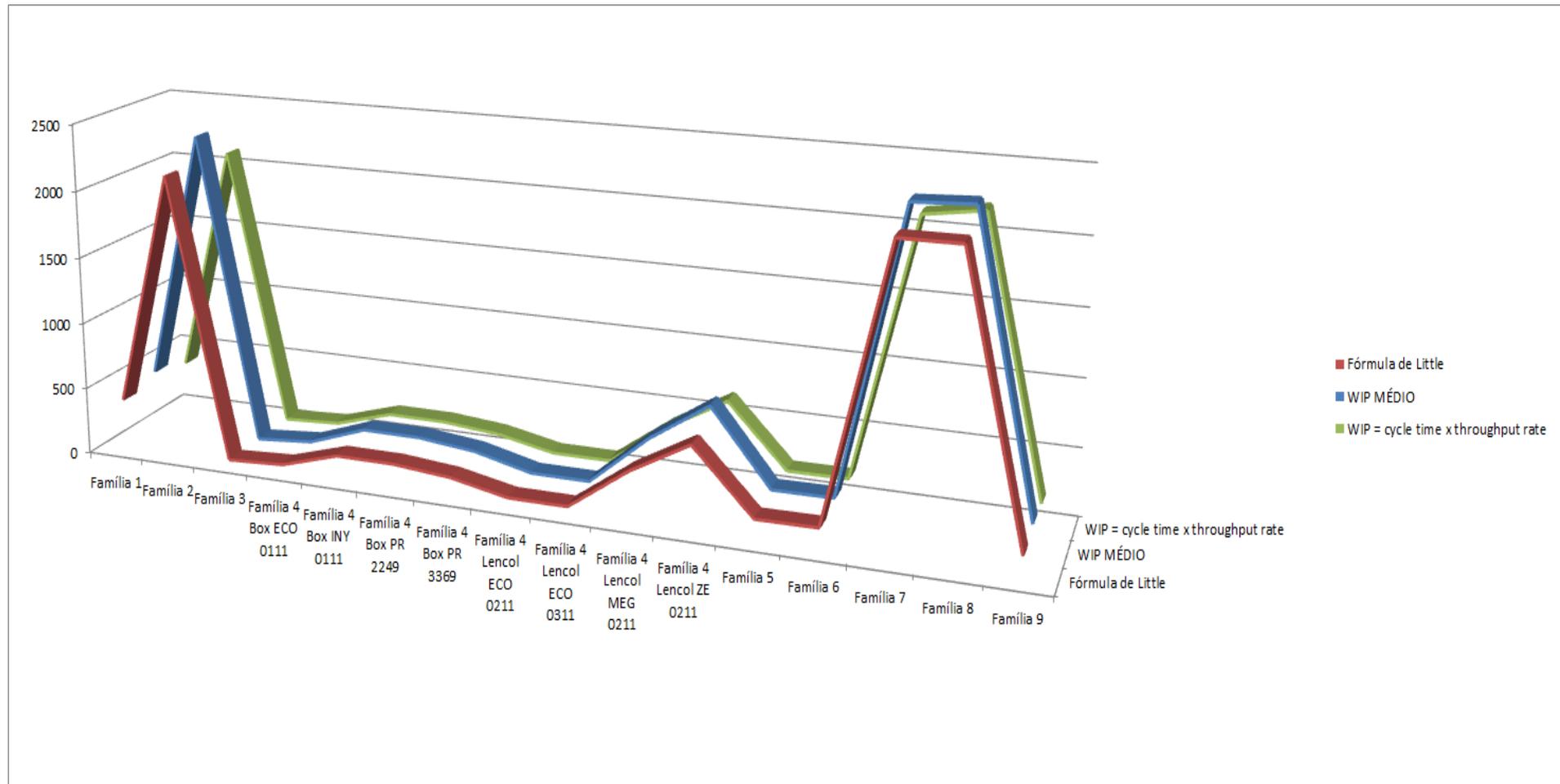


Figura 4.285 – Cenário 17 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.286 não houve alteração do tempo de espera no processo de impressão com o uso de cartões *kanban* no processo, de acordo com os resultados.

Figura 4.286 – Cenário 17 – *Wait Time* –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,46095	2,4612	2,4612	2,4612	2,46095	2,46095	2,46095	2,4612
Família 2	Linha 2	2,99	3,12643	3,08141	2,88586	3,12299	2,9765	2,99623	2,90736	3,09056	2,97616	3,14089	2,99596	2,95369	3,10045	3,13617	2,996229
Família 3	Linha 3	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,03557	0,035568
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	2,4543	2,42087	2,37179	2,32415	2,41619	2,4319	2,39045	2,28824	2,42358	2,4436	2,33766	2,32505	2,36912	2,36236	2,31018	2,37179
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	2,4539	2,4912	2,44888	2,45892	2,48042	2,44171	2,49163	2,47738	2,43731	2,45674	2,46726	2,43759	2,45596	2,4481	2,44592	2,455964
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	2,4528	3,11702	2,47967	2,45781	2,51104	2,46664	2,5255	2,47685	2,49917	2,50245	2,5275	2,46953	2,49651	2,49304	2,47751	2,493041
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	2,4552	2,43027	2,46041	2,44516	2,44458	2,48907	2,47284	2,44787	2,41894	2,41855	2,43521	2,44348	2,47602	2,47174	2,47053	2,44787
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	2,4543	2,49118	2,60242	2,51655	2,49723	2,5325	2,48868	2,48756	2,50596	2,59253	2,52676	2,46919	2,52486	2,57867	2,50403	2,505961
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,04013	0,03906	0,04108	0,03885	0,04061	0,04039	0,04013	0,04097	0,04001	0,04036	0,0386	0,03869	0,03978	0,03893	0,03856	0,040011
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	2,4537	2,47249	2,48027	2,478	2,48797	2,4748	2,47598	2,48251	2,48499	2,49626	2,48534	2,47912	2,48525	2,48079	2,47559	2,480265
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	2,4541	2,45785	2,45684	2,45302	2,45705	2,45871	2,45683	2,45369	2,45351	2,4615	2,46515	2,44953	2,45805	2,45788	2,45395	2,45684
Família 5	Linha 12	2,4544	2,0425	1,82751	2,872	2,82005	3,3949	1,77607	1,74044	1,85641	2,05103	3,32026	1,92637	2,73402	2,74437	1,99141	2,051031
Família 6	Linha 13	2,4626	2,33881	2,28944	2,83297	2,45521	2,51844	1,88793	2,32328	2,97341	2,71064	2,48134	2,63393	2,52195	2,28247	2,30659	2,4626
Família 7	Linha 14	2,9855	2,96028	2,96421	3,36731	3,58933	2,99484	2,88838	2,93622	2,86818	2,93589	3,44715	2,98681	2,85665	3,00275	3,49001	2,9855
Família 8	Linha 15	3,0533	3,06207	3,04405	3,04608	3,04811	3,03719	3,06072	3,09875	3,03959	3,08405	3,0603	3,05968	3,08117	3,09195	3,05996	3,059958
Família 9	Linha 16	2,4721	3,03422	2,85465	2,54575	2,34315	2,33485	2,34807	2,33826	2,55717	2,73181	2,1357	2,60187	2,53183	2,65824	2,14112	2,531834
		3,0533	3,12643	3,08141	3,36731	3,58933	3,3949	3,06072	3,09875	3,09056	3,08405	3,44715	3,05968	3,08117	3,10045	3,49001	
		8,68304	8,25743	8,51816	6,93107	5,81134	6,78654	8,63937	8,41724	8,46485	8,50275	6,51702	8,6455	8,51954	8,40741	6,30003	7,82675

Figura 4.287 – Cenário 17 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

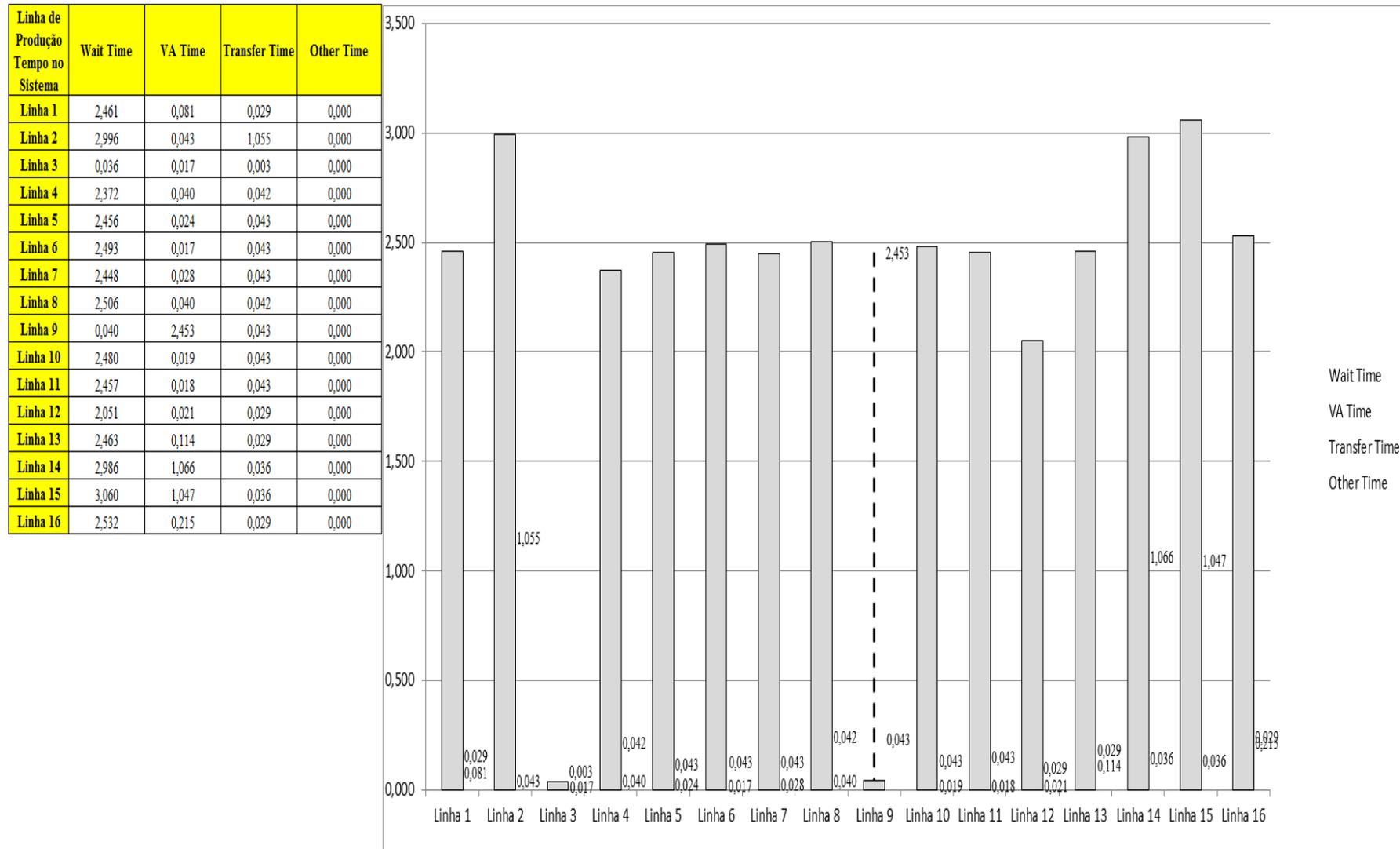


Figura 4.288 – Cenário 17 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

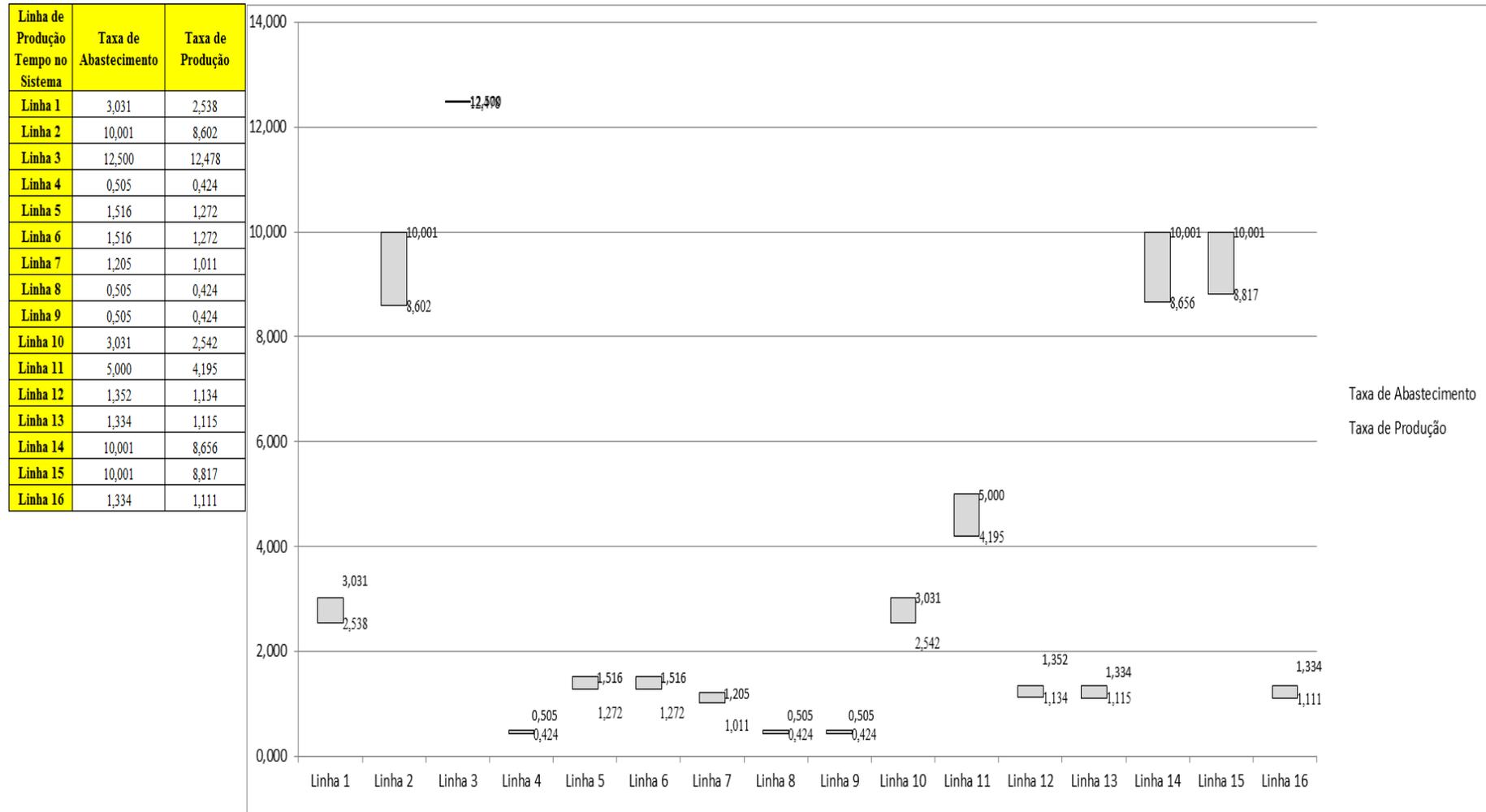


Figura 4.289 – Cenário 17 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

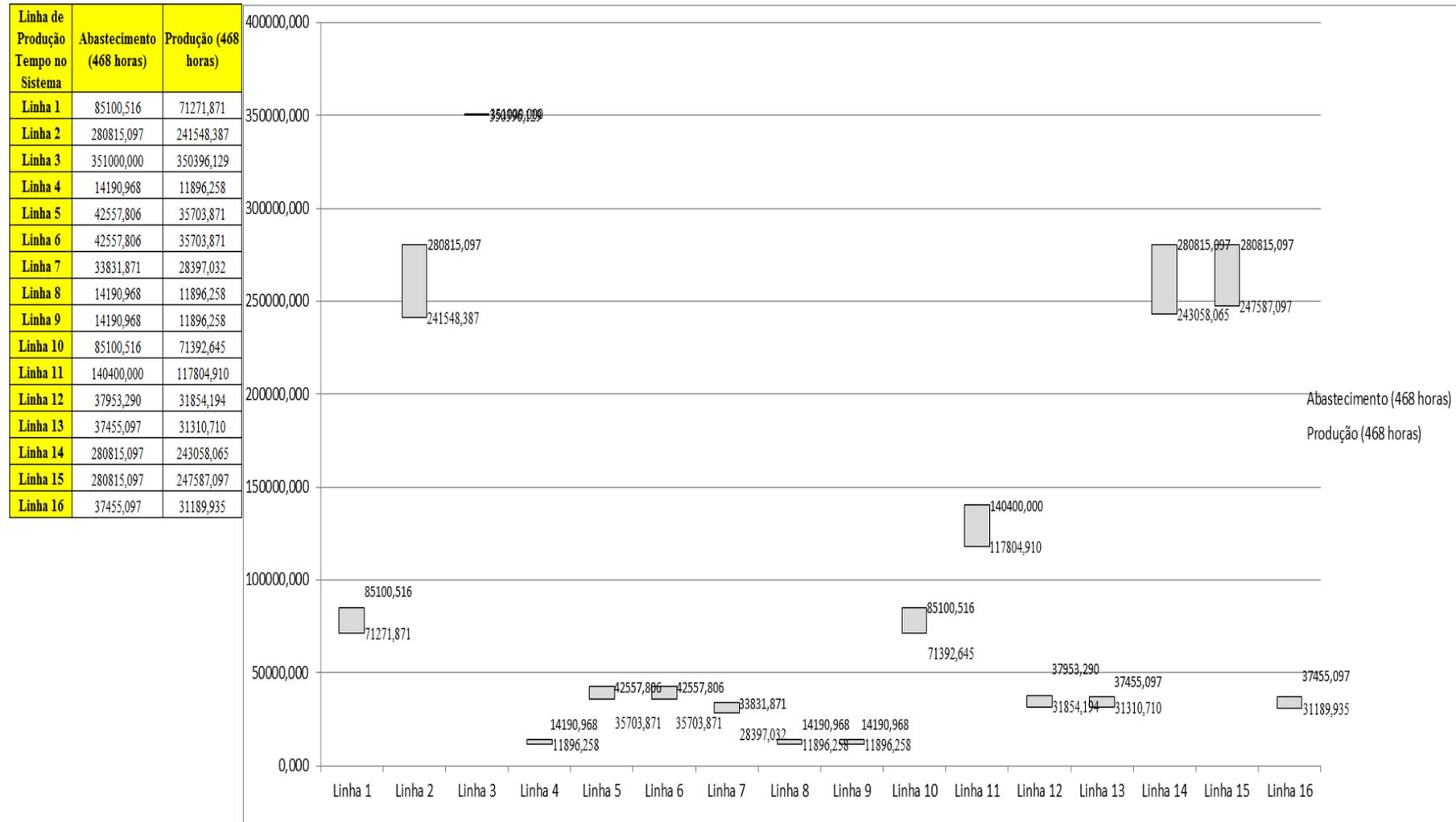


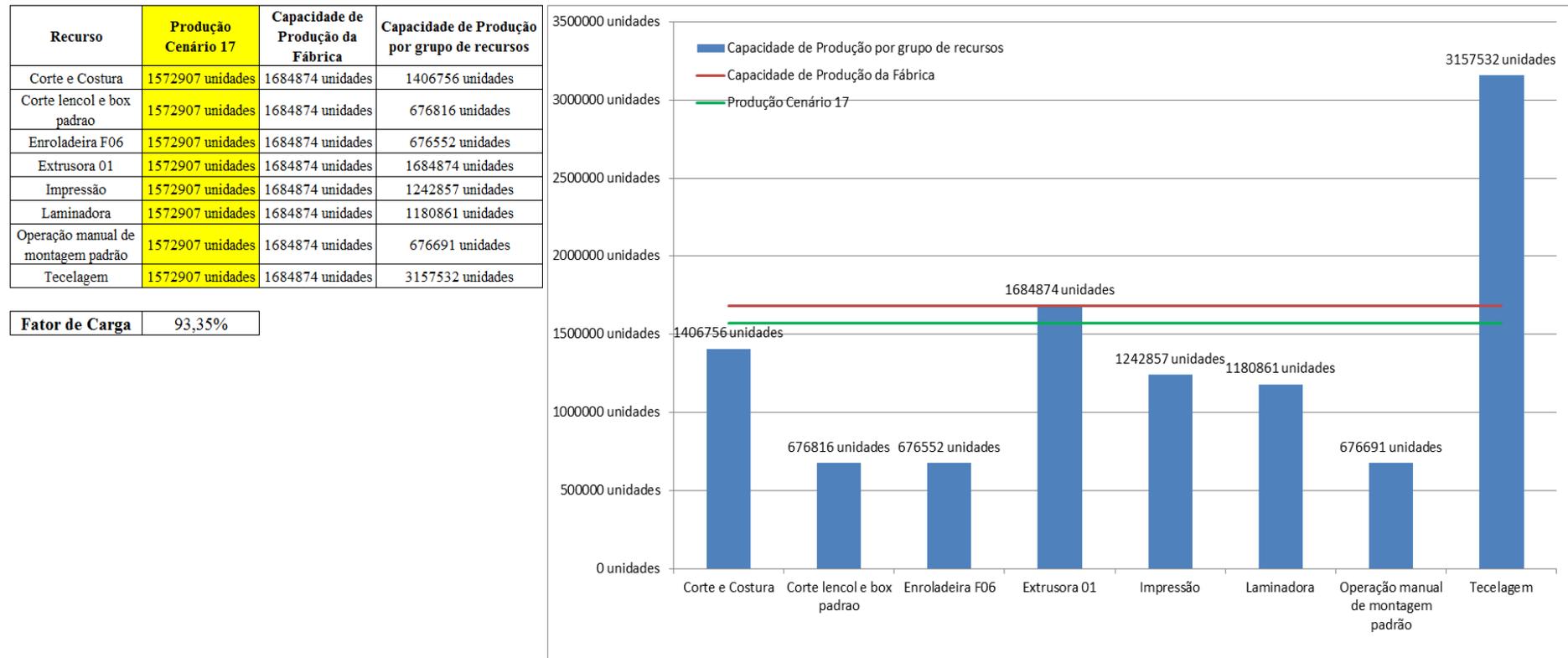
Figura 4.290 – Cenário 17 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	26,83259%	26,44000%	25,94955%	26,14161%	28,44641%	26,84814%	26,98190%	26,72810%	27,86335%
Corte e Costura Supra	1	32,87991%	33,06000%	32,19169%	32,19169%	34,34638%	32,96352%	32,89920%	32,99568%	33,63887%
Corte e Costura Taubate	1	37,52506%	37,88000%	37,06538%	36,91991%	38,89828%	37,58906%	37,53088%	37,85091%	37,96728%
Corte e Costura Vitra	1	41,56110%	42,22000%	41,22627%	40,90398%	42,78401%	41,60228%	41,38742%	42,03200%	41,97828%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	93,30453%	93,36000%	92,50573%	92,50744%	95,06163%	93,35829%	93,35658%	93,38180%	94,21081%
Enroladeira F06	1	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,78887%	24,85000%	23,72076%	23,72076%	27,10847%	24,85000%	24,85000%	25,05893%	25,97924%
Impressora PADANE	1	24,82800%	24,89000%	23,75802%	23,75802%	27,15396%	24,89000%	24,89000%	25,09881%	26,02198%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,82603%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,86677%	18,85000%	18,90096%	18,81319%	18,88398%	18,87831%	18,85849%	18,84717%	18,85283%
Tear 02	1	33,47323%	33,39000%	33,62228%	33,65131%	33,56421%	33,41903%	33,47710%	33,44807%	33,47710%
Tear 03	1	42,86688%	43,04000%	42,57720%	42,75718%	42,73147%	42,91145%	42,86002%	42,93716%	42,88573%
Tear 04	1	6,73301%	6,74373%	6,75737%	6,72486%	6,71697%	6,72190%	6,70614%	6,75441%	6,71205%
Tear 05	1	13,01875%	13,06000%	13,02685%	12,97161%	13,07105%	13,02685%	13,10420%	12,92741%	13,00475%
Tear 06	1	18,50661%	18,58000%	18,46881%	18,43545%	18,51329%	18,44657%	18,60224%	18,58000%	18,40209%
Tear 07	1	23,25169%	23,39000%	23,30077%	23,30077%	23,27846%	23,30077%	23,24500%	23,16692%	23,24500%
Tear 08	1	27,54099%	27,58000%	27,47873%	27,68127%	27,64752%	27,48998%	27,50123%	27,51248%	27,62501%
Tear 09	1	31,04517%	30,90000%	30,98979%	31,07959%	30,87755%	30,97857%	30,94490%	31,22550%	31,43876%
Tear 10	1	34,33249%	34,21000%	34,50307%	34,26636%	34,25509%	34,44671%	34,40162%	34,39035%	34,27763%
Tear 11	1	37,23839%	36,94000%	37,25728%	37,32526%	37,26861%	37,35926%	37,04198%	37,16663%	37,00799%
Tear 12	1	40,33466%	40,14000%	40,02459%	40,44007%	40,30158%	40,37082%	40,27849%	40,32466%	40,48623%

Figura 4.291 – Cenário 17 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	26,83259%	25,85351%	27,11909%	26,93731%	26,93045%	27,05736%	26,40913%	26,78298%
Corte e Costura Supra	1	32,87991%	32,28817%	32,93136%	32,89920%	32,96352%	32,80272%	32,09521%	32,93136%
Corte e Costura Taubate	1	37,52506%	37,06538%	37,35631%	37,58906%	37,44359%	37,44359%	36,65806%	37,61816%
Corte e Costura Vitra	1	41,56110%	41,33370%	41,14570%	41,41427%	41,52170%	41,44113%	40,63541%	41,79028%
Corte lencol e box padrao	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Embalagem 001	20	93,30453%	92,51086%	93,36167%	93,36000%	93,36167%	93,36000%	92,50922%	93,36232%
Enroladeira F06	1	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%	1,86000%
Extrusora 01	1	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%	99,88000%
Impressora COMT	1	24,78887%	23,72076%	24,85000%	24,85000%	24,85000%	24,85000%	23,72415%	24,85000%
Impressora PADANE	1	24,82800%	23,75802%	24,89000%	24,89000%	24,89000%	24,89000%	23,75124%	24,89000%
Laminadora	1	62,83907%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%	62,84000%
Operação manual de montagem padrão	1	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%	19,28000%
Tear 01	1	18,86677%	18,86132%	18,91512%	18,93210%	18,86415%	18,84395%	18,85849%	18,84151%
Tear 02	1	33,47323%	33,50614%	33,39000%	33,30290%	33,44807%	33,44807%	33,47710%	33,47710%
Tear 03	1	42,86688%	42,83431%	42,86002%	42,93716%	42,88573%	42,96287%	42,88573%	42,93716%
Tear 04	1	6,73301%	6,77313%	6,68742%	6,75737%	6,75737%	6,72683%	6,69629%	6,75934%
Tear 05	1	13,01875%	13,06000%	13,01580%	12,98266%	12,98266%	12,99371%	12,97161%	13,08210%
Tear 06	1	18,50661%	18,45769%	18,45769%	18,55776%	18,58000%	18,43545%	18,55776%	18,52440%
Tear 07	1	23,25169%	23,21154%	23,16692%	23,39000%	23,11115%	23,24500%	23,31192%	23,11115%
Tear 08	1	27,54099%	27,42246%	27,52374%	27,48998%	27,51248%	27,79380%	27,45622%	27,39996%
Tear 09	1	31,04517%	31,04591%	31,06836%	30,78776%	31,05714%	31,09081%	31,06836%	31,12448%
Tear 10	1	34,33249%	34,19873%	34,69469%	34,41289%	34,33399%	34,19873%	34,31145%	34,08601%
Tear 11	1	37,23839%	37,05331%	37,56322%	37,14396%	37,18929%	37,24594%	37,58588%	37,42725%
Tear 12	1	40,33466%	40,60164%	40,26695%	40,30158%	40,44007%	40,35928%	40,37082%	40,31312%

Figura 4.292 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



De acordo com a Figura 4.292 o fator de carga do cenário 17 é de 93,35% enquanto o fator de carga do cenário 16 é 94,70% que quando comparado com o fator de carga do cenário 15 de 95,77% demonstra uma redução em função do dimensionamento e do uso do cartão *kanban* no processo de impressão. Contudo, avaliando a evolução do indicador de desempenho fator de carga a partir do cenário 11 de 96,53% é fato que é maior do que 91,15% do cenário 7, maior do que 88,61% do cenário 12, maior do que 88,43% do cenário 13, e embora menor do que 95,42% do cenário 14 e conseqüentemente menor do que 95,77% do cenário 15, ainda se mantiveram como um bom indicador no cenário 17 da ordem de 93,35%.

