

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.

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior
Orientador

VOLUME II

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.

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior
Orientador

VOLUME II

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. 84. 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

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

angelabrittopez@gmail.com

Esta dissertação desenvolvida a partir do objeto de estudo Empresa do setor Farmacêutico 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 5 – Volume II

Figura 5.1 – Tempo de <i>setup</i> dos cenários 4 e 5.....	7
Figura 5.2 – Influência do Fator A (roteiro de fabricação) e Fator B (<i>layout</i>).....	11
Figura 5.3 – Análise do nível de influência do roteiro de fabricação e do <i>layout</i> no <i>lead time</i> do sistema de produção – cenários 2 e 3.....	12
Figura 5.4 – Análise do nível de influência do roteiro de fabricação e do <i>layout</i> no <i>lead time</i> do sistema de produção – cenários 3 e 4.....	13
Figura 5.5 – Influência do Fator A (<i>mix</i> de cores dos produtos) e Fator B (<i>setup</i>).....	14
Figura 5.6 – Análise do nível de influência do <i>mix</i> de cores dos produtos e do <i>setup</i> no desempenho do sistema de produção – cenários 5 e 6.....	15
Figura 5.7 – Análise do nível de influência do <i>mix</i> de cores dos produtos e do <i>setup</i> no desempenho do sistema de produção – cenários 6 e 7.....	16
Figura 5.8 – Carta de controle de tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção de acordo com os dados do <i>layout</i> atual em relação às três alterações do <i>layout</i>	18
Figura 5.9 – Carta de controle de tempo de <i>setup</i> atual em relação às três alterações com redução do tempo de <i>setup</i>	19
Figura 5.10 – <i>Residual Plots</i> : tempo de <i>setup</i> atual em relação às três alterações com redução do tempo de <i>setup</i>	21
Figura 5.11 – <i>Boxplot</i> : tempo de <i>setup</i> atual em relação às três alterações com redução do tempo de <i>setup</i>	21
Figura 5.12 – <i>Residual Plots</i> : tempo de <i>setup</i> atual em relação às três alterações com redução do tempo de <i>setup</i>	23
Figura 5.13 – <i>Boxplot</i> : tempo de <i>setup</i> atual em relação às três alterações com redução do tempo de <i>setup</i>	23
Figura 5.14 – Dados do dimensionamento do estoque.....	33
Figura 5.15 – Dados do dimensionamento do estoque.....	34
Figura 5.16 – Redução do índice de ocupação dos recursos de manufatura em função das alterações do dimensionamento dos cartões <i>kanban</i>	40
Figura 5.17 – Balanceamento da Família 1.....	43
Figura 5.18 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 1.....	44
Figura 5.19 – Balanceamento da Família 2.....	46

Figura 5.20 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 2.....	47
Figura 5.21 – Balanceamento da Família 3.....	49
Figura 5.22 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 3.....	50
Figura 5.23 – Balanceamento da Família 4.....	52
Figura 5.24 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	53
Figura 5.25 – Balanceamento da Família 4.....	55
Figura 5.26 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	56
Figura 5.27 – Balanceamento da Família 4.....	58
Figura 5.28 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	59
Figura 5.29 – Balanceamento da Família 4.....	61
Figura 5.30 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	62
Figura 5.31 – Balanceamento da Família 4.....	64
Figura 5.32 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	65
Figura 5.33 – Balanceamento da Família 4.....	67
Figura 5.34 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	68
Figura 5.35 – Balanceamento da Família 4.....	70
Figura 5.36 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	71
Figura 5.37 – Balanceamento da Família 4.....	73
Figura 5.38 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4.....	74
Figura 5.39 – Balanceamento da Família 5.....	76
Figura 5.40 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 5.....	77
Figura 5.41 – Balanceamento da Família 6.....	79
Figura 5.42 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 6.....	80
Figura 5.43 – Balanceamento da Família 7.....	82
Figura 5.44 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 7.....	83
Figura 5.45 – Balanceamento da Família 8.....	85
Figura 5.46 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 8.....	86
Figura 5.47 – Balanceamento da Família 9.....	88
Figura 5.48 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 9.....	89
Figura 5.49 – Variabilidade do sistema de produção (S/N).....	91
Figura 5.50 – Desempenho do sistema de produção – cenário 2.....	96
Figura 5.51 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 2.....	96
Figura 5.52 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 2.....	97
Figura 5.53 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 2.....	97