No caso os resultados demonstram, como esperado, que o tamanho do lote interfere no resultado do desempenho quanto ao volume de produtos acabados fabricados do processo de impressão mais diretamente do que no resultado da fábrica toda.

O resultado foi, contudo, em função da alteração do tamanho do lote no cenário 14 mantido no cenário 15, cenário 16 e cenário 17. O aumento a partir da produção de 1.088.748 unidades do cenário 7 no processo de impressão para 1.017.776 unidades do cenário 11, de 1.285.537 no cenário 12, de 1.346.823 no cenário 13, de 1.254.894 no cenário 14, de 1.252.560 no cenário 15, de 1.256.189 no cenário 16, e consequentemente de 1.242.857 no cenário 17, com redução de (-) 1,06% com relação ao cenário 16 implica que a alteração do tamanho do lote, ou seja, de 500 unidades para 400 unidades e o uso do cartão *kanban* necessita constantemente de ajustes dependendo do momento da demanda e do desempenho desejado do sistema de produção.

Figura 4.293 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

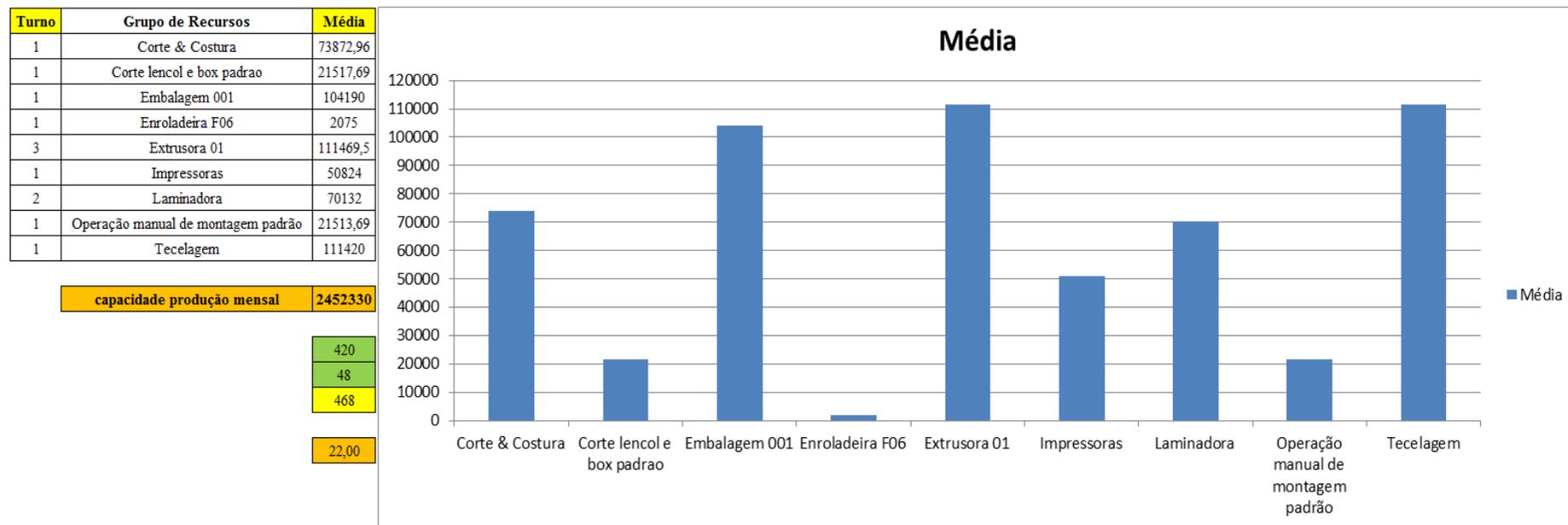


Figura 4.294 – Cenário 17 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																		
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saída	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%
1	450,076	465,9244	5637	4721	1	2,4612	2,5710	0,0811	0,0286	0,00	0,330 minutos	0,394 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,538 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71271,871	4,53%
2	266,730	2334,27	18601	16000	2	2,99623	4,0933	0,0425	1,0545	0,00	0,100 minutos	0,116 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,602 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	241548,387	15,36%
3	-1,390	41,39006	23250	23210	3	0,03557	0,0552	0,0170	0,0027	0,00	0,080 minutos	0,080 minutos	12,500 (unid./minuto)	12,478 (unid./minuto)	351000,000	19,74%	350396,129	22,28%
4	75,232	76,7677	940	788	4	2,37179	2,4545	0,0402	0,0424	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,76%
5	225,228	228,7722	2819	2365	5	2,45596	2,5220	0,0235	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,27%
6	225,800	228,2	2819	2365	6	2,49304	2,5528	0,0172	0,0425	0,00	0,660 minutos	0,786 minutos	1,516 (unid./minuto)	1,272 (unid./minuto)	42557,806	2,39%	35703,871	2,27%
7	177,770	182,23	2241	1881	7	2,44787	2,5182	0,0278	0,0425	0,00	0,830 minutos	0,989 minutos	1,205 (unid./minuto)	1,011 (unid./minuto)	33831,871	1,90%	28397,032	1,81%
8	75,100	76,9	940	788	8	2,50596	2,5886	0,0401	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,76%
9	75,235	76,7655	940	788	9	0,04001	2,5357	2,4532	0,0425	0,00	1,979 minutos	2,360 minutos	0,505 (unid./minuto)	0,424 (unid./minuto)	14190,968	0,80%	11896,258	0,76%
10	451,120	456,88	5637	4729	10	2,48027	2,5422	0,0194	0,0425	0,00	0,330 minutos	0,393 minutos	3,031 (unid./minuto)	2,542 (unid./minuto)	85100,516	4,79%	71392,645	4,54%
11	743,323	753,36	9300	7803,3	11	2,45684	2,5170	0,0177	0,0425	0,00	0,200 minutos	0,238 minutos	5,000 (unid./minuto)	4,195 (unid./minuto)	140400,000	7,89%	117804,910	7,49%
12	201,101	202,899	2514	2110	12	2,05103	2,1006	0,0210	0,0286	0,00	0,740 minutos	0,882 minutos	1,352 (unid./minuto)	1,134 (unid./minuto)	37953,290	2,13%	31854,194	2,03%
13	199,363	207,6372	2481	2074	13	2,4626	2,6054	0,1142	0,0286	0,00	0,750 minutos	0,897 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,115 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31310,710	1,99%
14	183,623	2317,377	18601	16100	14	2,9855	4,0868	1,0657	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,116 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,656 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	243058,065	15,45%
15	-138,573	2339,573	18601	16400	15	3,05996	4,1427	1,0471	0,0356	0,00	0,100 minutos	0,113 minutos	10,001 (unid./minuto)	8,817 (unid./minuto)	280815,097	15,79%	247587,097	15,74%
16	199,372	215,6284	2481	2066	16	2,53183	2,7757	0,2153	0,0285	0,00	0,750 minutos	0,900 minutos	1,334 (unid./minuto)	1,111 (unid./minuto)	37455,097	2,11%	31189,935	1,98%
	3409,11	10204,57	117802	104188		35,8357	42,6616	5,2432	1,5828	0,00			63,334 (unid./minuto)	56,015 (unid./minuto)	1778430,194		1572907,491	
	2,89%	8,66%	100,00%	88,44%		84,00%	100,00%	12,29%	3,71%	0,00%							88,444%	

De acordo com os resultados das Figuras 4.120 e 4.294 a produção do cenário 17 é de 1572.907, o que corresponde a 88,444% da matéria prima, enquanto que no cenário 16 é de 1.595.567 o que corresponde a 89,718% da matéria prima que abasteceu o sistema de produção contra: cenário 15 – 1.613.623 (90,733%); cenário 2 – 828.254 (63,361%) e cenário 5 – 1.178.229 (90,11%). Contudo, o ganho de produtividade alcançado a partir dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7 com as mudanças do tempo do *setup* e tempo de movimentação em função da mudança do *layout* devem oscilar com a alteração do tamanho do lote para os produtos que passam pelo processo de impressão, além da influência do dimensionamento dos cartões *kanban*. É importante considerar que no caso do cenário 15 a frequência de liberação dos cartões *kanban* foi considerada a mesma da taxa de abastecimento do sistema de produção enquanto que no cenário 16 houve uma razoável redução da frequência com um aumento do estoque em processo em torno de 17% e no cenário 17 com relação ao cenário 15 o aumento do estoque em processo foi da ordem de 28%, o que é significativo.

Figura 4.295 – Cenário 18 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	0,0618	0,0042	1,0045	0,06183	0,00416	1,00465	0,06183	0,00416	1,0046	0,06183	0,00416	1,00456	0,06182	0,00416	1,00457	0,06183	0,00416	1,00454	0,06183	0,00416	1,00457	0,06182	0,00416	1,0045
Família 2	Linha 2	0,2188	0,0188	1,4676	0,2287	0,01871	1,42534	0,22544	0,01869	1,41573	0,21124	0,01873	1,46761	0,22845	0,01872	1,42901	0,21782	0,0187	1,44255	0,21925	0,01872	1,4782	0,2128	0,01864	1,49057
Família 3	Linha 3	0,0596	0,0020	1,0036	0,0596	0,00197	1,00362	0,0596	0,00197	1,00364	0,0596	0,00197	1,00371	0,0596	0,00197	1,00366	0,0596	0,00197	1,00366	0,0596	0,00197	1,00365	0,0596	0,00197	1,00369
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,0608	0,0032	1,0035	0,06078	0,00321	1,00349	0,06078	0,00321	1,00351	0,06078	0,00321	1,00343	0,06078	0,00321	1,00365	0,06078	0,00321	1,00346	0,06078	0,00321	1,00346	0,06078	0,00321	1,0037
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,0601	0,0025	1,0029	0,06007	0,00253	1,0029	0,06007	0,00253	1,00286	0,06007	0,00253	1,00283	0,06007	0,00253	1,00284	0,06007	0,00253	1,00289	0,06007	0,00253	1,00278	0,06007	0,00253	1,00289
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,0598	0,0022	1,0028	0,05979	0,00225	1,00285	0,05979	0,00225	1,00278	0,05979	0,00225	1,00275	0,05979	0,00225	1,0029	0,05979	0,00225	1,0028	0,05979	0,00225	1,00274	0,05979	0,00225	1,00271
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,0603	0,0027	1,0030	0,06026	0,00268	1,00296	0,06026	0,00268	1,00301	0,06026	0,00268	1,00307	0,06026	0,00268	1,00298	0,06026	0,00268	1,00296	0,06026	0,00268	1,003	0,06026	0,00268	1,00302
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,0607	0,0032	1,0030	0,0607	0,00319	1,00285	0,0607	0,00319	1,00294	0,0607	0,00319	1,00288	0,0607	0,00319	1,00301	0,0607	0,00319	1,00295	0,0607	0,00319	1,00291	0,0607	0,00319	1,00283
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,0607	0,0031	1,0030	0,0607	0,00314	1,00301	0,06069	0,00314	1,00306	0,0607	0,00314	1,0031	0,0607	0,00314	1,00309	0,0607	0,00314	1,00316	0,06069	0,00314	1,00311	0,0607	0,00314	1,00316
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,0599	0,0023	1,0028	0,05989	0,00234	1,00278	0,05989	0,00234	1,00287	0,05989	0,00234	1,00279	0,05989	0,00234	1,00271	0,05989	0,00234	1,0028	0,05989	0,00234	1,00276	0,05989	0,00234	1,00289
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,0598	0,0023	1,0025	0,05982	0,00229	1,00254	0,05982	0,00229	1,00267	0,05982	0,00229	1,0025	0,05982	0,00229	1,00246	0,05982	0,00229	1,00255	0,05982	0,00229	1,00251	0,05982	0,00229	1,0027
Família 5	Linha 12	0,0593	0,0019	1,0020	0,05933	0,00188	1,00192	0,05933	0,00188	1,00192	0,05933	0,00188	1,00204	0,05933	0,00188	1,00194	0,05933	0,00188	1,00215	0,05933	0,00188	1,00195	0,05933	0,00188	1,00198
Família 6	Linha 13	0,0598	0,0054	1,0059	0,05977	0,00544	1,00594	0,05977	0,00544	1,00599	0,05977	0,00544	1,00598	0,05977	0,00544	1,00597	0,05977	0,00544	1,00596	0,05977	0,00544	1,00601	0,05977	0,00544	1,00594
Família 7	Linha 14	0,2132	0,0189	1,4507	0,21142	0,0189	1,34599	0,2117	0,01896	1,33491	0,24019	0,0189	1,97602	0,25588	0,01893	1,99711	0,21386	0,01892	1,42113	0,20634	0,01888	1,36415	0,20972	0,01895	1,44629
Família 8	Linha 15	0,2112	0,0182	1,4593	0,2118	0,01822	1,45968	0,21056	0,01825	1,44313	0,2107	0,01826	1,44696	0,21084	0,01824	1,46283	0,21009	0,01829	1,44493	0,21171	0,01823	1,45897	0,21432	0,01826	1,47401
Família 9	Linha 16	0,0638	0,0092	1,0101	0,06386	0,00923	1,01005	0,06386	0,00923	1,01012	0,06385	0,00923	1,01042	0,06384	0,00923	1,01054	0,06386	0,00923	1,01049	0,06386	0,00923	1,01031	0,06385	0,00923	1,01002
		<b>0,2188</b>	<b>0,018894</b>	<b>1,4676</b>																					

Figura 4.296 – Cenário 18 – Lead Time – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	0,06183	0,00416	1,004574	0,06183	0,00416	1,00454	0,06183	0,00416	1,0047	0,06183	0,00416	1,00477	0,06183	0,00416	1,00456	0,06182	0,00416	1,00465	0,06183	0,00416	1,00462
Família 2	Linha 2	0,2261	0,01874	1,432145	0,2178	0,0187	1,43694	0,22975	0,01869	1,45561	0,21923	0,01871	1,45699	0,21616	0,01876	1,41743	0,22682	0,01873	1,44341	0,22941	0,01876	1,42018
Família 3	Linha 3	0,0596	0,00197	1,003837	0,0596	0,00197	1,00367	0,0596	0,00197	1,00366	0,0596	0,00197	1,00366	0,0596	0,00197	1,00366	0,0596	0,00197	1,0037	0,0596	0,00197	1,00372
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,06078	0,00321	1,00345	0,06078	0,00321	1,00346	0,06078	0,00321	1,00344	0,06078	0,00321	1,00364	0,06078	0,00321	1,00352	0,06078	0,00321	1,00352	0,06078	0,00321	1,00372
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,06007	0,00253	1,002801	0,06007	0,00253	1,00281	0,06007	0,00253	1,0028	0,06007	0,00253	1,00278	0,06007	0,00253	1,0028	0,06007	0,00253	1,00283	0,06007	0,00253	1,0028
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,05979	0,00225	1,002775	0,05979	0,00225	1,00274	0,05979	0,00225	1,00294	0,05979	0,00225	1,00282	0,05979	0,00225	1,00274	0,05979	0,00225	1,00273	0,05979	0,00225	1,00274
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,06026	0,00268	1,002988	0,06026	0,00268	1,00301	0,06026	0,00268	1,003	0,06026	0,00268	1,00307	0,06026	0,00268	1,00301	0,06026	0,00268	1,00298	0,06026	0,00268	1,00304
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,0607	0,00319	1,002876	0,0607	0,00319	1,00285	0,0607	0,00319	1,00283	0,0607	0,00319	1,00298	0,0607	0,00319	1,00289	0,0607	0,00319	1,00307	0,0607	0,00319	1,00289
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,0607	0,00314	1,002988	0,0607	0,00314	1,00302	0,06069	0,00314	1,00305	0,0607	0,00314	1,00302	0,06069	0,00314	1,00321	0,0607	0,00314	1,00298	0,06069	0,00314	1,00319
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,05989	0,00234	1,002788	0,05989	0,00234	1,00279	0,05989	0,00234	1,00275	0,05989	0,00234	1,00296	0,05989	0,00234	1,00278	0,05989	0,00234	1,0027	0,05989	0,00234	1,00286
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,05982	0,00229	1,002599	0,05982	0,00229	1,00262	0,05982	0,00229	1,0025	0,05982	0,00229	1,00254	0,05982	0,00229	1,00259	0,05982	0,00229	1,00246	0,05982	0,00229	1,0025
Família 5	Linha 12	0,05933	0,00188	1,001953	0,05933	0,00188	1,00198	0,05933	0,00188	1,00197	0,05933	0,00188	1,00191	0,05933	0,00188	1,00199	0,05933	0,00188	1,00212	0,05933	0,00188	1,00196
Família 6	Linha 13	0,05977	0,00544	1,005929	0,05977	0,00544	1,00612	0,05977	0,00544	1,00606	0,05977	0,00544	1,00608	0,05977	0,00544	1,00601	0,05977	0,00544	1,00601	0,05977	0,00544	1,00598
Família 7	Linha 14	0,20491	0,01891	1,27951	0,20969	0,01902	1,31042	0,24583	0,01893	1,97093	0,2133	0,01893	1,43761	0,20409	0,01893	1,29127	0,21442	0,01889	1,48921	0,24886	0,0189	2,01611
Família 8	Linha 15	0,21026	0,01823	1,460612	0,21331	0,01825	1,46931	0,21168	0,01823	1,47088	0,21164	0,01823	1,47404	0,21311	0,01825	1,47998	0,21385	0,01828	1,47749	0,21166	0,01826	1,48164
Família 9	Linha 16	0,06385	0,00923	1,010729	0,06385	0,00923	1,01099	0,06386	0,00923	1,01029	0,06386	0,00923	1,01041	0,06385	0,00923	1,01015	0,06385	0,00923	1,00986	0,06386	0,00923	1,01033

Figura 4.297 – Cenário 18 – Lead Time – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

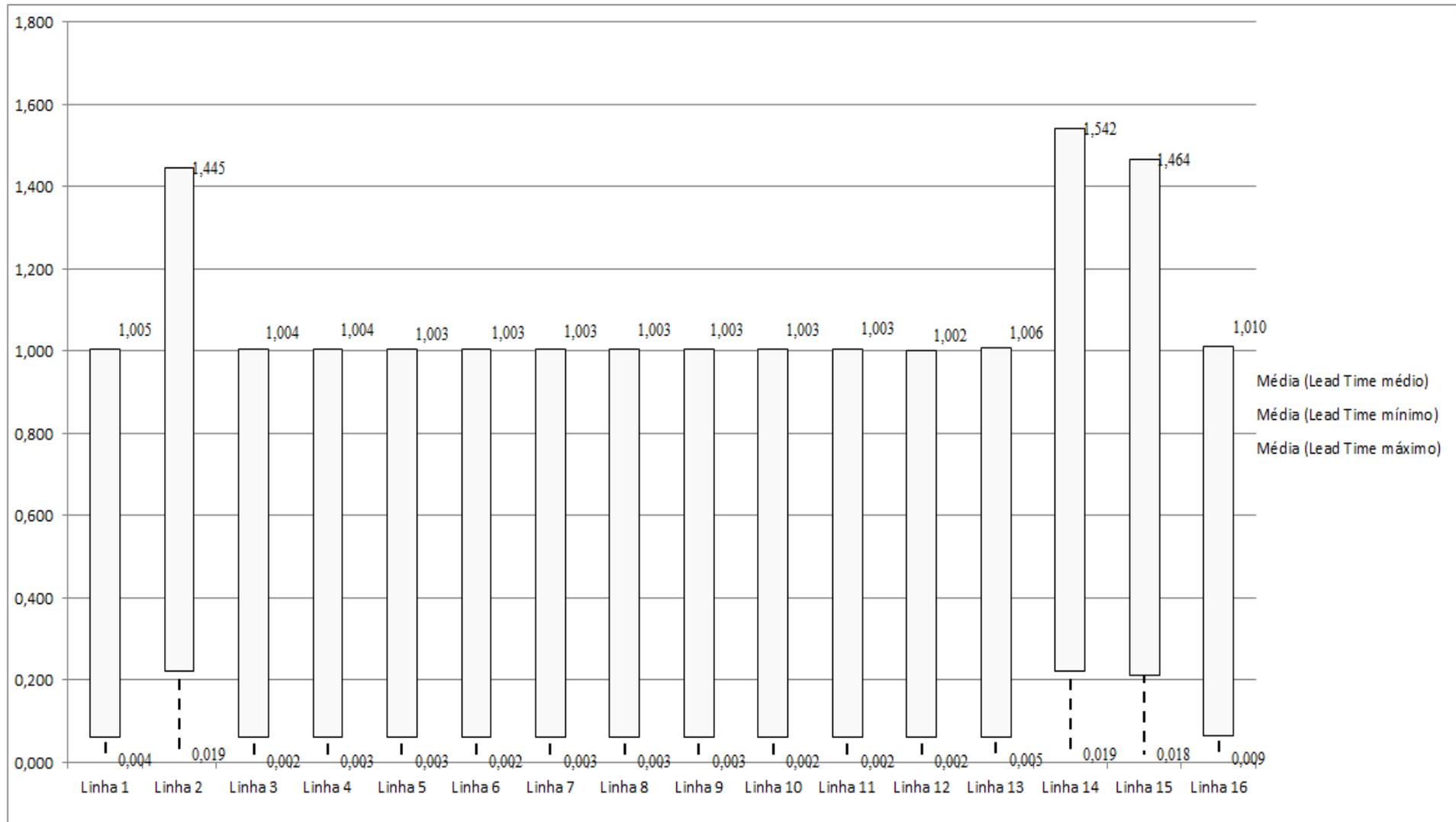


Figura 4.298 – Cenário 18 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	0,1063	0,0148	1,1827	0,10283	0,01485	1,18257	0,10782	0,01485	1,23215	0,10725	0,01485	1,21113	0,11664	0,01485	1,3163	0,11517	0,01485	1,2639	0,11763	0,01485	1,20279	0,10509	0,01485	1,24547
Família 2 2 cores	0,0906	0,0294	1,1160	0,09067	0,02939	1,15614	0,09058	0,02939	1,11887	0,08615	0,02939	1,08484	0,09086	0,02939	1,15578	0,08739	0,02939	1,1161	0,09185	0,02939	1,13372	0,08791	0,03027	1,10086
Família 2 3 cores	0,1397	0,0440	1,2123	0,1468	0,04397	1,29806	0,14359	0,04397	1,23094	0,14232	0,04397	1,23842	0,14424	0,04397	1,23998	0,14221	0,04397	1,23165	0,14	0,04397	1,17874	0,13971	0,04397	1,21757
Família 2 4 cores	0,2477	0,0586	1,3688	0,24504	0,05909	1,32948	0,23923	0,05856	1,32031	0,24583	0,05856	1,36897	0,24128	0,05856	1,33275	0,24342	0,05856	1,34552	0,24739	0,05933	1,37883	0,25112	0,05856	1,39031
Família 2 5 cores	0,2708	0,0763	1,4454	0,26221	0,07668	1,3723	0,26208	0,07633	1,36185	0,26512	0,07633	1,39854	0,27814	0,07633	1,43407	0,27247	0,07633	1,41829	0,2625	0,07683	1,40742	0,27631	0,07633	1,45451
Família 2 6 cores	0,2905	0,0874	1,4634	0,28344	0,08761	1,41164	0,28416	0,08742	1,41264	0,28372	0,08742	1,42356	0,30178	0,08742	1,47574	0,29258	0,08742	1,44403	0,28057	0,0877	1,43245	0,29226	0,08742	1,45774
Família 7 1 cor	0,1579	0,0148	1,1292	0,14957	0,01485	1,04742	0,15314	0,01485	1,03866	0,15246	0,01485	1,05585	0,17056	0,01485	1,14124	0,16258	0,01485	1,10606	0,14842	0,01485	1,06158	0,16215	0,01485	1,12569
Família 7 2 cores	0,1442	0,0294	1,1191	0,14177	0,02939	1,09654	0,14254	0,02939	1,10615	0,14049	0,02939	1,09445	0,15149	0,02939	1,14675	0,14538	0,02939	1,11046	0,13876	0,02939	1,10118	0,14301	0,02939	1,10339
Família 7 3 cores	0,1936	0,0440	1,1831	0,19729	0,04397	1,22108	0,19499	0,04397	1,25058	0,19031	0,04397	1,20784	0,19765	0,04397	1,22894	0,19102	0,04397	1,18908	0,19061	0,04397	1,21605	0,18518	0,04397	1,15355
Família 7 4 cores	0,2931	0,0586	1,3382	0,29944	0,05856	1,35412	0,292	0,05857	1,38558	0,29248	0,05856	1,35832	0,2877	0,05856	1,36893	0,288	0,05856	1,31775	0,28681	0,05856	1,34684	0,28491	0,05856	1,29942
Família 7 5 cores	0,3224	0,0763	1,3755	0,32749	0,07633	1,38281	0,33082	0,07633	1,40849	0,30934	0,07633	1,33471	0,32566	0,07642	1,37181	0,31769	0,07633	1,35962	0,32359	0,07633	1,39866	0,32203	0,07633	1,35496
Família 7 6 cores	0,3330	0,0874	1,4452	0,33526	0,08742	1,46855	0,33184	0,08742	1,47837	0,32983	0,08742	1,45419	0,33901	0,08742	1,47496	0,32967	0,08742	1,44168	0,33151	0,08742	1,46517	0,32835	0,08742	1,43448
Família 8 1 cor	0,1548	0,0148	1,0824	0,15854	0,01485	1,0734	0,15253	0,01485	1,09731	0,15678	0,01485	1,09232	0,14586	0,01485	1,09018	0,15147	0,01485	1,04384	0,15054	0,01485	1,06624	0,15288	0,01485	1,0467
Família 8 2 cores	0,1485	0,0294	1,1470	0,15036	0,02939	1,12236	0,15519	0,02939	1,1366	0,139	0,02939	1,05499	0,1484	0,02946	1,0964	0,14615	0,02939	1,11472	0,1519	0,02939	1,15369	0,15462	0,02939	1,14139
Família 8 3 cores	0,1884	0,0440	1,1182	0,1891	0,04397	1,08891	0,1899	0,04397	1,13537	0,19233	0,04397	1,13584	0,18738	0,04397	1,11683	0,19156	0,04397	1,15953	0,18882	0,04397	1,09181	0,1919	0,04397	1,13849
Família 8 4 cores	0,3088	0,0586	1,3651	0,3071	0,05856	1,36539	0,30443	0,05856	1,34991	0,30817	0,05856	1,35555	0,31349	0,05856	1,36842	0,30674	0,05856	1,35156	0,31081	0,05856	1,3648	0,3136	0,05856	1,37895
Família 8 5 cores	0,3211	0,0763	1,4539	0,32371	0,07633	1,41925	0,32961	0,07633	1,45847	0,31417	0,07633	1,40705	0,32012	0,07642	1,42094	0,32125	0,07633	1,46031	0,32513	0,07633	1,44098	0,33069	0,07633	1,46353
Família 8 6 cores	0,3101	0,0874	1,1530	0,30983	0,08742	1,13802	0,30914	0,08742	1,15544	0,31301	0,08742	1,15722	0,31161	0,08742	1,1537	0,31167	0,08742	1,16859	0,31145	0,08742	1,13927	0,31539	0,08742	1,16931
	<b>0,333</b>	<b>0,087417</b>	<b>1,4634</b>																					
	<b>4,022</b>	<b>0,932</b>	<b>22,699</b>																					

Figura 4.299 – Cenário 18 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	0,10953	0,01485	1,21346	0,10847	0,01485	1,2136	0,1066	0,01485	1,21938	0,11755	0,01485	1,34683	0,10951	0,01485	1,23848	0,108	0,01485	1,23978	0,11116	0,01485	1,28161
Família 2 2 cores	0,08691	0,02939	1,10677	0,08968	0,02939	1,15405	0,09207	0,03202	1,0969	0,09356	0,02939	1,18903	0,08636	0,02939	1,14992	0,08712	0,03078	1,10372	0,09559	0,02939	1,11971
Família 2 3 cores	0,1434	0,04397	1,21806	0,14175	0,04397	1,21798	0,14615	0,04397	1,22935	0,14005	0,04397	1,23221	0,14288	0,04397	1,24526	0,14502	0,04397	1,25212	0,146	0,04397	1,23696
Família 2 4 cores	0,24216	0,05856	1,3357	0,24435	0,05856	1,34005	0,24511	0,05856	1,3577	0,24303	0,05856	1,3389	0,24215	0,05856	1,32206	0,24307	0,05856	1,34643	0,24102	0,05856	1,32447
Família 2 5 cores	0,25613	0,07633	1,34235	0,26067	0,07633	1,35994	0,2668	0,07633	1,41681	0,27259	0,07633	1,42306	0,25402	0,07633	1,34089	0,2754	0,07633	1,45268	0,26267	0,07633	1,38907
Família 2 6 cores	0,27564	0,08742	1,38434	0,28143	0,08742	1,39084	0,28641	0,08742	1,43877	0,29239	0,08742	1,45581	0,27362	0,08742	1,38241	0,2951	0,08742	1,4786	0,28438	0,08742	1,42705
Família 7 1 cor	0,14433	0,01485	0,9955	0,14823	0,01485	1,01939	0,15488	0,01485	1,09368	0,16296	0,01485	1,11896	0,14187	0,01485	1,00447	0,16622	0,01485	1,15903	0,15268	0,01485	1,07776
Família 7 2 cores	0,13726	0,02939	1,07797	0,14058	0,02939	1,0743	0,14227	0,02939	1,10357	0,14513	0,02939	1,12479	0,13638	0,02939	1,07614	0,14631	0,02939	1,13672	0,14245	0,02939	1,10712
Família 7 3 cores	0,1916	0,04398	1,23621	0,19575	0,04397	1,20343	0,19212	0,04397	1,18747	0,18988	0,04397	1,20586	0,19227	0,04397	1,22295	0,18908	0,04397	1,18909	0,19531	0,04398	1,21166
Família 7 4 cores	0,28983	0,05856	1,35366	0,29382	0,05856	1,34235	0,28342	0,05856	1,33008	0,28821	0,05856	1,3501	0,29243	0,05856	1,35505	0,2919	0,05856	1,33394	0,28715	0,05856	1,30096
Família 7 5 cores	0,32008	0,07634	1,36005	0,32794	0,07633	1,39334	0,31878	0,07633	1,35695	0,32118	0,07633	1,37264	0,31437	0,07633	1,37144	0,32451	0,07633	1,38966	0,33004	0,07634	1,38157
Família 7 6 cores	0,33053	0,08742	1,47837	0,33789	0,08742	1,46254	0,33378	0,08742	1,45368	0,3312	0,08742	1,4665	0,33519	0,08742	1,47983	0,33055	0,08742	1,45793	0,33533	0,08742	1,47377
Família 8 1 cor	0,15294	0,01485	1,05882	0,15385	0,01485	1,07051	0,14576	0,01485	1,06527	0,15261	0,01485	1,08082	0,15516	0,01485	1,0732	0,15714	0,01485	1,07002	0,14715	0,01485	0,99603
Família 8 2 cores	0,1479	0,02939	1,06974	0,15196	0,02939	1,15703	0,1463	0,02939	1,11183	0,15023	0,02939	1,12017	0,14212	0,02939	1,1016	0,15391	0,02939	1,16481	0,15423	0,02939	1,12943
Família 8 3 cores	0,18859	0,04397	1,11894	0,18699	0,04397	1,09991	0,19425	0,04397	1,13219	0,18688	0,04397	1,10404	0,19119	0,04397	1,12363	0,18989	0,04397	1,12452	0,19067	0,04397	1,10928
Família 8 4 cores	0,3074	0,05856	1,36649	0,31445	0,05856	1,3744	0,31259	0,05856	1,37608	0,31139	0,05856	1,37907	0,315	0,05856	1,38454	0,31146	0,05856	1,38223	0,3104	0,05856	1,38612
Família 8 5 cores	0,32061	0,07633	1,40541	0,32364	0,07633	1,44837	0,32371	0,07633	1,4407	0,32167	0,07633	1,42769	0,31658	0,07633	1,42865	0,32822	0,07633	1,4693	0,32923	0,07633	1,43696
Família 8 6 cores	0,30955	0,08742	1,15397	0,31178	0,08742	1,1475	0,31682	0,08742	1,16485	0,31014	0,08742	1,1516	0,31551	0,08742	1,16401	0,31267	0,08742	1,1635	0,31277	0,08742	1,15728

Figura 4.300 – Cenário 18 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

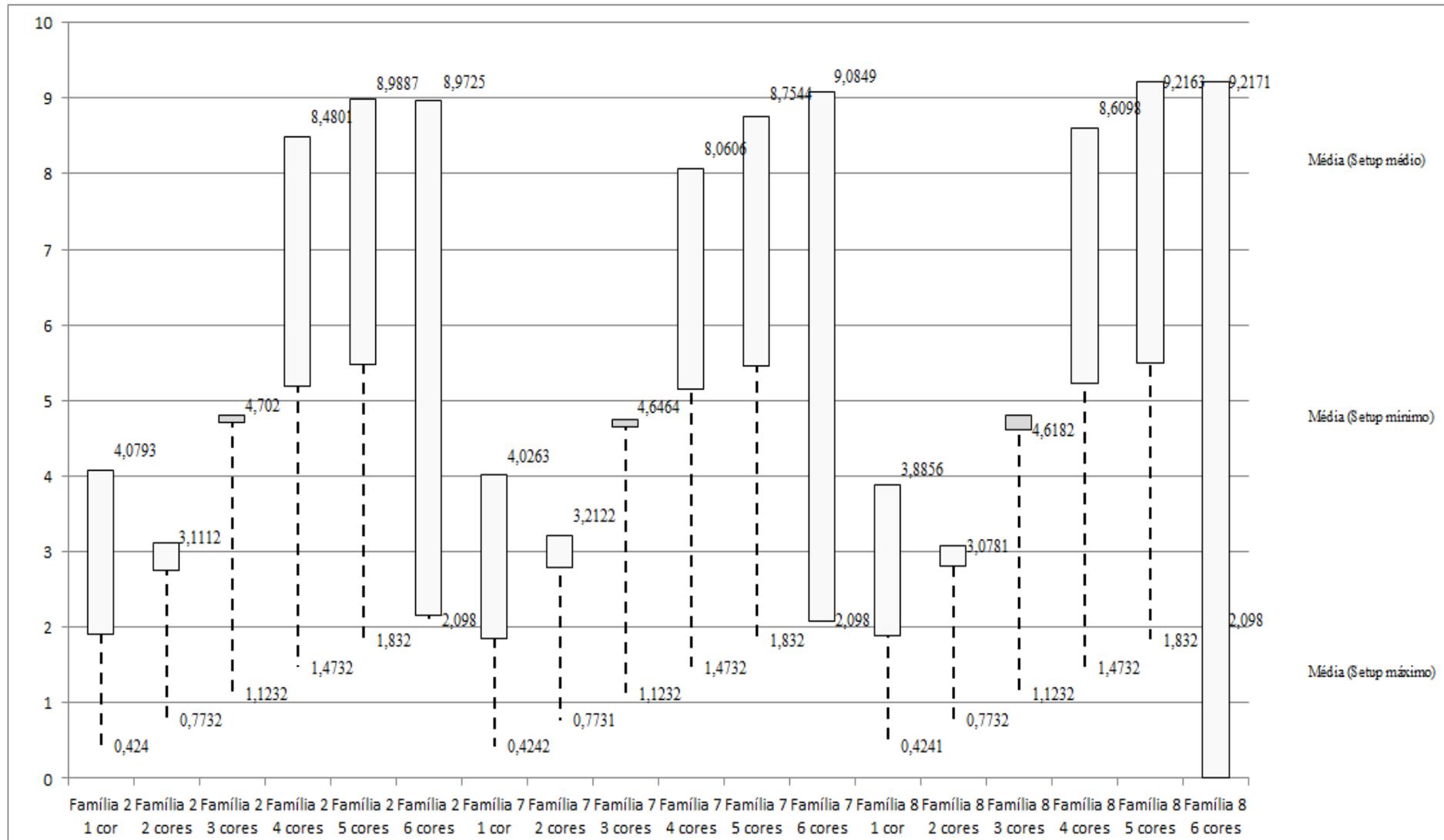


Figura 4.301 – Cenário 18 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	-164,03	80641	80627	178,03	-164,03	80641,00	80627,00	178,03	-164,03	80641,00	80627,00	178,03	-164,03	80641,00	80627,00	178,03	-164,02	80641,00	80627,00	178,02
Familia 2	Linha 2	-755,71	302400	300800	2355,71	32486,67	302400,00	267377,78	2535,56	32529,35	302400,00	267377,78	2492,88	-33689,34	302400,00	334222,22	1867,12	32476,02	302400,00	267377,78	2546,21
Familia 3	Linha 3	-827,14	403200	403169	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	-37,78	18328	18326	39,7836	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	-102,11	50401	50395	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	-102,62	50401	50396	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	-91,40	44801	44796	96,4	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-38,62	19201	19198	41,616	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-38,62	19201	19198	41,6154	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-164,47	80641	80633	172,47	-152,75	80641,00	80621,28	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-152,75	80641,00	80621,28	172,47
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-206,32	100800	100791	215,32	-197,50	100800,00	100782,17	215,32	-188,67	100800,00	100773,35	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32	-197,50	100800,00	100782,17	215,32
Familia 5	Linha 12	-102,79	50401	50397	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79
Familia 6	Linha 13	-96,57	50401	50390	107,57	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,57	50401,00	50390,00	107,57	-96,56	50401,00	50390,00	107,56
Familia 7	Linha 14	-296,18	302400	300400	2296,18	-294,94	302400,00	300400,00	2294,94	-293,15	302400,00	300400,00	2293,15	-100386,98	302400,00	400533,33	2253,65	-100456,29	302400,00	400533,33	2322,95
Familia 8	Linha 15	-674,25	302400	300800	2274,25	-668,86	302400,00	300800,00	2268,86	-669,02	302400,00	300800,00	2269,02	-692,45	302400,00	300800,00	2292,45	-659,17	302400,00	300800,00	2259,17
Familia 9	Linha 16	-77,91	40320	40306	91,9108	-77,93	40320,00	40306,00	91,93	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,90	40320,00	40306,00	91,90
		-3776,5158	1915937	1910622	9091,5158	29493,01514	1915937	1877179,235	9264,750348	29519,78963	1915937	1877196,777	9220,433004	-136824,9746	1915937	2044183,38	8578,594443	-70683,90201	1915937	1977327,218	9293,684463
		-0,20%	100,00%	99,72%	0,47%	1,54%	100,00%	97,98%	0,48%	1,54%	100,00%	97,98%	0,48%	-7,14%	100,00%	106,69%	0,45%	-3,69%	100,00%	103,20%	0,49%

Figura 4.302 – Cenário 18 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	-164,03	80641,00	80627,00	178,03	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,03	80641,00	80627,00	178,03
Familia 2	Linha 2	-767,30	302400,00	300800,00	2367,30	-1624,24	302400,00	301668,98	2355,26	-33690,31	302400,00	334222,22	1868,09	32520,46	302400,00	267377,78	2501,76	-767,73	302400,00	300800,00	2367,73
Familia 3	Linha 3	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-117,27	50401,00	50410,65	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-117,27	50401,00	50410,65	107,62
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-176,19	80641,00	80644,72	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-188,67	100800,00	100773,35	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32	-197,50	100800,00	100782,17	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32
Familia 5	Linha 12	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79
Familia 6	Linha 13	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,57	50401,00	50390,00	107,57	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,57	50401,00	50390,00	107,57
Familia 7	Linha 14	-283,22	302400,00	300400,00	2283,22	-280,42	302400,00	300400,00	2280,42	-277,71	302400,00	300400,00	2277,71	-275,11	302400,00	300400,00	2275,11	-270,55	302400,00	300400,00	2270,55
Familia 8	Linha 15	-661,75	302400,00	300800,00	2261,75	-666,61	302400,00	300800,00	2266,61	-701,90	302400,00	300800,00	2301,90	-655,52	302400,00	300800,00	2255,52	-687,15	302400,00	300800,00	2287,15
Familia 9	Linha 16	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,91	40320,00	40306,00	91,91	-77,91	40320,00	40306,00	91,91	-77,92	40320,00	40306,00	91,92
		-3745,005393	1915937	1910604,35	9077,655512	-4612,818982	1915937	1911482,153	9067,66263	-36726,09892	1915937	1944050,043	8613,05601	29521,94092	1915937	1877217,321	9197,738447	-3796,272891	1915937	1910642,47	9090,802499
		-0,20%	100,00%	99,72%	0,47%	-0,24%	100,00%	99,77%	0,47%	-1,92%	100,00%	101,47%	0,45%	1,54%	100,00%	97,98%	0,48%	-0,20%	100,00%	99,72%	0,47%

Figura 4.303 – Cenário 18 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP																
Família 1	Linha 1	-164,03	80641,00	80627,00	178,03	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,02	80641,00	80627,00	178,02	-164,02	80641,00	80627,00	178,02
Família 2	Linha 2	32488,44	302400,00	267377,78	2533,79	-767,05	302400,00	300800,00	2367,05	-765,78	302400,00	300800,00	2365,78	32504,93	302400,00	267377,78	2517,30	32505,72	302400,00	267377,78	2516,50
Família 3	Linha 3	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14	-827,14	403200,00	403169,00	858,14
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78	-37,78	18328,00	18326,00	39,78
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11	-116,76	50401,00	50409,65	108,11	-102,11	50401,00	50395,00	108,11
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-117,27	50401,00	50410,65	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62	-102,62	50401,00	50396,00	107,62
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40	-91,40	44801,00	44796,00	96,40
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62	-38,62	19201,00	19198,00	41,62
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-176,19	80641,00	80644,72	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47	-164,47	80641,00	80633,00	172,47
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-206,32	100800,00	100791,00	215,32	-206,32	100800,00	100791,00	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32	-197,49	100800,00	100782,17	215,32	-197,50	100800,00	100782,17	215,32
Família 5	Linha 12	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79	-102,79	50401,00	50397,00	106,79
Família 6	Linha 13	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,57	50401,00	50390,00	107,57	-96,56	50401,00	50390,00	107,56	-96,57	50401,00	50390,00	107,57	-96,56	50401,00	50390,00	107,56
Família 7	Linha 14	-100397,84	302400,00	400533,33	2264,51	-278,55	302400,00	300400,00	2278,55	-258,75	302400,00	300400,00	2258,75	-310,71	302400,00	300400,00	2310,71	-100414,79	302400,00	400533,33	2281,46
Família 8	Linha 15	-682,45	302400,00	300800,00	2282,45	-674,30	302400,00	300800,00	2274,30	-697,28	302400,00	300800,00	2297,28	-702,42	302400,00	300800,00	2302,42	-668,82	302400,00	300800,00	2268,82
Família 9	Linha 16	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,93	40320,00	40306,00	91,93	-77,92	40320,00	40306,00	91,92	-77,91	40320,00	40306,00	91,91	-77,93	40320,00	40306,00	91,93
		-70642,23439	1915937	1977333,111	9246,123282	-3781,997143	1915937	1910633,718	9085,278933	-3778,005604	1915937	1910627,821	9087,184921	29435,60681	1915937	1877205,602	9295,790764	-70619,44807	1915937	1977324,286	9232,162015
		-3,69%	100,00%	103,20%	0,48%	-0,20%	100,00%	99,72%	0,47%	-0,20%	100,00%	99,72%	0,47%	1,54%	100,00%	97,98%	0,49%	-3,69%	100,00%	103,20%	0,48%

Nos cenários 18 e 19 foram mantidos todos os parâmetros de configuração do último modelo de simulação do cenário 17 que se manteve, com exceção do uso do cartão *kanban*, todos os demais parâmetros do cenário 14. A única alteração entre os cenários 18 e 19 foi o da taxa de abastecimento, que no caso do cenário 19 teve como objetivo atingir o nível de saturação do sistema de produção.

Deste modo o cenário 18 pode ser considerado o cenário de referência quanto às mudanças a serem realizadas no chão de fábrica na prática, ou seja, no modelo real.

É evidente que alterações devem ser realizadas *in loco* no chão de fábrica, embora, os resultados demonstram que o uso de 20 colaboradores na função de abastecedores no fluxo de produção, um controle efetivo dos processos de modo sistêmico e uma programação da produção mais efetiva deve garantir um fluxo de produção mais contínuo com altos índices de produtividade e ocupação de recursos, além da necessidade de se estabelecer controles de processo pontuais e consistentes.

Figura 4.304 – Cenário 18 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

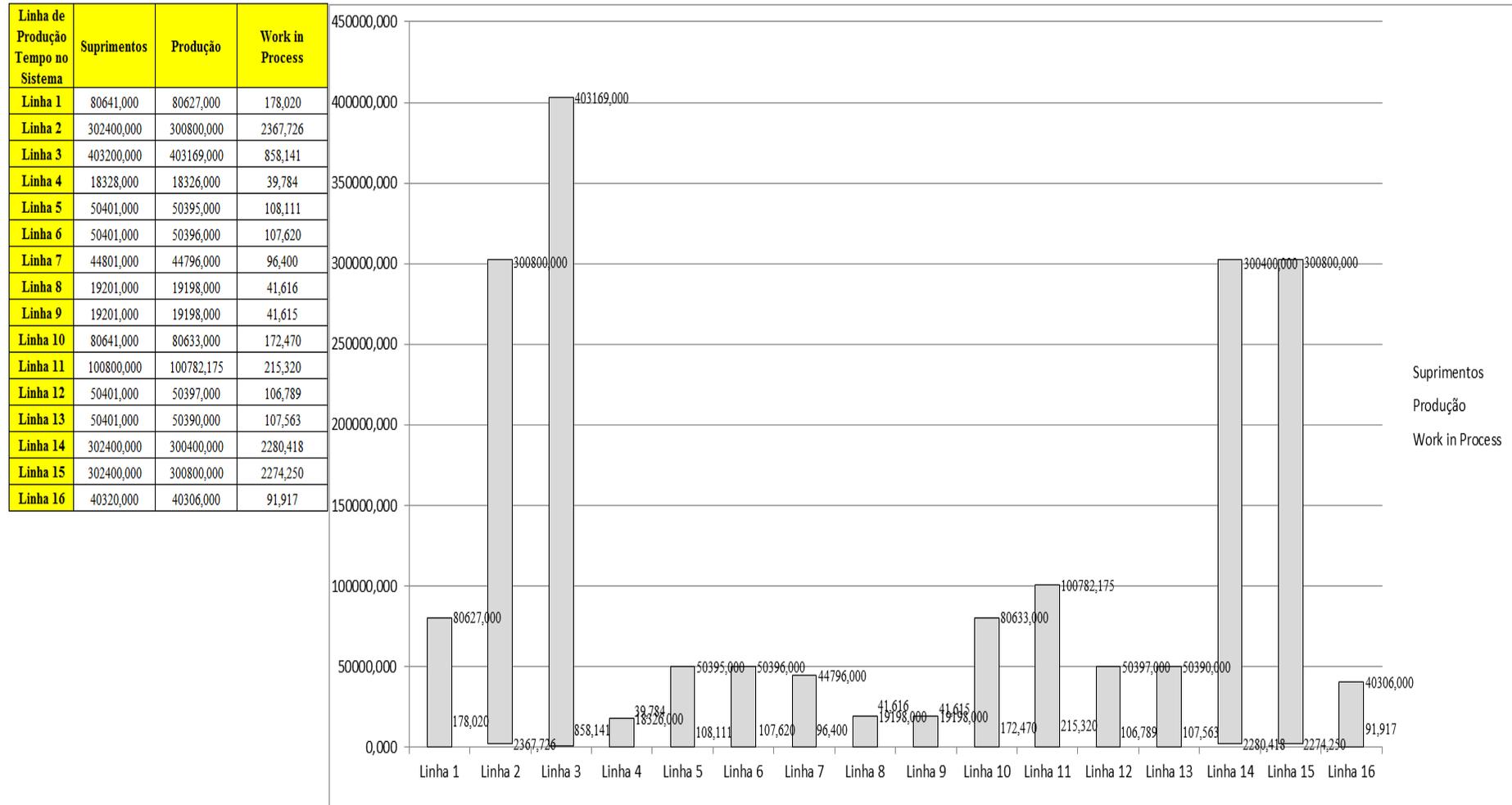
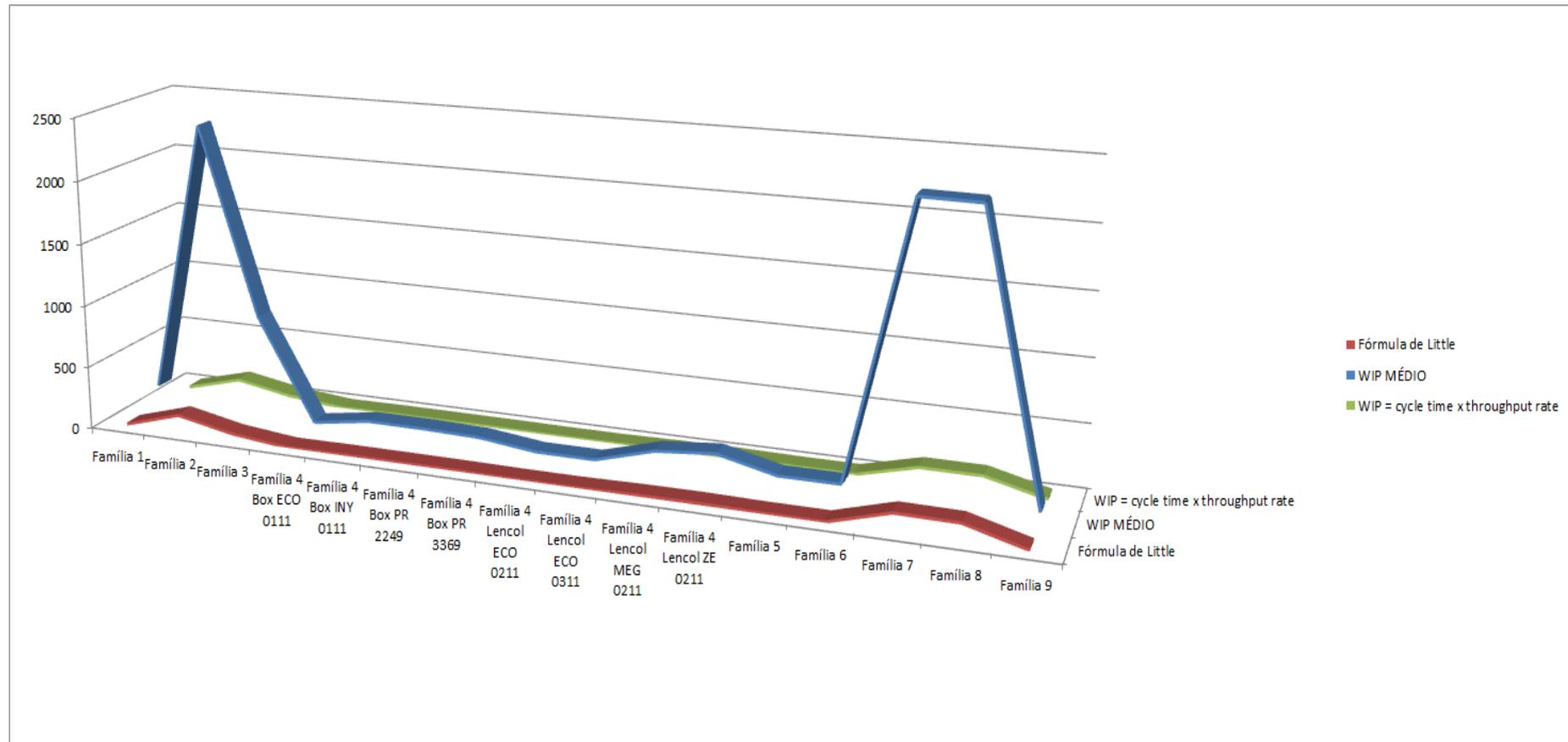


Figura 4.305 – Cenário 18 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



Quanto ao estoque em processo médio nas famílias que passam pelo processo de impressão é relevante avaliar a diferença entre a fórmula de Little e o *cycletime x throughput rate*.