Figura 5.54 – Desempenho do sistema de produção – cenário 3.....	98
Figura 5.55 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 3.....	98
Figura 5.56 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 3.....	99
Figura 5.57 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 3.....	99
Figura 5.58 – Desempenho do sistema de produção – cenário 4.....	100
Figura 5.59 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 4.....	100
Figura 5.60 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 4.....	101
Figura 5.61 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 4....	101
Figura 5.62 – Desempenho do sistema de produção – cenário 5.....	102
Figura 5.63 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 5.....	102
Figura 5.64 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 5.....	103
Figura 5.65 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 5....	103
Figura 5.66 – Desempenho do sistema de produção – cenário 6.....	104
Figura 5.67 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 6.....	104
Figura 5.68 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 6.....	105
Figura 5.69 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 6....	105
Figura 5.70 – Desempenho do sistema de produção – cenário 7.....	106
Figura 5.71 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 7.....	106
Figura 5.72 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 7.....	107
Figura 5.73 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 7....	107
Figura 5.74 – Desempenho do sistema de produção – cenário 11.....	108
Figura 5.75 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 11.....	108
Figura 5.76 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 11.....	109
Figura 5.77 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 11.	109
Figura 5.78 – Desempenho do sistema de produção – cenário 12.....	110
Figura 5.79 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 12.....	110
Figura 5.80 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 12.....	111
Figura 5.81 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 12.	111
Figura 5.82 – Desempenho do sistema de produção – cenário 13.....	112
Figura 5.83 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 13.....	112
Figura 5.84 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 13.....	113
Figura 5.85 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 13..	113
Figura 5.86 – Desempenho do sistema de produção – cenário 14.....	114
Figura 5.87 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 14.....	114

Figura 5.88 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 14.....	115
Figura 5.89 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 14..	115
Figura 5.90 – Desempenho do sistema de produção – cenário 15.....	116
Figura 5.91 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 15.....	116
Figura 5.92 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 15.....	117
Figura 5.93 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 15..	117
Figura 5.94 – Desempenho do sistema de produção – cenário 16.....	118
Figura 5.95 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 16.....	118
Figura 5.96 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 16.....	119
Figura 5.97 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 16..	119
Figura 5.98 – Desempenho do sistema de produção – cenário 17.....	120
Figura 5.99 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 17.....	120
Figura 5.100 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 17.....	121
Figura 5.101 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 17.....	121
Figura 5.102 – Desempenho do sistema de produção – cenário 18.....	122
Figura 5.103 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 18.....	122
Figura 5.104 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 18.....	123
Figura 5.105 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 18.	123
Figura 5.106 – Desempenho do sistema de produção – cenário 19.....	124
Figura 5.107 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 19.....	124
Figura 5.108 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 19.....	125
Figura 5.109 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 19.	125
Figura 5.110 – Curvas de desempenho logístico a partir da interdependência entre desempenho versus estoque em processo (WIP – <i>work in process</i>).....	127

Lista Tabelas

Capítulo 5 – Volume II

Tabela 5.1 – Resultados dos cenários 15, 16 e 17 – Famílias 2, 7 e 8.....	93
Tabela 5.2 – Porcentagem de processamento das unidades de embalagem por família de produtos e por processo de fabricação com a variação da ocupação do recurso abastecedor por cenário (Processo Embalagem).....	94
Tabela 5.3 – Porcentagem de ocupação dos recursos de manufatura por cenário.....	95