Figura 4.306 – Cenário 18 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média
Família 1	Linha 1	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,05724	0,057242
Família 2	Linha 2	0,2147	0,2245	0,22126	0,20722	0,22425	0,21373	0,21515	0,20877	0,22192	0,21371	0,22553	0,21513	0,21209	0,22263	0,2252	0,215147
Família 3	Linha 3	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,0574	0,057402
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,05733	0,05655	0,05541	0,05429	0,05644	0,05681	0,05584	0,05346	0,05662	0,05708	0,05461	0,05431	0,05534	0,05519	0,05397	0,055407
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,05731	0,05818	0,0572	0,05743	0,05793	0,05703	0,05819	0,05786	0,05693	0,05738	0,05763	0,05693	0,05736	0,05718	0,05713	0,057361
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,0573	0,07282	0,05793	0,05742	0,05866	0,05762	0,059	0,05786	0,05838	0,05846	0,05905	0,05769	0,05832	0,05824	0,05788	0,05824
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,05733	0,05674	0,05745	0,05709	0,05708	0,05812	0,05774	0,05716	0,05648	0,05647	0,05686	0,05705	0,05781	0,05771	0,05768	0,057156
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,05725	0,05811	0,0607	0,0587	0,05825	0,05907	0,05805	0,05802	0,05845	0,06047	0,05894	0,05759	0,05889	0,06015	0,05841	0,058451
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,05725	0,05572	0,0586	0,05543	0,05793	0,05762	0,05726	0,05845	0,05708	0,05758	0,05507	0,05519	0,05675	0,05554	0,05502	0,057084
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,05731	0,05774	0,05793	0,05787	0,05811	0,0578	0,05783	0,05798	0,05804	0,0583	0,05804	0,0579	0,05804	0,05794	0,05782	0,057926
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,05731	0,05739	0,05737	0,05728	0,05737	0,05741	0,05737	0,0573	0,05729	0,05748	0,05756	0,0572	0,0574	0,05739	0,0573	0,057369
Família 5	Linha 12	0,05726	0,04765	0,04264	0,067	0,06579	0,0792	0,04144	0,0406	0,04331	0,04785	0,07746	0,04494	0,06378	0,06403	0,04646	0,04785
Família 6	Linha 13	0,0538	0,0511	0,05002	0,06189	0,05364	0,05502	0,04125	0,05076	0,06496	0,05922	0,05421	0,05754	0,0551	0,04986	0,05039	0,0538
Família 7	Linha 14	0,2089	0,20714	0,20741	0,23562	0,25115	0,20955	0,2021	0,20545	0,20069	0,20543	0,2412	0,20899	0,19988	0,21011	0,2442	0,2089
Família 8	Linha 15	0,2076	0,2082	0,20697	0,20711	0,20725	0,2065	0,2081	0,21069	0,20667	0,20969	0,20808	0,20803	0,2095	0,21023	0,20805	0,208053
Família 9	Linha 16	0,05369	0,0659	0,062	0,05529	0,05089	0,05071	0,051	0,05078	0,05554	0,05933	0,04638	0,05651	0,05499	0,05773	0,0465	0,054987
		0,2147	0,2245	0,22126	0,23562	0,25115	0,21373	0,21515	0,21069	0,22192	0,21371	0,2412	0,21513	0,21209	0,22263	0,2442	
		33,4697	33,3564	33,3938	33,2281	33,0493	33,4809	33,4645	33,5161	33,3862	33,4812	33,1637	33,4647	33,4999	33,378	33,1292	33,3641

Figura 4.307 – Cenário 18 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

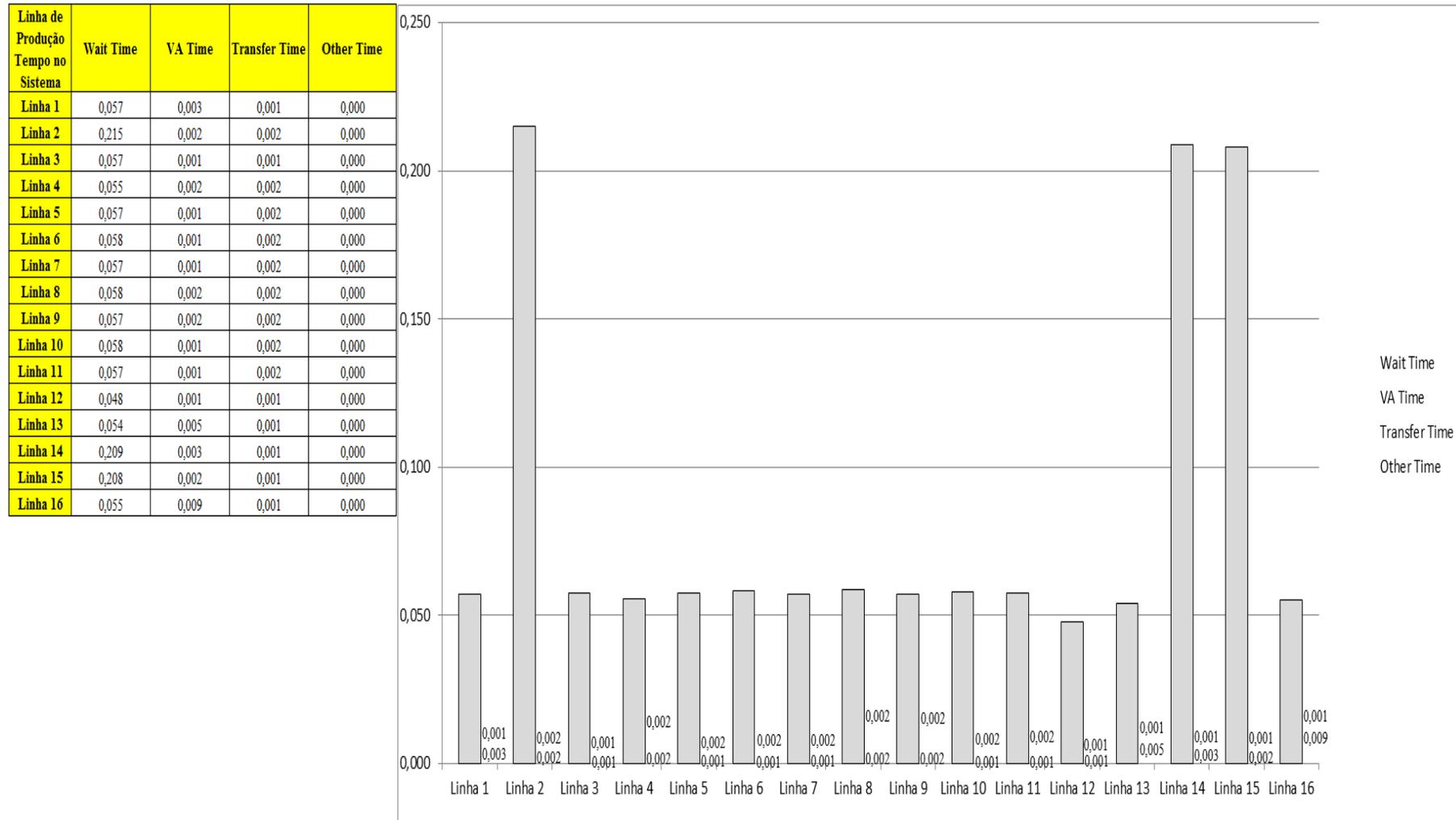


Figura 4.308 – Cenário 18 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

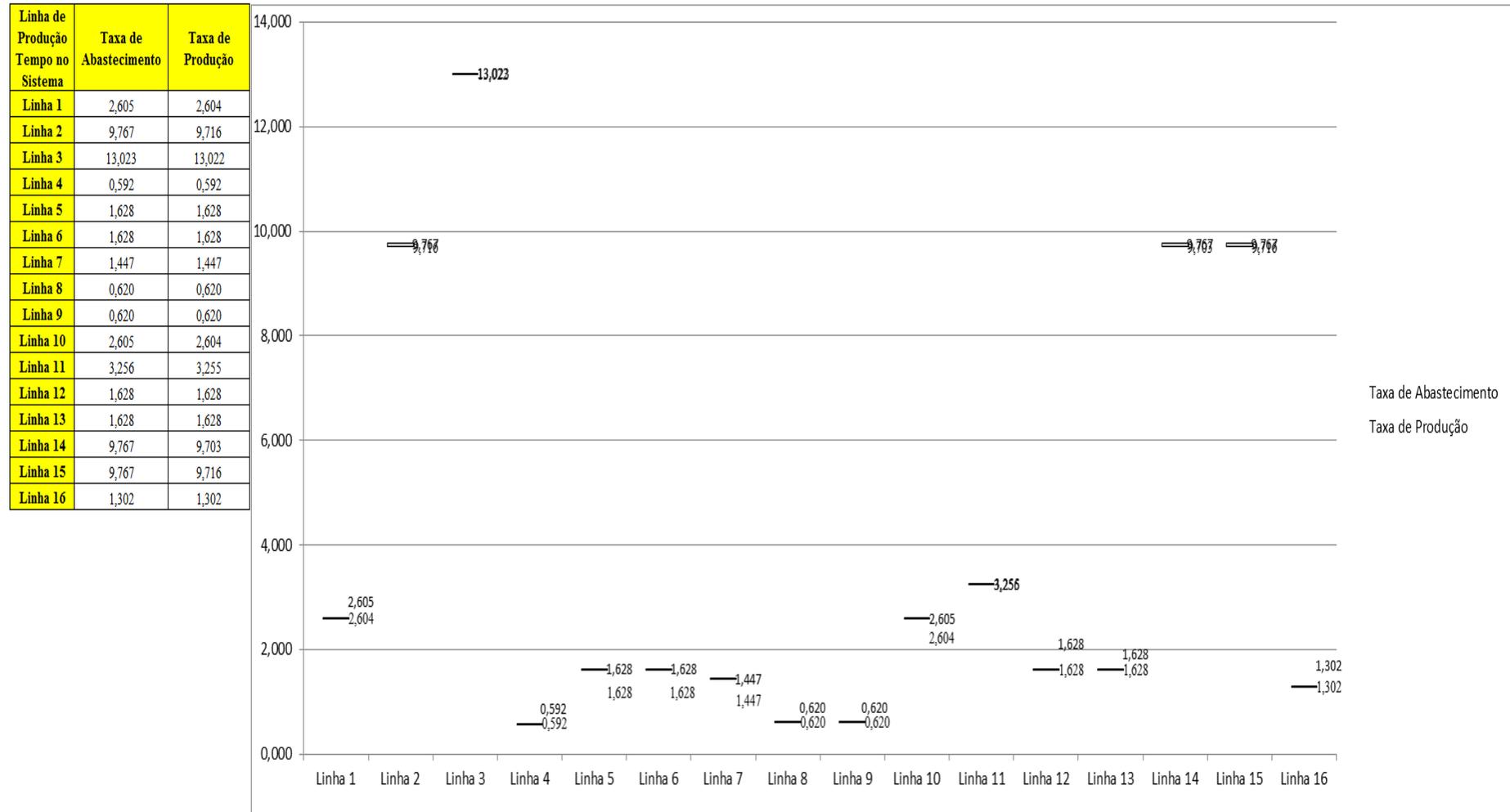


Figura 4.309 – Cenário 18 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

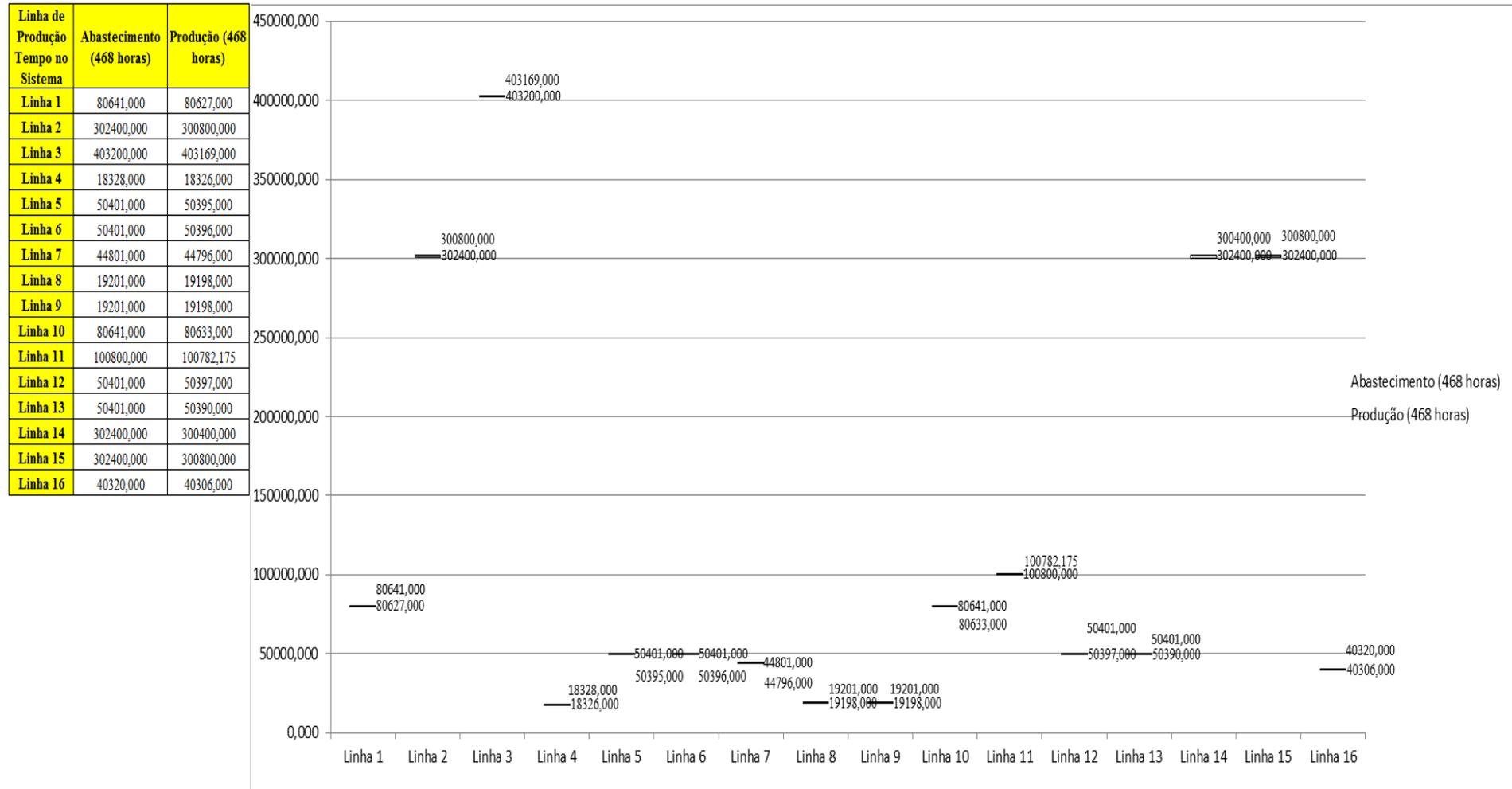


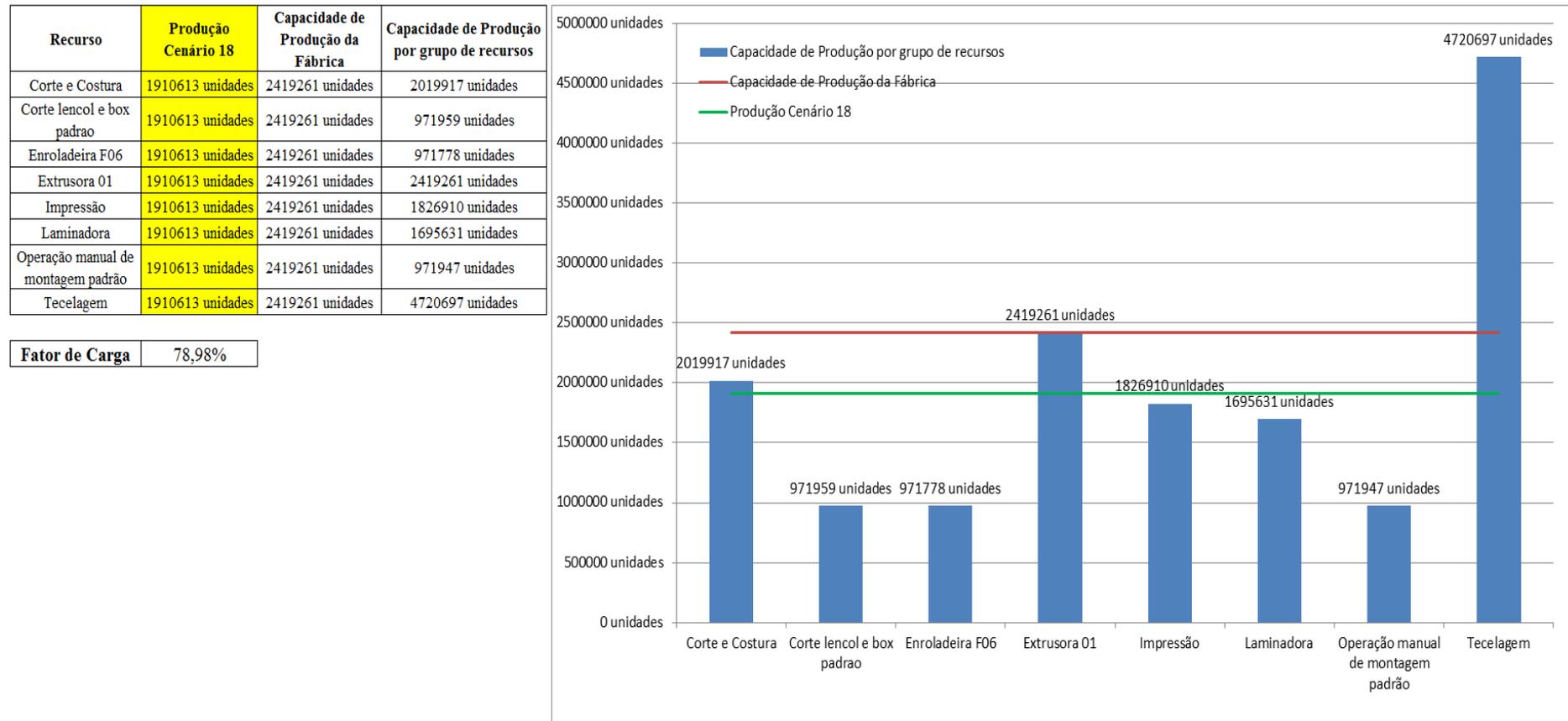
Figura 4.310 – Cenário 18 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	22,48904%	22,16000%	21,74894%	21,90991%	23,84162%	22,50207%	22,61418%	22,40146%	23,35294%
Corte e Costura Supra	1	27,13139%	27,28000%	26,56350%	26,56350%	28,34148%	27,20039%	27,14732%	27,22693%	27,75767%
Corte e Costura Taubate	1	31,73978%	32,04000%	31,35097%	31,22793%	32,90129%	31,79392%	31,74470%	32,01539%	32,11382%
Corte e Costura Vitra	1	35,97958%	36,55000%	35,68973%	35,41072%	37,03826%	36,01524%	35,82923%	36,38725%	36,34074%
Corte lencol e box padrao	1	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%
Embalagem 001	20	78,93308%	78,98000%	78,25731%	78,25876%	80,41953%	78,97855%	78,97711%	78,99844%	79,69977%
Enroladeira F06	1	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%
Extrusora 01	1	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%
Impressora COMT	1	19,79120%	19,84000%	18,93843%	18,93843%	21,64314%	19,84000%	19,84000%	20,00681%	20,74157%
Impressora PADANE	1	19,95018%	20,00000%	19,09041%	19,09041%	21,81917%	20,00000%	20,00000%	20,16779%	20,90959%
Laminadora	1	50,43925%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,42879%	50,44000%	50,44000%	50,44000%
Operação manual de montagem padrão	1	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%
Tear 01	1	12,51112%	12,50000%	12,53379%	12,47559%	12,52253%	12,51877%	12,50563%	12,49812%	12,50188%
Tear 02	1	25,06232%	25,00000%	25,17391%	25,19565%	25,13043%	25,02174%	25,06522%	25,04348%	25,06522%
Tear 03	1	37,34916%	37,50000%	37,09677%	37,25358%	37,23118%	37,38799%	37,34319%	37,41039%	37,36559%
Tear 04	1	4,62264%	4,63000%	4,63936%	4,61704%	4,61163%	4,61501%	4,60419%	4,63733%	4,60825%
Tear 05	1	9,24072%	9,27000%	9,24647%	9,20726%	9,27784%	9,24647%	9,30137%	9,17589%	9,23079%
Tear 06	1	13,84510%	13,90000%	13,81682%	13,79186%	13,85009%	13,80018%	13,91664%	13,90000%	13,76691%
Tear 07	1	18,42043%	18,53000%	18,45931%	18,45931%	18,44164%	18,45931%	18,41513%	18,35327%	18,41513%
Tear 08	1	23,12724%	23,16000%	23,07496%	23,24504%	23,21670%	23,08441%	23,09386%	23,10330%	23,19780%
Tear 09	1	18,51658%	18,43000%	18,48356%	18,53711%	18,41661%	18,47686%	18,45678%	18,62414%	18,75134%
Tear 10	1	18,49599%	18,43000%	18,58788%	18,46036%	18,45429%	18,55752%	18,53323%	18,52716%	18,46643%
Tear 11	1	37,35936%	37,06000%	37,37831%	37,44652%	37,38967%	37,48062%	37,16231%	37,28736%	37,12821%
Tear 12	1	41,89218%	41,69000%	41,57013%	42,00166%	41,85781%	41,92974%	41,83384%	41,88179%	42,04960%

Figura 4.311 – Cenário 18 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	22,48904%	21,66845%	22,72916%	22,57681%	22,57106%	22,67742%	22,13413%	22,44746%
Corte e Costura Supra	1	27,13139%	26,64311%	27,17385%	27,14732%	27,20039%	27,06770%	26,48389%	27,17385%
Corte e Costura Taubate	1	31,73978%	31,35097%	31,59705%	31,79392%	31,67088%	31,67088%	31,00645%	31,81853%
Corte e Costura Vitra	1	35,97958%	35,78273%	35,61997%	35,85248%	35,94548%	35,87573%	35,17821%	36,17799%
Corte lencol e box padrao	1	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%
Embalagem 001	20	78,93308%	78,26165%	78,98141%	78,98000%	78,98141%	78,98000%	78,26027%	78,98196%
Enroladeira F06	1	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%	2,08300%
Extrusora 01	1	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%	79,19000%
Impressora COMT	1	19,79120%	18,93843%	19,84000%	19,84000%	19,84000%	19,84000%	18,94114%	19,84000%
Impressora PADANE	1	19,95018%	19,09041%	20,00000%	20,00000%	20,00000%	20,00000%	19,08497%	20,00000%
Laminadora	1	50,43925%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,44000%	50,44000%
Operação manual de montagem padrão	1	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%	15,86000%
Tear 01	1	12,51112%	12,50751%	12,54318%	12,55444%	12,50939%	12,49599%	12,50563%	12,49437%
Tear 02	1	25,06232%	25,08696%	25,00000%	24,93478%	25,04348%	25,04348%	25,06522%	25,06522%
Tear 03	1	37,34916%	37,32079%	37,34319%	37,41039%	37,36559%	37,43280%	37,36559%	37,41039%
Tear 04	1	4,62264%	4,65019%	4,59134%	4,63936%	4,63936%	4,61840%	4,59743%	4,64072%
Tear 05	1	9,24072%	9,27000%	9,23863%	9,21510%	9,21510%	9,22294%	9,20726%	9,28569%
Tear 06	1	13,84510%	13,80850%	13,80850%	13,88336%	13,90000%	13,79186%	13,88336%	13,85841%
Tear 07	1	18,42043%	18,38862%	18,35327%	18,53000%	18,30909%	18,41513%	18,46814%	18,30909%
Tear 08	1	23,12724%	23,02771%	23,11275%	23,08441%	23,10330%	23,33953%	23,05606%	23,00881%
Tear 09	1	18,51658%	18,51703%	18,53042%	18,36305%	18,52372%	18,54381%	18,53042%	18,56389%
Tear 10	1	18,49599%	18,42393%	18,69112%	18,53930%	18,49680%	18,42393%	18,48465%	18,36320%
Tear 11	1	37,35936%	37,17368%	37,68525%	37,26463%	37,31010%	37,36694%	37,70798%	37,54883%
Tear 12	1	41,89218%	42,16947%	41,82185%	41,85781%	42,00166%	41,91775%	41,92974%	41,86980%

Figura 4.312 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.



O fator de carga de 78,98% para o respectivo sistema de produção é bem razoável em função de se tratar de um sistema de transformação de uso intensivo de mão de obra com alta complexidade dos processos de fabricação.

Figura 4.313 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

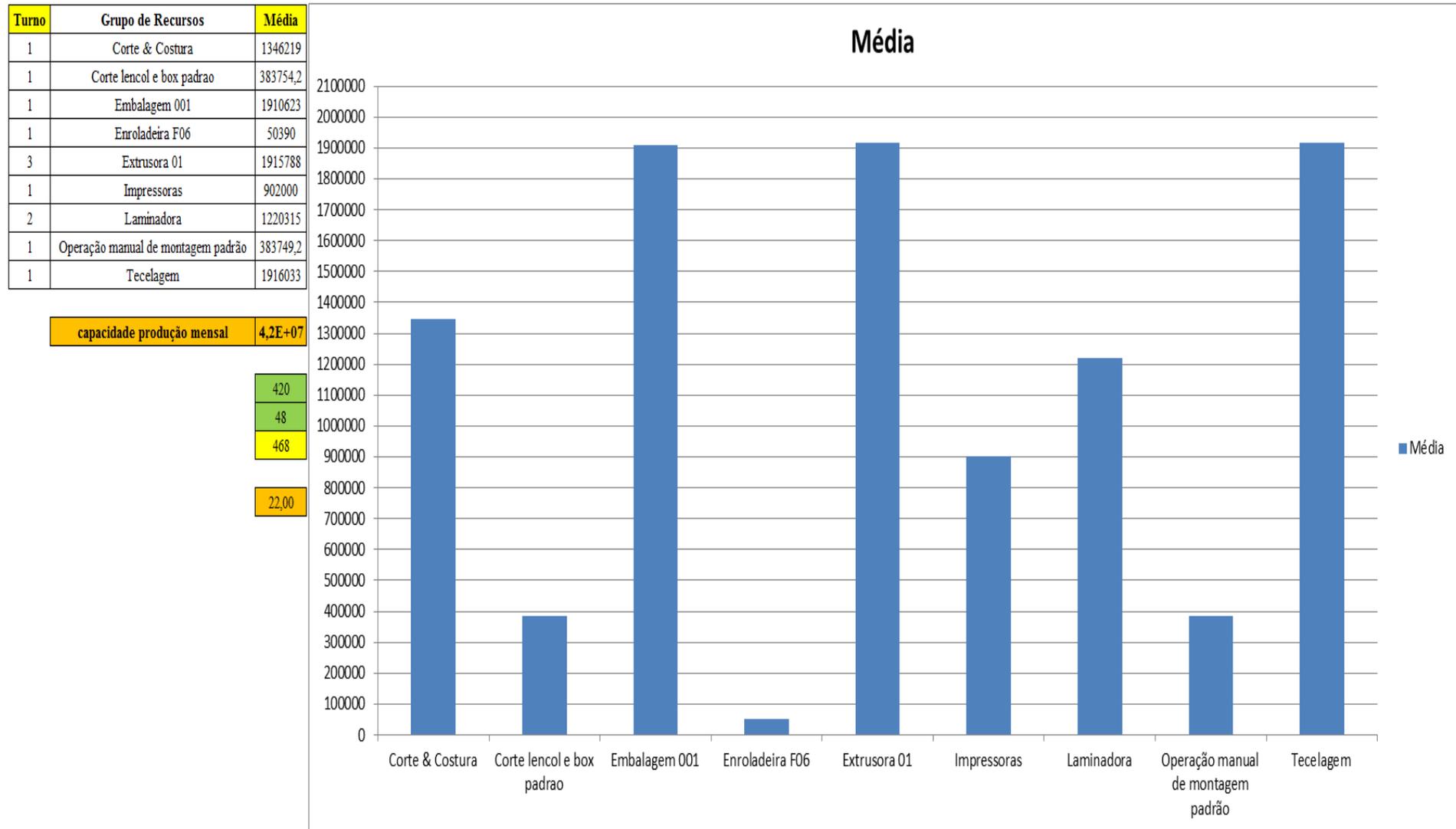


Figura 4.314 – Cenário 18 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saida	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	-164,020	178,0202	80641	80627	1	0,05724	0,0618	0,0034	0,0012	0,00	0,384 minutos	0,384 minutos	2,605 (unid./minuto)	2,604 (unid./minuto)	80641,000	4,21%	80627,000	4,22%	
2	-767,726	2367,726	302400	300800	2	0,21515	0,2193	0,0023	0,0018	0,00	0,102 minutos	0,103 minutos	9,767 (unid./minuto)	9,716 (unid./minuto)	302400,000	15,78%	300800,000	15,74%	
3	-827,141	858,1412	403200	403169	3	0,0574	0,0596	0,0007	0,0015	0,00	0,077 minutos	0,077 minutos	13,023 (unid./minuto)	13,022 (unid./minuto)	403200,000	21,04%	403169,000	21,10%	
4	-37,784	39,7836	18328	18326	4	0,05541	0,0589	0,0017	0,0018	0,00	1,689 minutos	1,689 minutos	0,592 (unid./minuto)	0,592 (unid./minuto)	18328,000	0,96%	18326,000	0,96%	
5	-102,111	108,111	50401	50395	5	0,05736	0,0601	0,0010	0,0018	0,00	0,614 minutos	0,614 minutos	1,628 (unid./minuto)	1,628 (unid./minuto)	50401,000	2,63%	50395,000	2,64%	
6	-102,620	107,62	50401	50396	6	0,05824	0,0607	0,0007	0,0018	0,00	0,614 minutos	0,614 minutos	1,628 (unid./minuto)	1,628 (unid./minuto)	50401,000	2,63%	50396,000	2,64%	
7	-91,400	96,4	44801	44796	7	0,05716	0,0601	0,0012	0,0018	0,00	0,691 minutos	0,691 minutos	1,447 (unid./minuto)	1,447 (unid./minuto)	44801,000	2,34%	44796,000	2,34%	
8	-38,616	41,616	19201	19198	8	0,05845	0,0619	0,0017	0,0018	0,00	1,612 minutos	1,613 minutos	0,620 (unid./minuto)	0,620 (unid./minuto)	19201,000	1,00%	19198,000	1,00%	
9	-38,615	41,6154	19201	19198	9	0,05708	0,0605	0,0017	0,0018	0,00	1,612 minutos	1,613 minutos	0,620 (unid./minuto)	0,620 (unid./minuto)	19201,000	1,00%	19198,000	1,00%	
10	-164,470	172,47	80641	80633	10	0,05793	0,0605	0,0008	0,0018	0,00	0,384 minutos	0,384 minutos	2,605 (unid./minuto)	2,604 (unid./minuto)	80641,000	4,21%	80633,000	4,22%	
11	-197,495	215,32	100800	100782	11	0,05737	0,0599	0,0007	0,0018	0,00	0,307 minutos	0,307 minutos	3,256 (unid./minuto)	3,255 (unid./minuto)	100800,000	5,26%	100782,175	5,27%	
12	-102,789	106,7895	50401	50397	12	0,04785	0,0499	0,0009	0,0012	0,00	0,614 minutos	0,614 minutos	1,628 (unid./minuto)	1,628 (unid./minuto)	50401,000	2,63%	50397,000	2,64%	
13	-96,563	107,5634	50401	50390	13	0,0538	0,0598	0,0048	0,0012	0,00	0,614 minutos	0,614 minutos	1,628 (unid./minuto)	1,628 (unid./minuto)	50401,000	2,63%	50390,000	2,64%	
14	-280,418	2280,418	302400	300400	14	0,2089	0,2132	0,0028	0,0015	0,00	0,102 minutos	0,103 minutos	9,767 (unid./minuto)	9,703 (unid./minuto)	302400,000	15,78%	300400,000	15,72%	
15	-674,250	2274,25	302400	300800	15	0,20805	0,2116	0,0021	0,0015	0,00	0,102 minutos	0,103 minutos	9,767 (unid./minuto)	9,716 (unid./minuto)	302400,000	15,78%	300800,000	15,74%	
16	-77,917	91,91685	40320	40306	16	0,05499	0,0652	0,0090	0,0012	0,00	0,768 minutos	0,768 minutos	1,302 (unid./minuto)	1,302 (unid./minuto)	40320,000	2,10%	40306,000	2,11%	
	-3763,936	9087,761	1915937	2E+06		1,3624	1,4229	0,0354	0,0252	0,00			61,884 (unid./minuto)	61,712 (unid./minuto)	1915937,000		1910613,175		
	-0,20%	0,47%	100,00%	99,72%		95,75%	100,00%	2,49%	1,77%	0,00%							99,722%		

É importante avaliar que a transformação da matéria prima em produto acabado no cenário 18 de 99,722% é um indicador ideal, que na execução do sistema de produção no mundo real é bem provável que não possa ser atingido, nesse caso, uma restrição quanto ao fluxo de materiais de até 20%, ou seja, uma produção prevista de 1.528.490 unidades por mês atende a proposta inicial do presente trabalho sendo o restante da matéria prima utilizada como estoque de segurança como previsto nos mapas do fluxo de valor futuro.

Figura 4.315 – Cenário 19 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 1	Linha 1	0,0629	0,00418	1,0048	0,06289	0,00418	1,00495	0,06289	0,00418	1,0049	0,06289	0,00418	1,00486	0,06289	0,00418	1,00487	0,06289	0,00418	1,00484	0,06289	0,00418	1,00487	0,06289	0,00418	1,0048
Família 2	Linha 2	0,2015	0,02566	1,3577	0,21062	0,02554	1,3186	0,20761	0,02552	1,30971	0,19454	0,02557	1,3577	0,21039	0,02556	1,322	0,2006	0,02553	1,33453	0,20192	0,02556	1,36751	0,19597	0,02546	1,37895
Família 3	Linha 3	0,0605	0,00196	1,0025	0,06053	0,00196	1,00252	0,06053	0,00196	1,00254	0,06053	0,00196	1,00261	0,06053	0,00196	1,00256	0,06053	0,00196	1,00256	0,06053	0,00196	1,00255	0,06053	0,00196	1,00259
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,0618	0,00319	1,0035	0,06176	0,00319	1,00349	0,06176	0,00319	1,00351	0,06176	0,00319	1,00343	0,06176	0,00319	1,00365	0,06176	0,00319	1,00346	0,06176	0,00319	1,00346	0,06176	0,00319	1,0037
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,0611	0,00252	1,0029	0,06112	0,00252	1,0029	0,06112	0,00252	1,00286	0,06112	0,00252	1,00283	0,06112	0,00252	1,00284	0,06112	0,00252	1,00289	0,06112	0,00252	1,00278	0,06112	0,00252	1,00289
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,0608	0,00227	1,0025	0,06085	0,00227	1,00255	0,06085	0,00227	1,00248	0,06085	0,00227	1,00245	0,06085	0,00227	1,0026	0,06085	0,00227	1,0025	0,06085	0,00227	1,00244	0,06085	0,00227	1,00241
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,0613	0,00266	1,0029	0,06127	0,00266	1,00286	0,06127	0,00266	1,00291	0,06127	0,00266	1,00297	0,06127	0,00266	1,00288	0,06127	0,00266	1,00286	0,06127	0,00266	1,0029	0,06127	0,00266	1,00292
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,0618	0,00319	1,0035	0,06176	0,00319	1,00335	0,06176	0,00319	1,00344	0,06176	0,00319	1,00338	0,06176	0,00319	1,00351	0,06176	0,00319	1,00345	0,06176	0,00319	1,00341	0,06176	0,00319	1,00333
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,0618	0,00319	1,0035	0,06176	0,00319	1,00351	0,06176	0,00319	1,00356	0,06176	0,00319	1,0036	0,06176	0,00319	1,00359	0,06176	0,00319	1,00366	0,06176	0,00319	1,00361	0,06176	0,00319	1,00366
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,0609	0,00236	1,0028	0,06094	0,00236	1,00278	0,06094	0,00236	1,00287	0,06094	0,00236	1,00279	0,06094	0,00236	1,00271	0,06094	0,00236	1,0028	0,06094	0,00236	1,00276	0,06094	0,00236	1,00289
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,0609	0,00226	1,0028	0,06087	0,00226	1,00284	0,06087	0,00226	1,00297	0,06087	0,00226	1,0028	0,06087	0,00226	1,00276	0,06087	0,00226	1,00285	0,06087	0,00226	1,00281	0,06087	0,00226	1,003
Família 5	Linha 12	0,0604	0,00188	1,0021	0,06036	0,00188	1,00202	0,06036	0,00188	1,00202	0,06036	0,00188	1,00214	0,06036	0,00188	1,00204	0,06036	0,00188	1,00225	0,06036	0,00188	1,00205	0,06036	0,00188	1,00208
Família 6	Linha 13	0,0610	0,00545	1,0061	0,06099	0,00545	1,00614	0,06099	0,00545	1,00619	0,06099	0,00545	1,00618	0,06099	0,00545	1,00617	0,06099	0,00545	1,00616	0,06099	0,00545	1,00621	0,06099	0,00545	1,00614
Família 7	Linha 14	0,1991	0,02577	1,3767	0,19744	0,02578	1,27733	0,1977	0,02586	1,26681	0,2243	0,02579	1,87523	0,23896	0,02583	1,89523	0,19971	0,02581	1,34864	0,19269	0,02576	1,29456	0,19585	0,02586	1,37252
Família 8	Linha 15	0,1985	0,02509	1,3645	0,19906	0,02506	1,36486	0,1979	0,02509	1,34938	0,19803	0,02512	1,35297	0,19816	0,02509	1,3678	0,19746	0,02516	1,35106	0,19898	0,02508	1,36419	0,20143	0,02511	1,37825
Família 9	Linha 16	0,0652	0,00926	1,0107	0,06525	0,00926	1,01065	0,06525	0,00926	1,01072	0,06524	0,00926	1,01102	0,06523	0,00926	1,01114	0,06525	0,00926	1,01109	0,06525	0,00926	1,01091	0,06524	0,00926	1,01062
		0,2015	0,025773	1,3767																					

Figura 4.316 – Cenário 19 – *Lead Time* – Tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação					
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo			
Família 1	Linha 1	0,06289	0,00418	1,004874	0,06289	0,00418	1,00484	0,06289	0,00418	1,005	0,06289	0,00418	1,00507	0,06289	0,00418	1,00486	0,06289	0,00418	1,00495	0,06289	0,00418	1,00492			
Família 2	Linha 2	0,20822	0,02558	1,3249	0,20057	0,02554	1,32934	0,21158	0,02552	1,34661	0,2019	0,02554	1,34789	0,19907	0,02561	1,31129	0,20888	0,02557	1,33532	0,21127	0,02561	1,31383			
Família 3	Linha 3	0,06053	0,00196	1,002736	0,06053	0,00196	1,00257	0,06053	0,00196	1,00256	0,06053	0,00196	1,00251	0,06053	0,00196	1,00256	0,06053	0,00196	1,0026	0,06053	0,00196	1,00262			
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,06176	0,00319	1,00345	0,06176	0,00319	1,00346	0,06176	0,00319	1,00344	0,06176	0,00319	1,00364	0,06176	0,00319	1,00364	0,06176	0,00319	1,00352	0,06176	0,00319	1,00352	0,06176	0,00319	1,00372
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,06112	0,00252	1,002801	0,06112	0,00252	1,00281	0,06112	0,00252	1,0028	0,06112	0,00252	1,00278	0,06112	0,00252	1,0028	0,06112	0,00252	1,00283	0,06112	0,00252	1,00283	0,06112	0,00252	1,0028
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,06085	0,00227	1,002475	0,06085	0,00227	1,00244	0,06085	0,00227	1,00264	0,06085	0,00227	1,00252	0,06085	0,00227	1,00244	0,06085	0,00227	1,00243	0,06085	0,00227	1,00243	0,06085	0,00227	1,00244
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,06127	0,00266	1,002888	0,06127	0,00266	1,00291	0,06127	0,00266	1,0029	0,06127	0,00266	1,00297	0,06127	0,00266	1,00297	0,06127	0,00266	1,00291	0,06127	0,00266	1,00288	0,06127	0,00266	1,00294
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,06176	0,00319	1,003376	0,06176	0,00319	1,00335	0,06176	0,00319	1,00333	0,06176	0,00319	1,00348	0,06176	0,00319	1,00348	0,06176	0,00319	1,00339	0,06176	0,00319	1,00357	0,06176	0,00319	1,00339
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,06176	0,00319	1,003488	0,06176	0,00319	1,00352	0,06176	0,00319	1,00355	0,06176	0,00319	1,00352	0,06176	0,00319	1,00352	0,06176	0,00319	1,00371	0,06176	0,00319	1,00348	0,06176	0,00319	1,00369
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,06094	0,00236	1,002788	0,06094	0,00236	1,00279	0,06094	0,00236	1,00275	0,06094	0,00236	1,00296	0,06094	0,00236	1,00278	0,06094	0,00236	1,0027	0,06094	0,00236	1,0027	0,06094	0,00236	1,00286
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,06087	0,00226	1,002899	0,06087	0,00226	1,00292	0,06087	0,00226	1,0028	0,06087	0,00226	1,00284	0,06087	0,00226	1,00289	0,06087	0,00226	1,00276	0,06087	0,00226	1,00276	0,06087	0,00226	1,0028
Família 5	Linha 12	0,06036	0,00188	1,002053	0,06036	0,00188	1,00208	0,06036	0,00188	1,00207	0,06036	0,00188	1,00201	0,06036	0,00188	1,00209	0,06036	0,00188	1,00222	0,06036	0,00188	1,00222	0,06036	0,00188	1,00206
Família 6	Linha 13	0,06099	0,00545	1,006129	0,06099	0,00545	1,00632	0,06099	0,00545	1,00626	0,06099	0,00545	1,00628	0,06099	0,00545	1,00621	0,06099	0,00545	1,00621	0,06099	0,00545	1,00621	0,06099	0,00545	1,00618
Família 7	Linha 14	0,19136	0,02579	1,214242	0,19583	0,02594	1,24358	0,22957	0,02582	1,87039	0,19919	0,02583	1,36428	0,1906	0,02583	1,22541	0,20024	0,02577	1,41324	0,2324	0,02578	1,41324	0,2324	0,02578	1,91327
Família 8	Linha 15	0,19761	0,02508	1,365727	0,20048	0,0251	1,37386	0,19895	0,02507	1,37532	0,19891	0,02508	1,37828	0,2003	0,0251	1,38383	0,20099	0,02514	1,38151	0,19893	0,02512	1,38151	0,19893	0,02512	1,38539
Família 9	Linha 16	0,06524	0,00926	1,011329	0,06524	0,00926	1,01159	0,06525	0,00926	1,01089	0,06525	0,00926	1,01101	0,06524	0,00926	1,01075	0,06524	0,00926	1,01046	0,06524	0,00926	1,01046	0,06524	0,00926	1,01093

Figura 4.317 – Cenário 19 – *Lead Time* – Representação gráfica do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

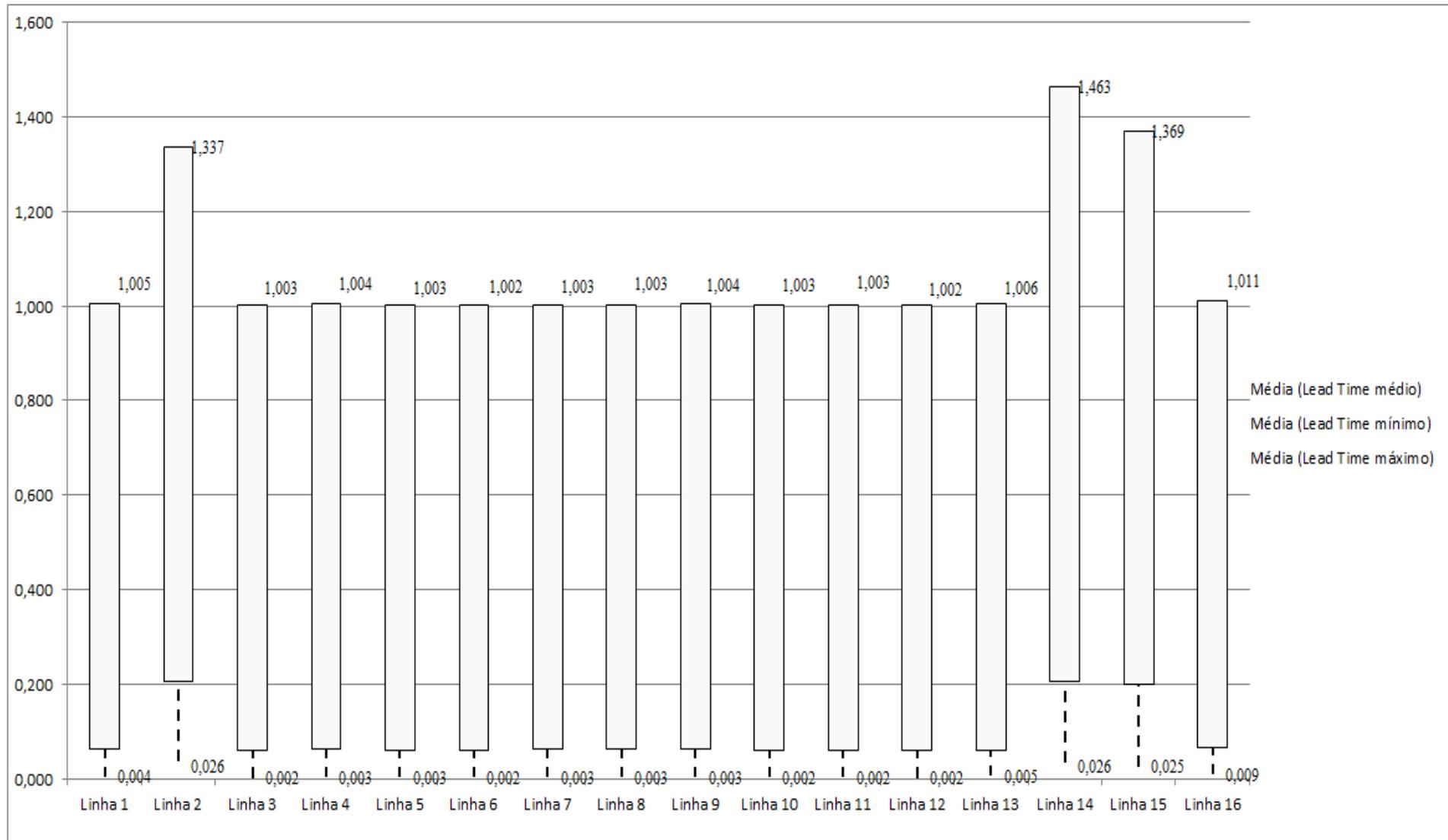


Figura 4.318 – Cenário 19 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	1 simulação			2 simulação			3 simulação			4 simulação			5 simulação			6 simulação			7 simulação			8 simulação		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	0,0881	0,0148	1,1587	0,0852	0,01485	1,15857	0,08933	0,01485	1,20715	0,08886	0,01485	1,18656	0,09665	0,01485	1,28959	0,09543	0,01485	1,23826	0,09747	0,01485	1,17838	0,08708	0,01485	1,22019
Família 2 2 cores	0,0780	0,0294	1,1158	0,07808	0,02939	1,15593	0,078	0,02939	1,11867	0,07419	0,02939	1,08465	0,07825	0,02939	1,15557	0,07526	0,02939	1,1159	0,0791	0,02939	1,13351	0,0757	0,03027	1,10066
Família 2 3 cores	0,1134	0,0440	1,1562	0,11916	0,04397	1,23799	0,11656	0,04397	1,17398	0,11552	0,04397	1,18111	0,11708	0,04397	1,1826	0,11544	0,04397	1,17465	0,11364	0,04397	1,1242	0,11341	0,04397	1,16122
Família 2 4 cores	0,2049	0,0586	1,3462	0,2027	0,05909	1,30753	0,19789	0,05856	1,29851	0,20336	0,05856	1,34637	0,19959	0,05856	1,31075	0,20136	0,05856	1,3233	0,20465	0,05933	1,35606	0,20773	0,05856	1,36735
Família 2 5 cores	0,2169	0,0763	1,3016	0,21002	0,07668	1,23577	0,20992	0,07633	1,22636	0,21235	0,07633	1,2594	0,22278	0,07633	1,2914	0,21824	0,07633	1,27719	0,21025	0,07683	1,2674	0,22132	0,07633	1,3098
Família 2 6 cores	0,2339	0,0874	1,3281	0,22822	0,08761	1,28113	0,22879	0,08742	1,28203	0,22844	0,08742	1,29195	0,24298	0,08742	1,3393	0,23557	0,08742	1,31052	0,2259	0,0877	1,30001	0,23531	0,08742	1,32296
Família 7 1 cor	0,0858	0,0148	1,1171	0,08131	0,01485	1,03619	0,08324	0,01485	1,02753	0,08288	0,01485	1,04453	0,09271	0,01485	1,12901	0,08838	0,01485	1,09421	0,08068	0,01485	1,0502	0,08815	0,01485	1,11363
Família 7 2 cores	0,0783	0,0294	1,1067	0,07699	0,02938	1,08439	0,07741	0,02938	1,09389	0,0763	0,02938	1,08232	0,08227	0,02938	1,13404	0,07895	0,02938	1,09815	0,07536	0,02938	1,08897	0,07767	0,02938	1,09116
Família 7 3 cores	0,1183	0,0440	1,1618	0,12055	0,04397	1,1991	0,11915	0,04397	1,22806	0,11629	0,04397	1,18609	0,12077	0,04397	1,20682	0,11672	0,04397	1,16767	0,11647	0,04397	1,19416	0,11316	0,04397	1,13278
Família 7 4 cores	0,2025	0,0586	1,3355	0,20688	0,05856	1,35139	0,20174	0,05857	1,38278	0,20207	0,05856	1,35558	0,19877	0,05856	1,36617	0,19897	0,05856	1,31509	0,19815	0,05856	1,34413	0,19684	0,05856	1,2968
Família 7 5 cores	0,2262	0,0763	1,3655	0,22977	0,07633	1,37275	0,23211	0,07633	1,39825	0,21704	0,07633	1,32501	0,22849	0,07642	1,36183	0,2229	0,07633	1,34973	0,22704	0,07633	1,38849	0,22594	0,07633	1,34511
Família 7 6 cores	0,2408	0,0874	1,3383	0,24243	0,08742	1,35992	0,23996	0,08742	1,36902	0,23851	0,08742	1,34663	0,24514	0,08742	1,36586	0,23839	0,08742	1,33504	0,23972	0,08742	1,35679	0,23744	0,08742	1,32838
Família 8 1 cor	0,0846	0,0148	1,1162	0,08667	0,01485	1,10692	0,08338	0,01485	1,13158	0,08571	0,01485	1,12643	0,07974	0,01485	1,12422	0,08281	0,01485	1,07644	0,0823	0,01485	1,09954	0,08358	0,01485	1,07939
Família 8 2 cores	0,0788	0,0294	1,1159	0,07977	0,02939	1,09193	0,08234	0,02939	1,10578	0,07375	0,02939	1,02638	0,07873	0,02945	1,06667	0,07754	0,02939	1,08449	0,08059	0,02939	1,12241	0,08203	0,02939	1,11044
Família 8 3 cores	0,1207	0,0440	1,1649	0,12115	0,04397	1,13439	0,12166	0,04397	1,18279	0,12322	0,04397	1,18328	0,12004	0,04397	1,16347	0,12272	0,04397	1,20795	0,12097	0,04397	1,13741	0,12294	0,04397	1,18604
Família 8 4 cores	0,2091	0,0586	1,295	0,20795	0,05856	1,29527	0,20614	0,05856	1,28059	0,20867	0,05856	1,28404	0,21227	0,05856	1,29815	0,20771	0,05856	1,28215	0,21046	0,05856	1,29472	0,21235	0,05856	1,30814
Família 8 5 cores	0,2183	0,0763	1,2911	0,22007	0,07633	1,26033	0,22409	0,07633	1,29516	0,21359	0,07633	1,2495	0,21763	0,07642	1,26183	0,2184	0,07633	1,29679	0,22104	0,07633	1,27963	0,22482	0,07633	1,29966
Família 8 6 cores	0,2301	0,0874	1,3293	0,2299	0,08742	1,31203	0,22938	0,08742	1,33211	0,23226	0,08742	1,33416	0,23122	0,08742	1,3301	0,23126	0,08742	1,34727	0,2311	0,08742	1,31347	0,23402	0,08742	1,3481
	<b>0,2408</b>	<b>0,087417</b>	<b>1,3655</b>																					
	<b>2,829</b>	<b>0,932</b>	<b>22,144</b>																					