Sumário

Capítulo 5 – Volume II

5. Análise dos Resultados das Simulações Computacionais	1
5.1. Estado Atual.....	1
5.1.1 Considerações finais dos resultados do 2º cenário.....	2
5.2 – Adequação do <i>layout</i> – cenários 3 e 4.....	3
5.3 – Minimização do <i>setup</i> do processo de impressão – cenários 5, 6 e 7.....	7
5.4 – Análise quantitativa dos resultados dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7.....	11
5.5 – Tamanho do lote do processo de impressão – cenários 11, 12, 13 e 14.....	24
5.6 – Dimensionamento dos cartões <i>kanban</i> – cenários 15, 16 e 17.....	35
5.7 – Ajuste dos turnos de trabalho – cenários 18 e 19.....	40
5.8 – Apresentação dos mapas futuro do sistema de produção.....	41
5.9 – Variabilidade dos cenários de simulação.....	90
5.10 – Considerações finais.....	92
5.11 – Conclusões.....	126
5.12 – Trabalhos futuros.....	127
Referências Bibliográficas.....	127

5. Análise dos Resultados das Simulações Computacionais

5.1. Estado Atual

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 de acordo com a Figura 4.5 do volume I.

Além do elevado tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção (*Lead Time*) 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 do volume I.

A Figura 4.10 do volume I indica a variabilidade do estoque em processo (*work in process*) e conseqüentemente do volume em unidades do produto acabado produzido.

Neste caso a variabilidade é causada pela falta de sincronismo entre os processos de fabricação a partir da ausência de uma visão mais ampla do sistema de manufatura com o propósito de realizar uma 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 de produção objeto do estudo, nesse momento, em função da necessidade de se executar ajustes e experimentações além do que já foi realizado, todo o esforço já realizado é sem dúvida, a partir dos resultados apontados, 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, e que possa vir a contribuir com estudos direcionados a esse tipo de sistema de produção e operações.

Contudo, desenvolver um modelo de simulação computacional com o propósito de estudar um sistema de produção completo do processo de fabricação como um todo não é uma tarefa das mais simples e requer um esforço e tempo de dedicação muito alto. A autora do presente trabalho a partir do exposto sugere um estudo mais aprofundado do sistema abordado no presente trabalho a fim de ajustar o modelo à prática na operação.

5.1.1 Considerações finais dos resultados do 2º cenário

De acordo com a Figura 4.11 do volume I 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 $cycle\ time \times throughput\ rate$, o que deve ser ajustado. Nesse caso o tempo de espera, de acordo com a Figura 4.13 do volume I 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, o que contribui para a alteração do nível do *work in process*.

Conseqüentemente, 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.

De acordo com a Figura 4.13 do volume I 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.

Ainda no contexto do cenário 2, de acordo com a Figura 4.16 do volume I 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.

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 do volume I, 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.

A análise dos resultados, objetivo do presente volume II, é descrita a partir dos tópicos:

- 1) Tópico 5.2 – adequação do *layout* – cenários 3 e 4;
- 2) Tópico 5.3 – minimização do *setup* do processo de impressão – cenários 5, 6 e 7;
- 3) Tópico 5.4 – análise quantitativa dos resultados dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7;
- 4) Tópico 5.5 – tamanho do lote do processo de impressão – cenários 11, 12, 13 e 14;
- 5) Tópico 5.6 – dimensionamento dos cartões *kanban* – cenários 15, 16 e 17;
- 6) Tópico 5.7 – ajuste dos turnos de trabalho – cenários 18 e 19;
- 7) Tópico 5.8 – apresentação dos mapas futuro do sistema de produção;
- 8) Tópico 5.9 – variabilidade dos cenários de simulação;
- 9) Tópico 5.10 – considerações finais;
- 10) Tópico 5.11 – conclusões;
- 11) Tópico 5.12 – trabalhos futuros.

É importante destacar que toda a Figura mencionada no presente volume com o primeiro dígito (4.) são Figuras do volume I.