Figura 4.319 – Cenário 19 – Setup – Tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Tempo Setup	9 simulação			10 simulação			11 simulação			12 simulação			13 simulação			14 simulação			15 simulação					
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Família 2 1 cor	0,09075	0,01485	1,18884	0,08987	0,01485	1,18897	0,08833	0,01485	1,19464	0,0974	0,01485	1,3195	0,09074	0,01485	1,21335	0,08949	0,01485	1,21462	0,09211	0,01485	1,25561			
Família 2 2 cores	0,07484	0,02939	1,10658	0,07723	0,02939	1,15384	0,07929	0,03202	1,0967	0,08057	0,02939	1,18881	0,07437	0,02939	1,14972	0,07503	0,03078	1,10352	0,08232	0,02939	1,11951			
Família 2 3 cores	0,11641	0,04397	1,16169	0,11506	0,04397	1,16162	0,11863	0,04397	1,17246	0,11368	0,04397	1,17519	0,11598	0,04397	1,18764	0,11772	0,04397	1,19418	0,11852	0,04397	1,17972			
Família 2 4 cores	0,20031	0,05856	1,31364	0,20213	0,05856	1,31792	0,20276	0,05856	1,33529	0,20104	0,05856	1,31679	0,20031	0,05856	1,30023	0,20107	0,05856	1,3242	0,19938	0,05856	1,3026			
Família 2 5 cores	0,20515	0,07633	1,20881	0,20879	0,07633	1,22464	0,21369	0,07633	1,27585	0,21833	0,07633	1,28148	0,20346	0,07633	1,20749	0,22059	0,07633	1,30816	0,21039	0,07633	1,25088			
Família 2 6 cores	0,22193	0,08742	1,25635	0,22659	0,08742	1,26225	0,23061	0,08742	1,30575	0,23542	0,08742	1,32121	0,22031	0,08742	1,2546	0,2376	0,08742	1,3419	0,22897	0,08742	1,29511			
Família 7 1 cor	0,07846	0,01485	0,98484	0,08058	0,01485	1,00846	0,08419	0,01485	1,08196	0,08858	0,01485	1,10697	0,07712	0,01485	0,99371	0,09036	0,01485	1,14661	0,083	0,01485	1,06621			
Família 7 2 cores	0,07454	0,02939	1,06603	0,07635	0,02938	1,0624	0,07727	0,02938	1,09134	0,07882	0,02938	1,11233	0,07407	0,02938	1,06422	0,07946	0,02938	1,12412	0,07736	0,02939	1,09485			
Família 7 3 cores	0,11708	0,04398	1,21396	0,11961	0,04397	1,18177	0,1174	0,04397	1,16609	0,11603	0,04397	1,18415	0,11748	0,04397	1,20093	0,11554	0,04397	1,16769	0,11934	0,04398	1,18985			
Família 7 4 cores	0,20024	0,05856	1,35093	0,203	0,05856	1,33964	0,19581	0,05856	1,3274	0,19912	0,05856	1,34737	0,20204	0,05856	1,35232	0,20167	0,05856	1,33124	0,19839	0,05856	1,29833			
Família 7 5 cores	0,22457	0,07634	1,35016	0,23009	0,07633	1,38321	0,22366	0,07633	1,34709	0,22534	0,07633	1,36266	0,22056	0,07633	1,36147	0,22768	0,07633	1,37956	0,23156	0,07634	1,37152			
Família 7 6 cores	0,23901	0,08742	1,36902	0,24434	0,08742	1,35436	0,24136	0,08742	1,34615	0,2395	0,08742	1,35802	0,24239	0,08742	1,37037	0,23903	0,08742	1,35009	0,24249	0,08742	1,36476			
Família 8 1 cor	0,08361	0,01485	1,09188	0,0841	0,01485	1,10394	0,07968	0,01485	1,09853	0,08343	0,01485	1,11458	0,08482	0,01485	1,10672	0,08591	0,01485	1,10343	0,08044	0,01485	1,02713			
Família 8 2 cores	0,07847	0,02939	1,04073	0,08062	0,02939	1,12566	0,07762	0,02939	1,08168	0,0797	0,02939	1,0898	0,0754	0,02939	1,07173	0,08166	0,02939	1,13323	0,08182	0,02939	1,0988			
Família 8 3 cores	0,12082	0,04397	1,16567	0,1198	0,04397	1,14585	0,12445	0,04397	1,17948	0,11972	0,04397	1,15015	0,12249	0,04397	1,17055	0,12166	0,04397	1,17149	0,12216	0,04397	1,15561			
Família 8 4 cores	0,20815	0,05856	1,29632	0,21293	0,05856	1,30383	0,21167	0,05856	1,30541	0,21085	0,05856	1,30825	0,2133	0,05856	1,31344	0,2109	0,05856	1,31125	0,21018	0,05856	1,31494			
Família 8 5 cores	0,21796	0,07633	1,24804	0,22003	0,07633	1,28619	0,22007	0,07633	1,27938	0,21869	0,07633	1,27938	0,21869	0,07633	1,26783	0,21523	0,07633	1,26868	0,22314	0,07633	1,30478	0,22383	0,07633	1,27606
Família 8 6 cores	0,22969	0,08742	1,33042	0,23135	0,08742	1,32296	0,23509	0,08742	1,34296	0,23013	0,08742	1,32769	0,23411	0,08742	1,34199	0,232	0,08742	1,3414	0,23208	0,08742	1,33423			

Figura 4.320 – Cenário 19 – Setup – Representação gráfica do tempo de preparação da máquina impressora – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

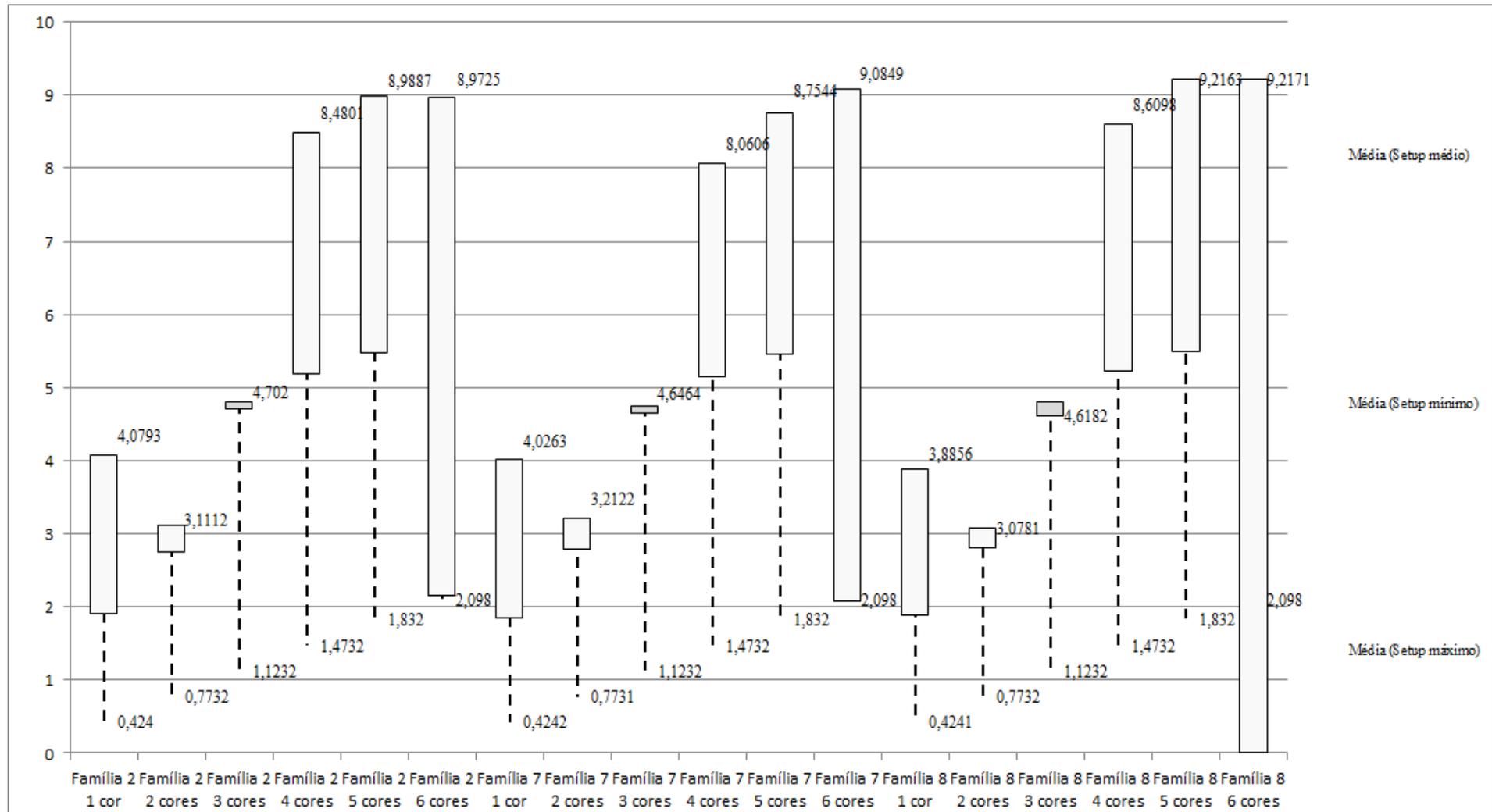


Figura 4.321 – Cenário 19 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 1 a 5. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 1				Simulação 2				Simulação 3				Simulação 4				Simulação 5			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	-254,38	122182	122162	274,38	-254,38	122182,00	122162,00	274,38	-254,38	122182,00	122162,00	274,38	-254,38	122182,00	122162,00	274,38	-254,36	122182,00	122162,00	274,36
Familia 2	Linha 2	-893,13	403200	401200	2893,13	43463,77	403200,00	356622,22	3114,00	43516,19	403200,00	356622,22	3061,59	-45017,82	403200,00	445777,78	2440,04	43450,69	403200,00	356622,22	3127,09
Familia 3	Linha 3	-1047,40	504001	503959	1089,4	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	-42,92	20364	20362	44,9157	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	-127,33	61091	61085	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	-127,75	61091	61086	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	-43,58	48579	48574	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-42,91	20364	20362	44,9146	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-42,92	20364	20362	44,9152	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-254,91	122182	122171	265,91	-237,15	122182,00	122153,25	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-237,16	122182,00	122153,25	265,91
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-419,23	201601	201582	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-383,93	201601,00	201546,70	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23
Familia 5	Linha 12	-113,45	54487	54483	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45
Familia 6	Linha 13	-105,08	53761	53749	117,08	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,08	53761,00	53749,00	117,08	-105,07	53761,00	53749,00	117,07
Familia 7	Linha 14	-860,52	403200	401200	2860,52	-858,98	403200,00	401200,00	2858,98	-856,74	403200,00	401200,00	2856,74	-134540,87	403200,00	534933,33	2807,53	-1344627,21	403200,00	534933,33	2893,87
Familia 8	Linha 15	-1251,82	403200	401600	2851,82	-1245,06	403200,00	401600,00	2845,06	-1245,27	403200,00	401600,00	2845,27	-1274,64	403200,00	401600,00	2874,64	-1232,91	403200,00	401600,00	2832,91
Familia 9	Linha 16	-105,22	53761	53741	125,22	-105,25	53761,00	53741,00	125,25	-105,24	53761,00	53741,00	125,24	-105,23	53761,00	53741,00	125,23	-105,21	53761,00	53741,00	125,21
		-5732,5445	2553428	2547678	11482,5445	38668,03964	2553428	2503064,817	11695,14309	38704,63405	2553428	2503082,679	11640,6867	-183560,5133	2553428	2725989,218	10999,29509	-95118,82289	2553428	2636815,908	11730,91502
		-0,22%	100,00%	99,77%	0,45%	1,51%	100,00%	98,03%	0,46%	1,52%	100,00%	98,03%	0,46%	-7,19%	100,00%	106,76%	0,43%	-3,73%	100,00%	103,27%	0,46%

Figura 4.322 – Cenário 19 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 6 a 10. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 6				Simulação 7				Simulação 8				Simulação 9				Simulação 10			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	-254,38	122182,00	122162,00	274,38	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,38	122182,00	122162,00	274,38
Familia 2	Linha 2	-940,78	403200,00	401200,00	2940,78	-2090,76	403200,00	402359,02	2931,74	-4502,180	403200,00	445777,78	2444,02	43505,28	403200,00	356622,22	3072,50	-942,54	403200,00	401200,00	2942,54
Familia 3	Linha 3	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-145,50	61091,00	61103,75	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-145,50	61091,00	61103,75	132,75
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-272,66	122182,00	122188,75	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-383,93	201601,00	201546,70	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23
Familia 5	Linha 12	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45
Familia 6	Linha 13	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,08	53761,00	53749,00	117,07	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,08	53761,00	53749,00	117,08
Familia 7	Linha 14	-844,38	403200,00	401200,00	2844,38	-840,88	403200,00	401200,00	2840,88	-837,51	403200,00	401200,00	2837,51	-834,27	403200,00	401200,00	2834,27	-828,59	403200,00	401200,00	2828,59
Familia 8	Linha 15	-1236,14	403200,00	401600,00	2836,14	-1242,24	403200,00	401600,00	2842,24	-1286,49	403200,00	401600,00	2886,49	-1228,33	403200,00	401600,00	2828,33	-1267,99	403200,00	401600,00	2867,99
Familia 9	Linha 16	-105,24	53761,00	53741,00	125,24	-105,24	53761,00	53741,00	125,24	-105,22	53761,00	53741,00	125,22	-105,22	53761,00	53741,00	125,22	-105,23	53761,00	53741,00	125,23
		-5713,090686	2553428	2547642,7	11498,39092	-6883,311207	2553428	2548819,372	11491,9391	-49872,95546	2553428	2592255,88	11045,07541	38697,77333	2553428	2503118,084	11612,14247	-5784,058937	2553428	2547695,86	11516,19939
		-0,22%	100,00%	99,77%	0,45%	-0,27%	100,00%	99,82%	0,45%	-1,95%	100,00%	101,52%	0,43%	1,52%	100,00%	98,03%	0,45%	-0,23%	100,00%	99,78%	0,45%

Figura 4.323 – Cenário 19 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Estoque em processo e produção – réplicas 11 a 15. Fonte: Próprio autor.

Familia	Linha de Produção Tempo no Sistema	Simulação 11				Simulação 12				Simulação 13				Simulação 14				Simulação 15			
		Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP	Diferença	Abastecimento	Produção	WIP
Familia 1	Linha 1	-254,38	122182,00	122162,00	274,38	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,36	122182,00	122162,00	274,36	-254,36	122182,00	122162,00	274,36
Familia 2	Linha 2	43465,95	403200,00	356622,22	3111,83	-939,77	403200,00	401200,00	2939,77	-934,55	403200,00	401200,00	2934,55	43486,20	403200,00	356622,22	3091,58	43487,18	403200,00	356622,22	3090,60
Familia 3	Linha 3	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40	-1047,40	504001,00	503959,00	1089,40
Familia 4 Box ECO 0111	Linha 4	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Box INY 0111	Linha 5	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33	-145,09	61091,00	61102,76	133,33	-127,33	61091,00	61085,00	133,33
Familia 4 Box PR 2249	Linha 6	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-145,50	61091,00	61103,75	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75	-127,75	61091,00	61086,00	132,75
Familia 4 Box PR 3369	Linha 7	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58	-43,58	48579,00	48574,00	48,58
Familia 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91	-42,91	20364,00	20362,00	44,91
Familia 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92	-42,92	20364,00	20362,00	44,92
Familia 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-272,66	122182,00	122188,75	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91	-254,91	122182,00	122171,00	265,91
Familia 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	-419,23	201601,00	201582,00	438,23	-419,23	201601,00	201582,00	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23	-401,58	201601,00	201564,35	438,23
Familia 5	Linha 12	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45	-113,45	54487,00	54483,00	117,45
Familia 6	Linha 13	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,08	53761,00	53749,00	117,08	-105,07	53761,00	53749,00	117,07	-105,08	53761,00	53749,00	117,08	-105,07	53761,00	53749,00	117,07
Familia 7	Linha 14	-134554,39	403200,00	534933,33	2821,06	-838,55	403200,00	401200,00	2838,55	-813,89	403200,00	401200,00	2813,89	-878,62	403200,00	401200,00	2878,62	-134575,52	403200,00	534933,33	2842,18
Familia 8	Linha 15	-1262,10	403200,00	401600,00	2862,10	-1251,88	403200,00	401600,00	2851,88	-1280,70	403200,00	401600,00	2880,70	-1287,14	403200,00	401600,00	2887,14	-1245,01	403200,00	401600,00	2845,01
Familia 9	Linha 16	-105,24	53761,00	53741,00	125,24	-105,24	53761,00	53741,00	125,24	-105,23	53761,00	53741,00	125,23	-105,22	53761,00	53741,00	125,22	-105,24	53761,00	53741,00	125,24
		-95077,63457	2553428	2636833,556	11672,07902	-5775,039128	2553428	2547695,755	11507,2843	-5756,309441	2553428	2547678,102	11506,20716	38593,26807	2553428	2503100,329	11734,40256	-95042,78339	2553428	2636815,905	11654,87796
		-3,72%	100,00%	103,27%	0,46%	-0,23%	100,00%	99,78%	0,45%	-0,23%	100,00%	99,77%	0,45%	1,51%	100,00%	98,03%	0,46%	-3,72%	100,00%	103,27%	0,46%

O aumento da taxa de abastecimento do cenário 19 de 33% com relação à taxa de abastecimento do cenário 18 elevou o índice de ocupação dos recursos entre os dois cenários na média de 40% com alguns recursos no limite de ocupação, o que na prática é irreal.

Nesse caso a saturação do sistema encontra-se na capacidade do recurso de manufatura gargalo, no caso o processo de extrusão, de modo que, os controles e as mudanças quanto ao excesso de movimentação dos materiais no sistema de produção possa ser alterado de modo a minimizar ao máximo a perda de tempo com a movimentação dos materiais.

Outro fator relevante é o controle dos processos de fabricação de modo a manter um controle mais efetivo das variáveis de cada um como temperatura, pressão, velocidade de processamento e qualidade da matéria prima.

O desempenho dos recursos de manufatura de acordo com o padrão de desempenho de cada equipamento é fundamental para o alcance do desempenho desejado.

Figura 4.324 – Cenário 19 – *Work in Process & Throughput (TH)* – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

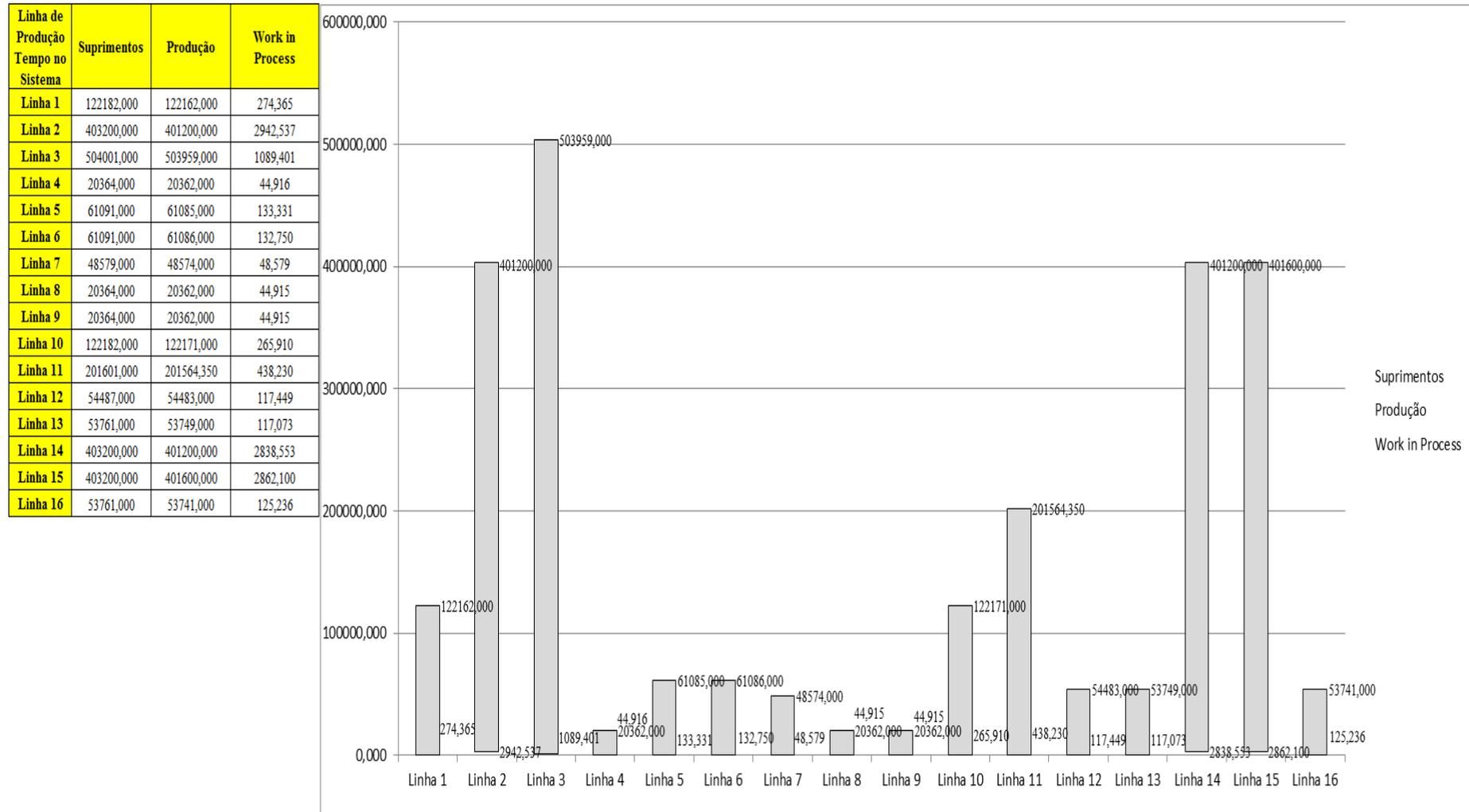


Figura 4.325 – Cenário 19 – *Work in Process & Throughput* (TH) – Representação gráfica do estoque em processo e produção – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

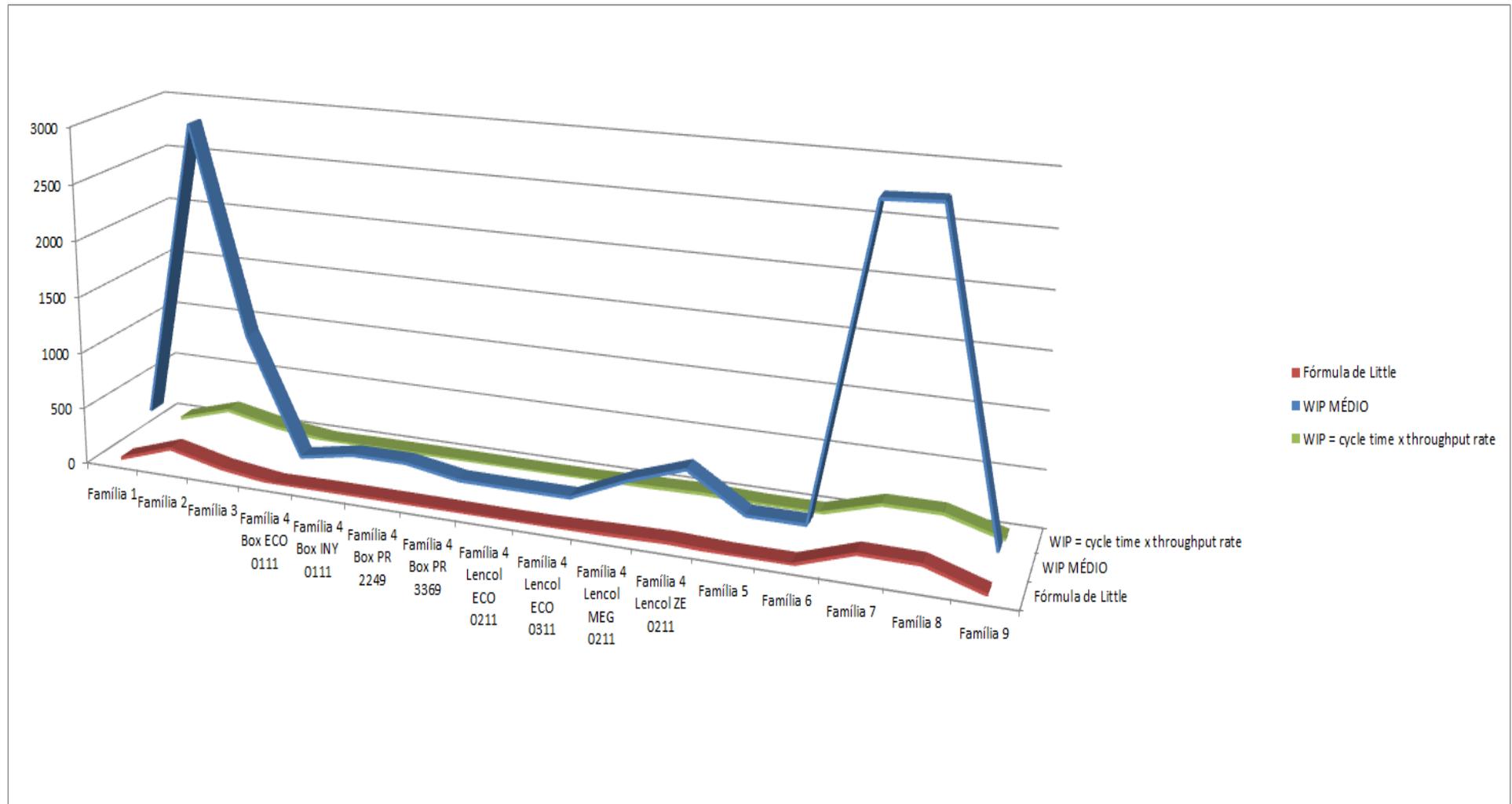


Figura 4.326 – Cenário 19 – Wait Time –tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Família	Linha de Produção Tempo no Sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média	
Família 1	Linha 1	0,05831	0,05831	0,05831	0,0583	0,05831	0,05831	0,05831	0,0583	0,0583	0,05831	0,05831	0,05831	0,0583	0,0583	0,0583	0,0583	0,058307
Família 2	Linha 2	0,1905	0,19919	0,19632	0,18386	0,19897	0,18964	0,1909	0,18524	0,19691	0,18962	0,20011	0,19088	0,18819	0,19754	0,19981	0,190897	0,190897
Família 3	Linha 3	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,05833	0,058334
Família 4 Box ECO 0111	Linha 4	0,05832	0,05752	0,05636	0,05522	0,05741	0,05778	0,0568	0,05437	0,05759	0,05806	0,05554	0,05525	0,05629	0,05613	0,05489	0,056356	0,056356
Família 4 Box INY 0111	Linha 5	0,05836	0,05925	0,05824	0,05848	0,05899	0,05807	0,05926	0,05892	0,05797	0,05843	0,05868	0,05797	0,05841	0,05822	0,05817	0,058411	0,058411
Família 4 Box PR 2249	Linha 6	0,05836	0,07416	0,059	0,05848	0,05974	0,05869	0,06009	0,05893	0,05946	0,05954	0,06013	0,05875	0,0594	0,05931	0,05894	0,059314	0,059314
Família 4 Box PR 3369	Linha 7	0,05834	0,05775	0,05847	0,05811	0,05809	0,05915	0,05876	0,05817	0,05748	0,05747	0,05787	0,05807	0,05884	0,05874	0,05871	0,05817	0,05817
Família 4 Lencol ECO 0211	Linha 8	0,05832	0,05919	0,06184	0,0598	0,05934	0,06017	0,05913	0,05911	0,05954	0,0616	0,06004	0,05867	0,05999	0,06127	0,0595	0,059543	0,059543
Família 4 Lencol ECO 0311	Linha 9	0,05832	0,05676	0,0597	0,05646	0,05901	0,0587	0,05833	0,05954	0,05815	0,05866	0,0561	0,05622	0,05782	0,05658	0,05605	0,05815	0,05815
Família 4 Lencol MEG 0211	Linha 10	0,05836	0,05881	0,05899	0,05894	0,05918	0,05886	0,05889	0,05905	0,05911	0,05937	0,05911	0,05897	0,05911	0,05901	0,05888	0,058993	0,058993
Família 4 Lencol ZE 0211	Linha 11	0,05836	0,05845	0,05843	0,05834	0,05843	0,05847	0,05843	0,05835	0,05835	0,05854	0,05862	0,05825	0,05846	0,05845	0,05836	0,058426	0,058426
Família 5	Linha 12	0,05829	0,04851	0,0434	0,06821	0,06697	0,08063	0,04218	0,04133	0,04409	0,04871	0,07885	0,04575	0,06493	0,06518	0,04729	0,048711	0,048711
Família 6	Linha 13	0,05502	0,05225	0,05115	0,06329	0,05485	0,05627	0,04218	0,05191	0,06643	0,06056	0,05544	0,05885	0,05634	0,05099	0,05153	0,055019	0,055019
Família 7	Linha 14	0,188	0,18641	0,18666	0,21204	0,22602	0,18859	0,18188	0,1849	0,18061	0,18488	0,21707	0,18808	0,17989	0,18909	0,21977	0,188	0,188
Família 8	Linha 15	0,1881	0,18864	0,18753	0,18766	0,18778	0,18711	0,18856	0,1909	0,18726	0,18999	0,18853	0,18849	0,18982	0,19048	0,18851	0,18851	0,18851
Família 9	Linha 16	0,05508	0,06761	0,06361	0,05672	0,05221	0,05202	0,05232	0,0521	0,05698	0,06087	0,04759	0,05797	0,05641	0,05923	0,04771	0,056414	0,056414
		0,1905	0,19919	0,19632	0,21204	0,22602	0,18964	0,1909	0,1909	0,19691	0,18999	0,21707	0,19088	0,18982	0,19754	0,21977		
		33,7503	33,6494	33,6827	33,5004	33,3388	33,7603	33,7457	33,7456	33,6759	33,7562	33,4423	33,7459	33,7582	33,6686	33,4111	33,6421	33,6421

Figura 4.327 – Cenário 19 – Wait Time – Representação gráfica do tempo de espera – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

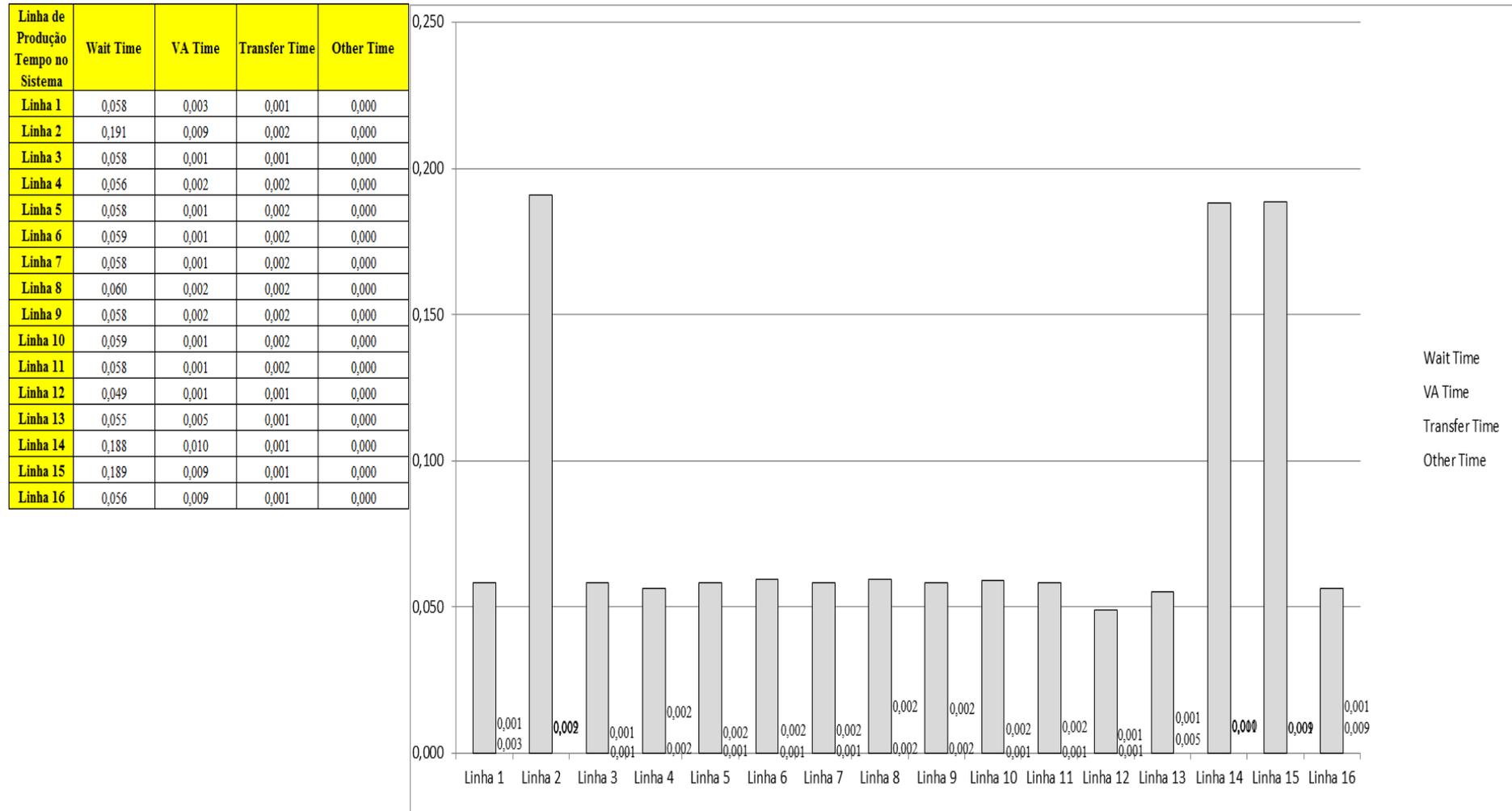


Figura 4.328 – Cenário 19 – Taxas de abastecimento e produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

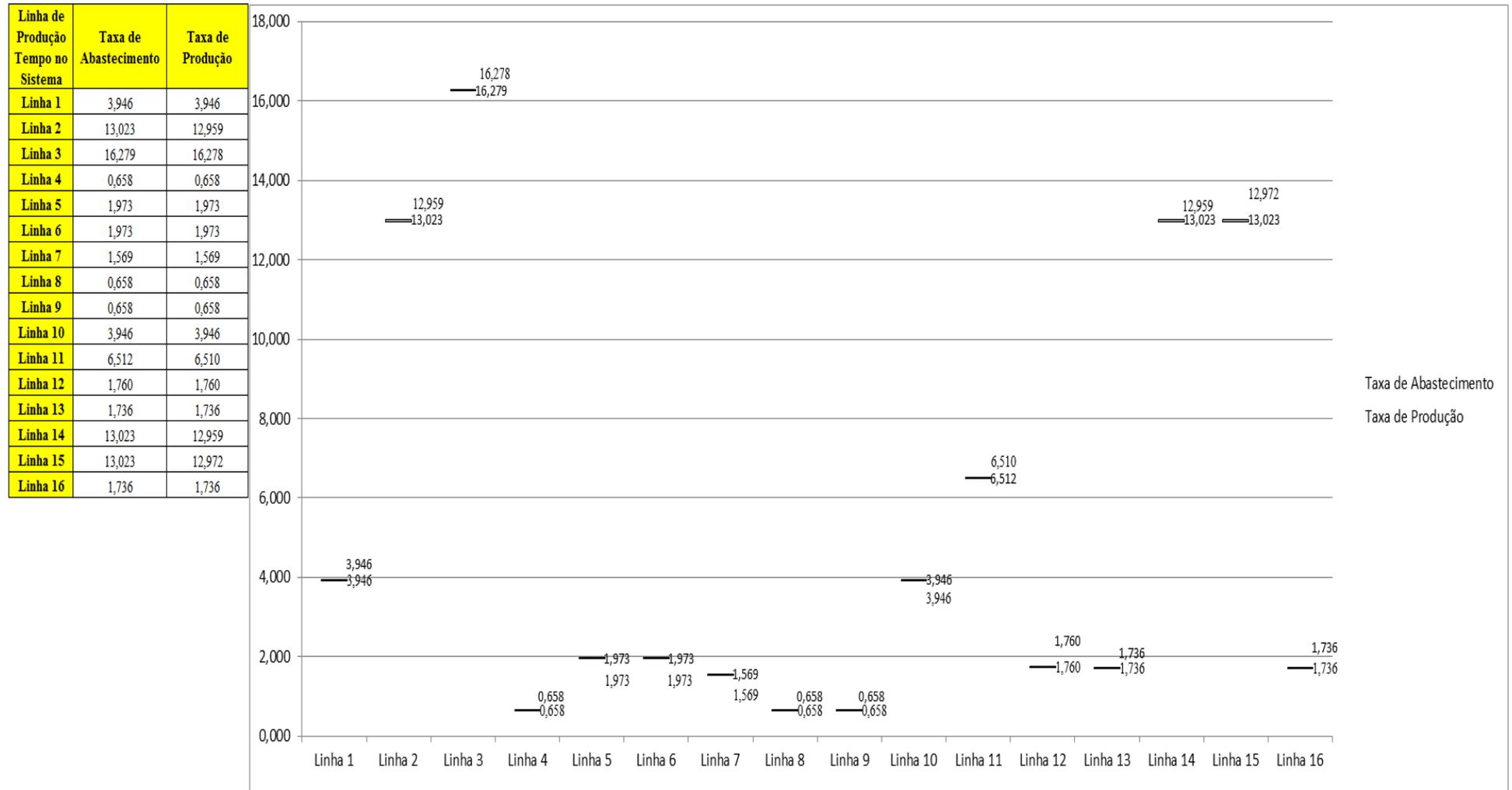


Figura 4.329 – Cenário 19 – Quantidade Produzida – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

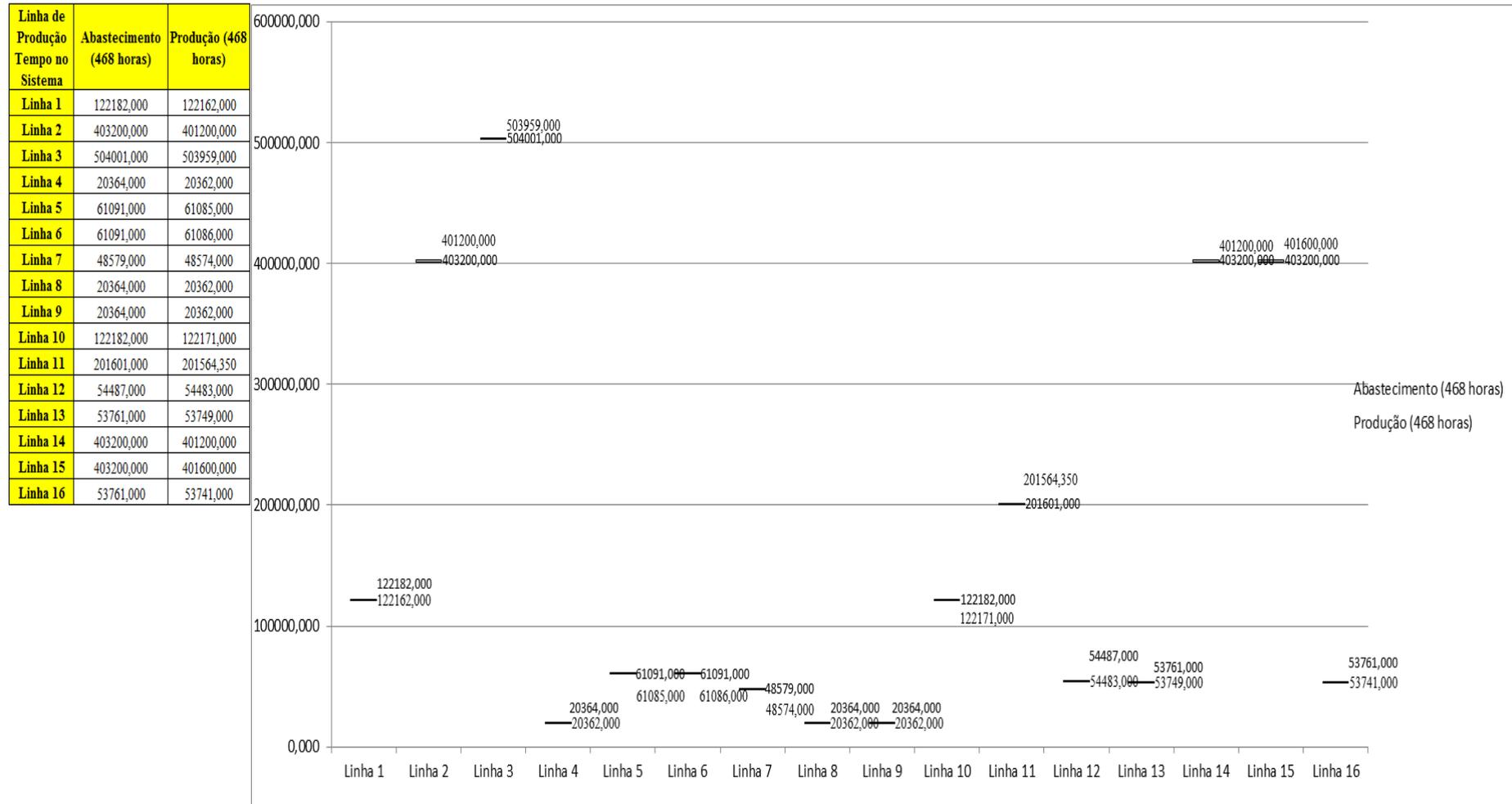


Figura 4.330 – Cenário 19 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 1 a 8. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação								
Recurso	número de recursos	Média	1 medida	2 medida	3 medida	4 medida	5 medida	6 medida	7 medida	8 medida
Corte e Costura Chinesa	1	29,04496%	28,62000%	28,08911%	28,29701%	30,79184%	29,06179%	29,20658%	28,93185%	30,16071%
Corte e Costura Supra	1	35,81384%	36,01000%	35,06421%	35,06421%	37,41117%	35,90491%	35,83485%	35,93994%	36,64053%
Corte e Costura Taubate	1	41,99280%	42,39000%	41,47839%	41,31560%	43,52952%	42,06442%	41,99931%	42,35744%	42,48767%
Corte e Costura Vitra	1	47,50683%	48,26000%	47,12411%	46,75571%	48,90469%	47,55391%	47,30831%	48,04510%	47,98370%
Corte lencol e box padrao	1	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%
Embalagem 001	20	105,24744%	105,31000%	104,34638%	104,34831%	107,22944%	105,30807%	105,30614%	105,33459%	106,26972%
Enroladeira F06	1	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%
Extrusora 01	1	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%
Impressora COMT	1	26,42484%	26,49000%	25,28624%	25,28624%	28,89752%	26,49000%	26,49000%	26,71272%	27,69376%
Impressora PADANE	1	26,61355%	26,68000%	25,46661%	25,46661%	29,10677%	26,68000%	26,68000%	26,90383%	27,89339%
Laminadora	1	67,76900%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,75494%	67,77000%	67,77000%	67,77000%
Operação manual de montagem padrão	1	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%
Tear 01	1	17,85587%	17,84000%	17,88823%	17,80517%	17,87215%	17,86679%	17,84804%	17,83732%	17,84268%
Tear 02	1	32,74141%	32,66000%	32,88720%	32,91560%	32,83040%	32,68840%	32,74520%	32,71680%	32,74520%
Tear 03	1	47,28902%	47,48000%	46,96946%	47,16800%	47,13964%	47,33818%	47,28146%	47,36655%	47,30982%
Tear 04	1	7,63784%	7,65000%	7,66547%	7,62859%	7,61965%	7,62524%	7,60736%	7,66212%	7,61406%
Tear 05	1	13,09850%	13,14000%	13,10665%	13,05107%	13,15112%	13,10665%	13,18447%	13,00660%	13,08442%
Tear 06	1	18,56638%	18,64000%	18,52845%	18,49499%	18,57307%	18,50614%	18,66231%	18,64000%	18,46152%
Tear 07	1	23,98731%	24,13000%	24,03794%	24,03794%	24,01493%	24,03794%	23,98041%	23,89986%	23,98041%
Tear 08	1	29,58809%	29,63000%	29,52120%	29,73880%	29,70253%	29,53329%	29,54538%	29,55747%	29,67836%
Tear 09	1	35,28499%	35,12000%	35,22206%	35,32411%	35,09449%	35,20930%	35,17103%	35,48995%	35,73234%
Tear 10	1	40,76544%	40,62000%	40,96798%	40,68692%	40,67354%	40,90106%	40,84753%	40,83414%	40,70030%
Tear 11	1	46,48246%	46,11000%	46,50604%	46,59090%	46,52018%	46,63333%	46,23730%	46,39288%	46,19487%
Tear 12	1	58,88418%	58,60000%	58,43151%	59,03807%	58,83588%	58,93698%	58,80219%	58,86958%	59,10546%

Figura 4.331 – Cenário 19 – Ocupação dos recursos de manufatura – réplicas 9 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Resources.pdf		Ocupação							
Recurso	número de recursos	Média	9 medida	10 medida	11 medida	12 medida	13 medida	14 medida	15 medida
Corte e Costura Chinesa	1	29,04496%	27,98515%	29,35508%	29,15832%	29,15089%	29,28826%	28,58659%	28,99126%
Corte e Costura Supra	1	35,81384%	35,16930%	35,86988%	35,83485%	35,90491%	35,72977%	34,95912%	35,86988%
Corte e Costura Taubate	1	41,99280%	41,47839%	41,80396%	42,06442%	41,90164%	41,90164%	41,02258%	42,09698%
Corte e Costura Vítrea	1	47,50683%	47,24691%	47,03201%	47,33901%	47,46181%	47,36971%	46,44872%	47,76880%
Corte lencol e box padrao	1	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%
Embalagem 001	20	105,24744%	104,35217%	105,31189%	105,31000%	105,31189%	105,31000%	104,35032%	105,31261%
Enroladeira F06	1	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%	2,22000%
Extrusora 01	1	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%	105,54000%
Impressora COMT	1	26,42484%	25,28624%	26,49000%	26,49000%	26,49000%	26,49000%	25,28985%	26,49000%
Impressora PADANE	1	26,61355%	25,46661%	26,68000%	26,68000%	26,68000%	26,68000%	25,45935%	26,68000%
Laminadora	1	67,76900%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,77000%	67,77000%
Operação manual de montagem padrão	1	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%	22,97000%
Tear 01	1	17,85587%	17,85072%	17,90163%	17,91770%	17,85340%	17,83427%	17,84804%	17,83196%
Tear 02	1	32,74141%	32,77360%	32,66000%	32,57480%	32,71680%	32,71680%	32,74520%	32,74520%
Tear 03	1	47,28902%	47,25309%	47,28146%	47,36655%	47,30982%	47,39491%	47,30982%	47,36655%
Tear 04	1	7,63784%	7,68335%	7,58612%	7,66547%	7,66547%	7,63083%	7,59618%	7,66771%
Tear 05	1	13,09850%	13,14000%	13,09553%	13,06218%	13,06218%	13,07330%	13,05107%	13,16223%
Tear 06	1	18,56638%	18,51730%	18,51730%	18,61769%	18,64000%	18,49499%	18,61769%	18,58423%
Tear 07	1	23,98731%	23,94589%	23,89986%	24,13000%	23,84233%	23,98041%	24,04945%	23,84233%
Tear 08	1	29,58809%	29,46075%	29,56956%	29,53329%	29,55747%	29,85969%	29,49702%	29,43658%
Tear 09	1	35,28499%	35,28584%	35,31135%	34,99243%	35,29860%	35,33687%	35,31135%	35,37514%
Tear 10	1	40,76544%	40,60662%	41,19551%	40,86091%	40,76722%	40,60662%	40,74045%	40,47278%
Tear 11	1	46,48246%	46,25144%	46,88793%	46,36460%	46,42117%	46,49189%	46,91622%	46,71820%
Tear 12	1	58,88418%	59,27395%	58,78534%	58,83588%	59,03807%	58,92013%	58,93698%	58,85273%