5.2 – Adequação do *layout* – cenários 3 e 4

De acordo com a Figura 4.23 a 1ª mudança do *layout* proposta não altera a variabilidade do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção para as linhas 2, 14 e 15 (famílias dos produtos 2, 7 e 8), mas altera significativamente para as demais famílias dos produtos.

Nesse caso uma análise preliminar pode ser feita quanto à influência do tempo de *setup* e conseqüentemente tamanho do lote de produção no processo de impressão, o que deve ser avaliado após os cenários 4, 5, 6 e 7.

A Figura 4.29 indica que a 1ª alteração do *layout*, como desejado reduziu o estoque em processo (*work in process*). Embora, como já mencionado, a simulação possa não incorporar parte das restrições do processo de fabricação, apenas com o uso do modelo de simulação, 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 quanto à movimentação de materiais, sendo que a primeira alteração impactou na redução do estoque em processo.

No caso não houve redução do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção para os produtos que passam pelo processo de impressão em função de não ter sido executada qualquer alteração no tempo de *setup* do processo de impressão.

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 dos recursos de produção.

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 o cálculo da *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.

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.

Consequentemente 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.

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 consequentemente uma programação da produção mais efetiva.

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 realizado 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 primeira 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 *in loco* na fábrica nesse caso, não apresentou variabilidade e foi adotado constante para o modelo em todos os cenários. De acordo com a Figura 4.43 a 2ª mudança do *layout* proposta também não altera a variabilidade do tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção para as linhas 2, 14 e 15 (famílias de produtos 2, 7 e 8), mas altera significativamente para as demais famílias dos produtos.

Nesse caso uma análise preliminar pode ser feita quanto à influência do tempo de *setup* e conseqüentemente tamanho do lote de produção no processo de impressão, o que deve ser avaliado após os cenários 5, 6, 7, 11, 12, 13 e 14. 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.

A Figura 4.50 indica que a 1ª e a 2ª alteração do *layout*, como desejado reduziu o estoque em processo (*work in process*). Embora, como já mencionado, 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 quanto à movimentação de materiais, sendo que a primeira alteração impactou na redução do estoque em processo.

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.

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.

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.

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.

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 conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva.

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*.

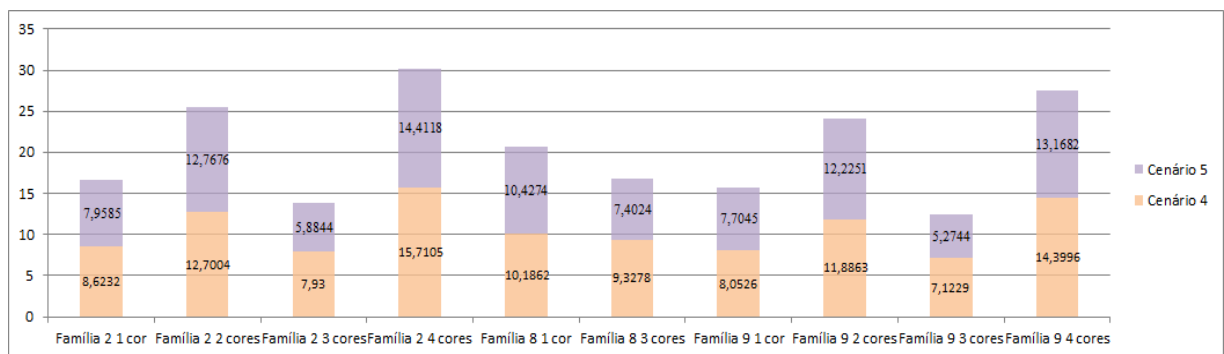
5.3 – Minimização do *setup* do processo de impressão – cenários 5, 6 e 7

A Figura 4.60 indica que a 1ª alteração do *setup*. Como desejado o resultado foi à redução do estoque em processo (*work in process*) das linhas de produtos que passam pelo processo de impressão. 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 enquanto que no cenário 5 a produção foi de 4.500 unidades e o estoque em processo de 2.152 unidades.