Figura 4.332 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Recurso	Produção Cenário 19	Capacidade de Produção da Fábrica	Capacidade de Produção por grupo de recursos
Corte e Costura	2547660 unidades	2419244 unidades	2020017 unidades
Corte lencol e box padrao	2547660 unidades	2419244 unidades	971649 unidades
Enroladeira F06	2547660 unidades	2419244 unidades	972607 unidades
Extrusora 01	2547660 unidades	2419244 unidades	2419244 unidades
Impressão	2547660 unidades	2419244 unidades	1827446 unidades
Laminadora	2547660 unidades	2419244 unidades	1695411 unidades
Operação manual de montagem padrão	2547660 unidades	2419244 unidades	971638 unidades
Tecelagem	2547660 unidades	2419244 unidades	4520619 unidades

<b>Fator de Carga</b>	105,31%
-----------------------	---------

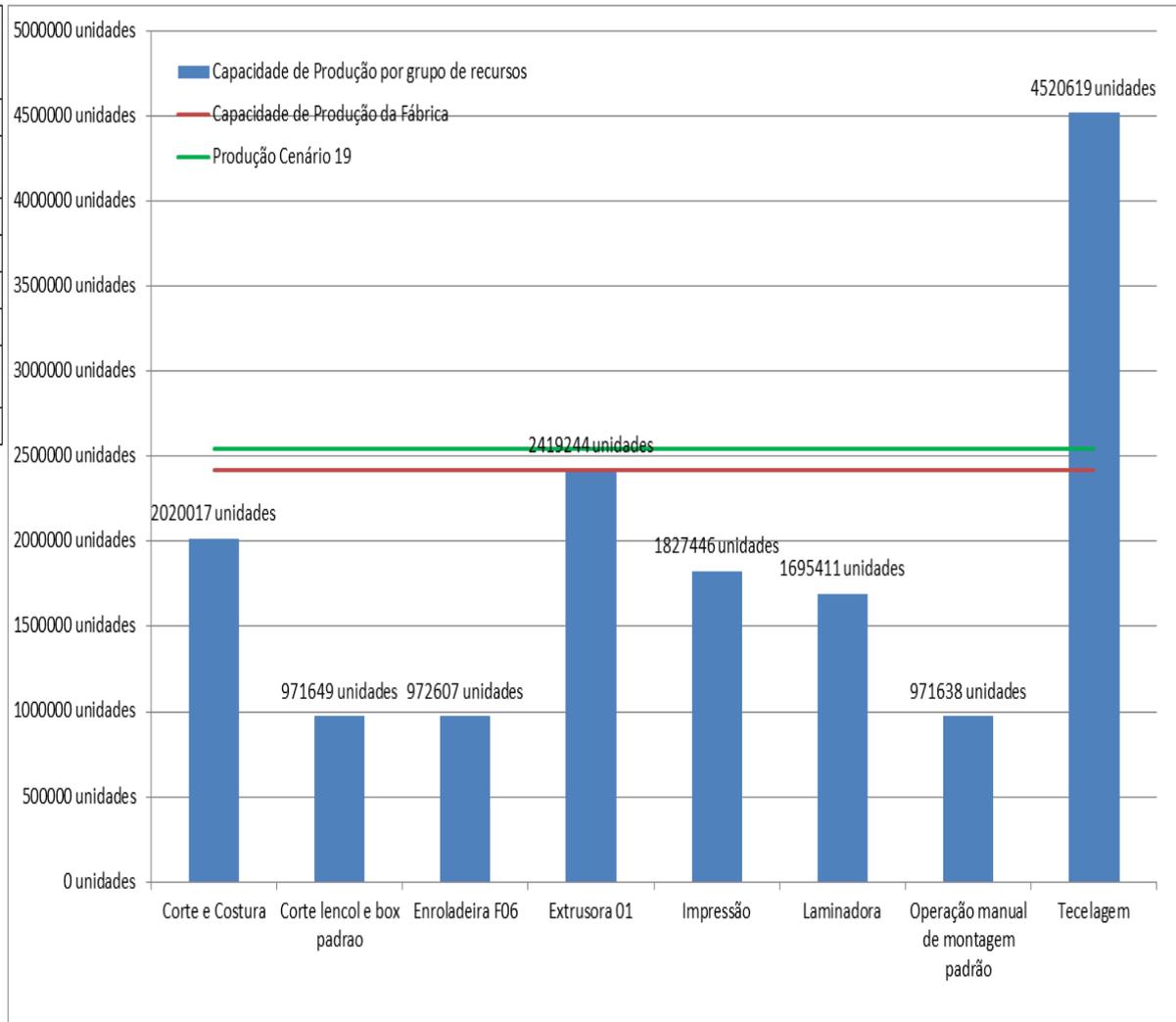


Figura 4.333 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

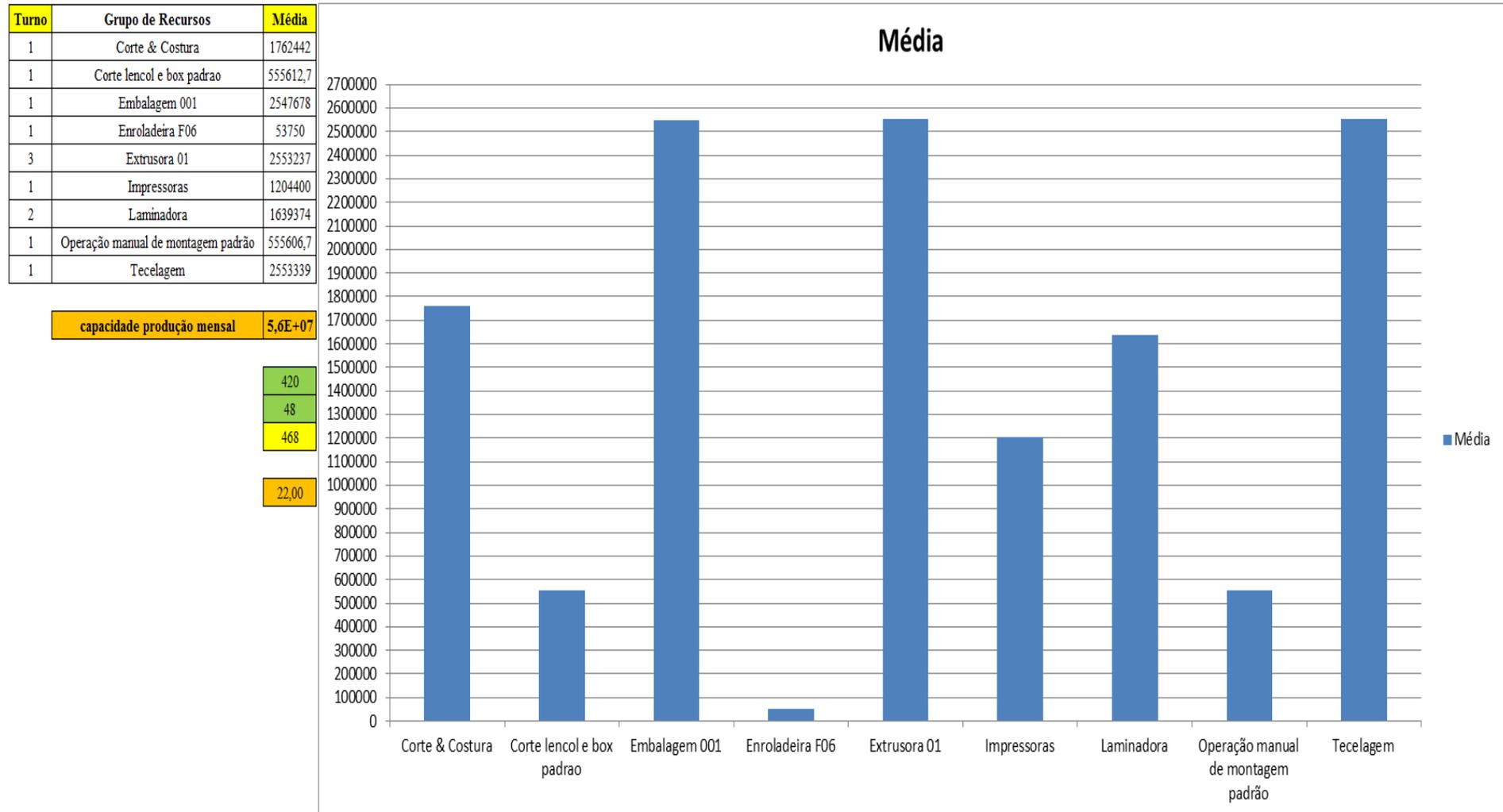


Figura 4.334 – Cenário 19 – Capacidade de Produção – Representação gráfica – réplicas 1 a 15. Fonte: Próprio autor.

Arquivo Entities.pdf																			
Linha	Diferença	WIP	Entrada	Saida	Familia	Wait Time	Total Time	VA Time	Transfer Time	Other Time	Intervalo de Abastecimento	Intervalo de Produção	Taxa de Abastecimento	Taxa de Produção	Abastecimento (468 horas)	%	Produção (468 horas)	%	
1	-254,365	274,3649	122182	122162	1	0,05831	0,0629	0,0034	0,0012	0,00	0,253 minutos	0,253 minutos	3,946 (unid./minuto)	3,946 (unid./minuto)	122182,000	4,79%	122162,000	4,80%	
2	-942,537	2942,537	403200	401200	2	0,1909	0,2019	0,0092	0,0018	0,00	0,077 minutos	0,077 minutos	13,023 (unid./minuto)	12,959 (unid./minuto)	403200,000	15,79%	401200,000	15,75%	
3	-1047,401	1089,401	504001	503959	3	0,05833	0,0605	0,0007	0,0015	0,00	0,061 minutos	0,061 minutos	16,279 (unid./minuto)	16,278 (unid./minuto)	504001,000	19,74%	503959,000	19,78%	
4	-42,916	44,9157	20364	20362	4	0,05636	0,0598	0,0017	0,0018	0,00	1,520 minutos	1,520 minutos	0,658 (unid./minuto)	0,658 (unid./minuto)	20364,000	0,80%	20362,000	0,80%	
5	-127,331	133,3313	61091	61085	5	0,05841	0,0612	0,0010	0,0018	0,00	0,507 minutos	0,507 minutos	1,973 (unid./minuto)	1,973 (unid./minuto)	61091,000	2,39%	61085,000	2,40%	
6	-127,750	132,75	61091	61086	6	0,05931	0,0618	0,0007	0,0018	0,00	0,507 minutos	0,507 minutos	1,973 (unid./minuto)	1,973 (unid./minuto)	61091,000	2,39%	61086,000	2,40%	
7	-43,579	48,579	48579	48574	7	0,05817	0,0611	0,0012	0,0018	0,00	0,637 minutos	0,637 minutos	1,569 (unid./minuto)	1,569 (unid./minuto)	48579,000	1,90%	48574,000	1,91%	
8	-42,915	44,9146	20364	20362	8	0,05954	0,0630	0,0017	0,0018	0,00	1,520 minutos	1,520 minutos	0,658 (unid./minuto)	0,658 (unid./minuto)	20364,000	0,80%	20362,000	0,80%	
9	-42,915	44,9152	20364	20362	9	0,05815	0,0616	0,0017	0,0018	0,00	1,520 minutos	1,520 minutos	0,658 (unid./minuto)	0,658 (unid./minuto)	20364,000	0,80%	20362,000	0,80%	
10	-254,910	265,91	122182	122171	10	0,05899	0,0616	0,0008	0,0018	0,00	0,253 minutos	0,253 minutos	3,946 (unid./minuto)	3,946 (unid./minuto)	122182,000	4,79%	122171,000	4,80%	
11	-401,580	438,23	201601	201564	11	0,05843	0,0609	0,0007	0,0018	0,00	0,154 minutos	0,154 minutos	6,512 (unid./minuto)	6,510 (unid./minuto)	201601,000	7,90%	201564,350	7,91%	
12	-113,449	117,4494	54487	54483	12	0,04871	0,0508	0,0009	0,0012	0,00	0,568 minutos	0,568 minutos	1,760 (unid./minuto)	1,760 (unid./minuto)	54487,000	2,13%	54483,000	2,14%	
13	-105,073	117,0728	53761	53749	13	0,05502	0,0610	0,0048	0,0012	0,00	0,576 minutos	0,576 minutos	1,736 (unid./minuto)	1,736 (unid./minuto)	53761,000	2,11%	53749,000	2,11%	
14	-840,884	2840,884	403200	401200	14	0,188	0,1991	0,0097	0,0015	0,00	0,077 minutos	0,077 minutos	13,023 (unid./minuto)	12,959 (unid./minuto)	403200,000	15,79%	401200,000	15,75%	
15	-1251,820	2851,82	403200	401600	15	0,18851	0,1989	0,0089	0,0015	0,00	0,077 minutos	0,077 minutos	13,023 (unid./minuto)	12,972 (unid./minuto)	403200,000	15,79%	401600,000	15,76%	
16	-105,228	125,2282	53761	53741	16	0,05641	0,0666	0,0090	0,0012	0,00	0,576 minutos	0,576 minutos	1,736 (unid./minuto)	1,736 (unid./minuto)	53761,000	2,11%	53741,000	2,11%	
	-5744,653	11512,3	2553428	3E+06		1,3116	1,3927	0,0560	0,0252	0,00			82,475 (unid./minuto)	82,289 (unid./minuto)	2553428,000		2547660,350		
	-0,22%	0,45%	100,00%	99,77%		94,17%	100,00%	4,02%	1,81%	0,00%							99,774%		

A Figura 4.335 mostra um resumo dos resultados dos cenários demonstrando que a mudança do *layout* nos cenários 3 e 4 proporcionou uma aumento do volume produzido da ordem de 53,4% com relação ao cenário 2 e a partir do cenário 5 com a 1ª alteração do *setup* um aumento da ordem de 0,65% com relação ao cenário 4 em função da restrição do abastecimento no sistema demonstrado pelo indicador de transformação da matéria prima em produto acabado da ordem de 90,119% no cenário 5.

A partir do ajuste da taxa de abastecimento no cenário 6 é visual o aumento do volume produzido nas linhas 2, 14 e 15 dos produtos que passam pelo processo de impressão em função do aumento da taxa de abastecimento e da redução do tempo de *setup*, enquanto que a produção total da fábrica sofreu aumento em função do aumento da taxa de abastecimento. Os cenários 7, 8, 9 10 demonstram o ajuste da taxa de abastecimento do sistema.

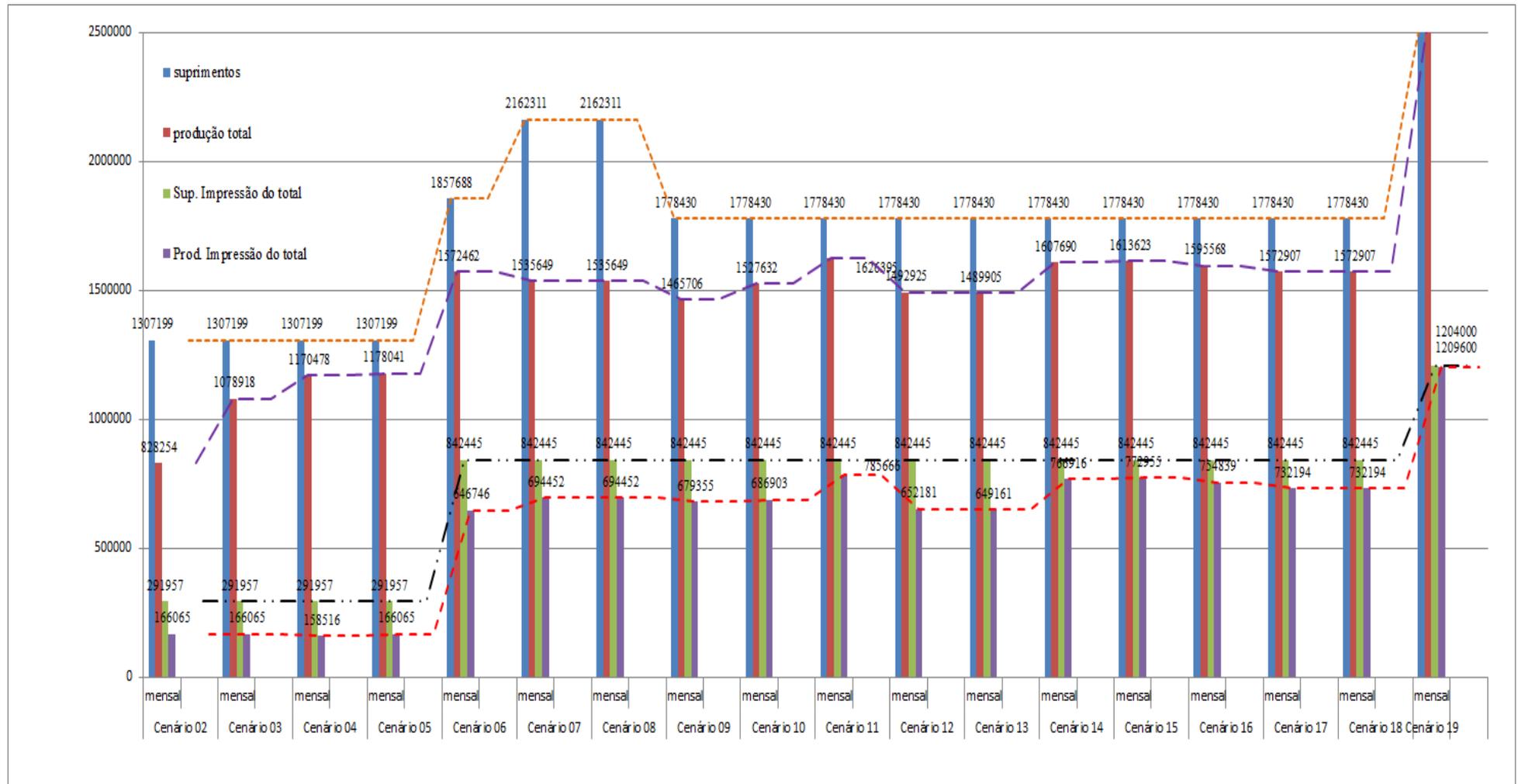
A partir do cenário 11 até o cenário 14, com o uso da técnica *simulated annealing* foram realizadas alterações do tamanho do lote demonstrando uma redução do volume produzido dos produtos que passam pelo processo de impressão com o aumento do tamanho do lote e posteriormente um aumento do volume de produção com a redução do tamanho do lote no cenário 14.

Os cenário 15, 16 e 17 demonstram o volume de produção dos produtos que passam pelo processo de impressão em função da mudança da frequência de liberação dos cartões *kanban*, a alteração não afeta o volume produzido uma vez que o fluxo de produção se mantém uniforme ao longo da fábrica.

Os cenários 18 e 19 demonstram a operação do sistema com os turnos de trabalho de cada processo com o tempo de simulação equivalente ao sistema real demonstrando que no cenário 18 o volume de produção pode ser considerado referência para a operação da fábrica com um ajuste do fator de carga as condições reais de operação do sistema com o devido controle das perdas de modo a mantê-lo da ordem de 85%, fator de carga considerado padrão do segmento de indústrias têxteis do segmento de rafia, ou seja, o objetivo na prática é manter a produção no nível de 1.600.000 unidades por mês.

Já o cenário 19 demonstra o limite de saturação do sistema o qual com o modelo ideal e não exequível na prática de 0% de perdas no fluxo de produção atinge o uso da máquina extrusora no seu limite operando 21 horas por dia de segunda a sexta feira e 12 horas no sábado e 12 horas no domingo.

Figura 4.335 – Resumo dos resultados dos cenários. Fonte: Próprio autor.



O tópico 5 apresenta a análise dos resultados, conclusões e considerações finais do trabalho.

## **5. Análise dos Resultados das Simulações Computacionais**

A análise final do trabalho quanto aos resultados das simulações computacionais encontra-se no volume II a partir dos seguintes tópicos:

- 1) Estudo da correlação entre as variáveis estatisticamente a partir dos dados coletados;
- 2) Avaliação da taxa de abastecimento e produção por cenário;
- 3) Análise da variabilidade do processo por cenário;
- 4) Identificação das restrições do fluxo de produção.

### **Conclusões**

De acordo com o tópico 5 encontra-se no volume II do presente trabalho.

### **Considerações Finais**

De acordo com o tópico 5 encontra-se no volume II do presente trabalho.

### **Trabalhos Futuros**

De acordo com o tópico 5 encontra-se no volume II do presente trabalho.

## Referências Bibliográficas

- ABDULLAH, F., RAJGOPAL, J., Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Int. J. Production Economics* 107 (2007) 223–236.
- ABIPLAST, <http://www.abiplast.org.br/abiplast>, 2009.
- ANDRADE, J. F. F. *Introdução à Tecnologia Têxtil*, v. 3. Rio de Janeiro. Apostila – CETIQT/SENAI. 1987.
- ARAÚJO, M., CASTRO, E. M. M. *Manual de engenharia têxtil*. Lisboa: Fundação Calouste Guibenkian, 1987<sup>a</sup>, 1. V.
- ARAÚJO, M., CASTRO, E. M. M. *Manual de engenharia têxtil*. Lisboa: Fundação Calouste Guibenkian, 1987<sup>b</sup>, 2. V.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, A. *Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários*. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1996.
- DETTY, R. B., YINGLING, J. C., Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study, *int. j. prod. res.*, 2000, vol. 38, no. 2, 429 ± 445.
- EL-HAIK, B. and R. AL-AOMAR *Simulation-based lean six-sigma and design for six-sigma*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2006.
- FERNANDES, F. C. F.; TAHARA, C. S. Um sistema de controle da produção para a manufatura celular. Parte I: Sistema de Apoio à Decisão para a Elaboração do Programa Mestre de Produção. *Gestão & Produção*. V. 3, n.2, p. 135-155, ago. 1996.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.
- GURUMURTHY, A. and RAMBABU K. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2010.
- LANZA, G., JONDRAL, A. and DROTLEFF, U.; Valuation of increased production system performance by integrated production systems. *Prod. Eng. Res. Devel.* (2012) 6:79–87.
- LU, JIUNN-CHENN and SU, TAHO YANG CHAO-TON Analysing optimum push/pull junction point location using multiple criteria decision-making for multistage stochastic production system. *International Journal of Production Research*. 2012.

- LU, JIUNN-CHIN, YUNG, TAHO and WANG, CHENG-YI, A lean pull system design analysed by value stream mapping and multiple criteria decision-making method under demand uncertainty, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* Vol. 24, No. 3, March 2011, 211–228.
- MATIAS, J. C. H. and VIZAN, A. Evaluation of techniques for manufacturing process analysis. *International Journal of Computer Integrated*. 2006.
- MCDONALD T, AKEN, E. M. V., RENTES, A. F., Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. *International Journal of Logistics: Research and Applications* Vol. 5, No. 2, 2002.
- MINOTTI, E. M. Desenvolvimento de um Modelo de Programação da Produção em uma Empresa do Setor Têxtil de Embalagens de Ráfia – Aplicação do Software APS Preactor SMC – Static Material Control. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário de Araraquara. 2011, Volume I, 466p.
- MINOTTI, E. M. Desenvolvimento de um Modelo de Programação da Produção em uma Empresa do Setor Têxtil de Embalagens de Ráfia – Aplicação do Software APS Preactor SMC – Static Material Control. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário de Araraquara. 2011, Volume II, 466p.
- PARTHANADEE, P. and BUDDHAKULSOMSIRI, J. Production efficiency improvement in batch production system using value stream mapping and simulation: a case study of the roasted and ground coffee industry. *Production Planning & Control: The Management of Operations*. 2012
- PAULO, W. L. Análise da Avaliação da Produção na Pequena Empresa Têxtil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – USP – Departamento de Engenharia de Produção. 1999, 107 p.
- R. AL AOMAR, Handling multi-lean measures with simulation and simulated annealing, *Journal of the Frank linInstitute* 348 (2011) 1506–1522.
- RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (Org.) *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006, p.76-97.
- RIBEIRO, L. G. Introdução à Tecnologia Têxtil, v. 1. Rio de Janeiro. Apostila – CETIQT/SENAI. 1984<sup>a</sup>.
- RIBEIRO, L. G. Introdução à Tecnologia Têxtil, v. 2. Rio de Janeiro. Apostila – CETIQT/SENAI. 1984<sup>b</sup>.

- ROTHER, M. Advanced value stream mapping, 1999 Lean Summit (Atlanta, GA, Lean Enterprise Institute). 1999.
- SHINGO, S. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.
- SIMULAÇÃO.NET, <http://www.simulacao.net/blog/>, 2012.
- SOMAN, C. A.; VAN DONK D. P.; GAALMAN G. Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, v. 90, n. 2, p. 223-235, 2004.
- SOUZA, R.; VOSS, C. A. Operational implications of manufacturing outsourcing of subcontractor plants. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 27, n. 9, p. 974 -997, 2007.
- TREADWELL, M. A., HERRMANN, J. W. A Kanban Module for Simulating Full Production in Arena. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. Institute for Systems Research – University of Maryland. 2005.
- VOLLMANN, T.; BERRY, W.; WHYBARK, D.; JACOBS, F. R. *Manufacturing planning and control systems*. 4. Ed. New York: McGraw-Hill/Irvin, 2005.
- WEISS, J. M. G, RABECHINI, R. J., FUORILLO, C. M. H. Indústria têxtil: oportunidades para instituições de pesquisa. *Revista de Administração*, v. 28, n. 1, p. 65-74, janeiro/março. 1993.
- WITNESS simulation software, /<http://www.lanner.com> S. Lanner Group, 2012.
- YANG, A. P. B. and LALWANI, Y. C. L. A simulation study of despatch bay performance in the steel processing industry. *European Journal of Operational Research*. 2007.
- YANG, T. and LU, J. C.; The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem. *International Journal of Production Research* Vol. 49, No. 10, 15 May 2011, 2793–2817.
- YANG, T. and LU, YANG JIUNN-CHENN The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem. *International Journal of Production Research*. 2011.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. São Paulo: Bookman, reimpressão 2003.

### Site consultado

GORINI (1997)

[http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1202.pdf](http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1202.pdf).