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 5 a produção foi de 1.500 unidades e o estoque em processo de 2.049 unidades.

A Figura 5.1 mostra as diferenças do tempo de *setup* do processo de impressão entre os cenários 4 e 5.

Figura 5.1 – Tempo de *setup* dos cenários 4 e 5. 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.

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.

A Figura 4.61 mostra o não alinhamento entre o estoque em processo médio e os resultados da fórmula de *Litte 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.

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.

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 consequentemente uma programação da produção mais efetiva.

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.

É relevante observar que o cenário 6 teve a taxa de abastecimento aumentada em função da redução do tempo de movimentação a partir da alteração do *layout* proposta.

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.

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.

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.

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.

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 conseqüentemente uma programação da produção mais efetiva.

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.

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.

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.

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*.

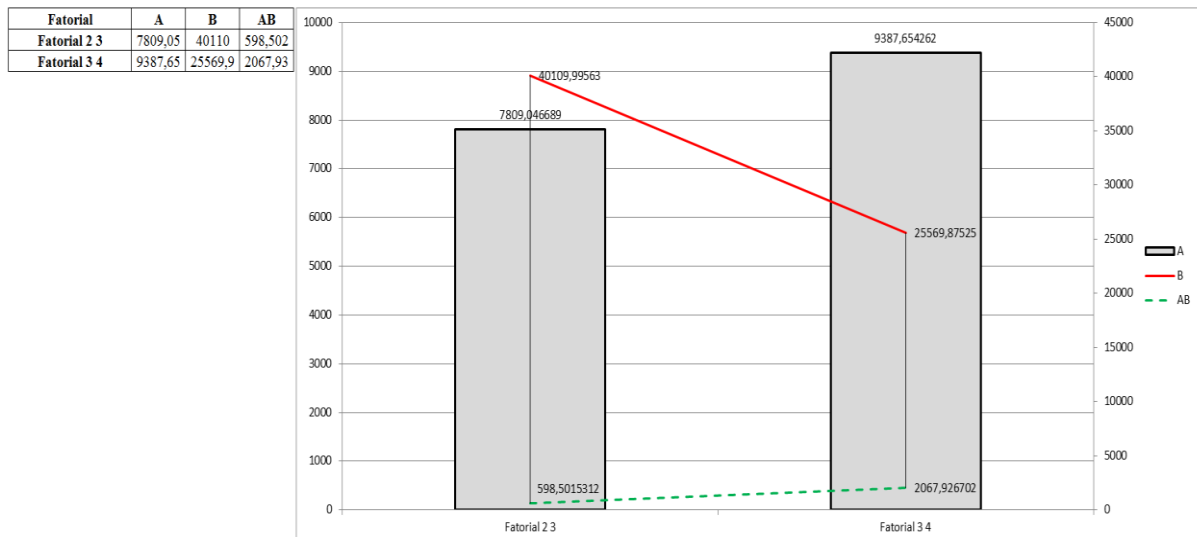
5.4 – Análise quantitativa dos resultados dos cenários 3, 4, 5, 6 e 7

A primeira análise realizada quanto à influência no desempenho do sistema de produção foi realizada com base em dois fatores:

- 1) Roteiro de fabricação do *mix* de produtos (Fator A); e
- 2) *Layout* (Fator B).

Os cenários relacionados: 3 e 4, de acordo com as Figuras 5.3 e 5.4, permite concluir que o roteiro de fabricação apresenta reduzido nível de influência no *lead time* da matéria prima enquanto que o layout um elevado nível de influência no *lead time* da matéria prima de acordo com a Figura 5.2.

Figura 5.2 – Influência do Fator A (roteiro de fabricação) e Fator B (*layout*). Fonte: Próprio autor.



Sistemas de produção do setor têxtil para a fabricação de embalagens de rafia é um sistema de transformação de mão de obra intensiva. No caso é evidente que a movimentação entre os processos de fabricação deve ser a mais eficiente possível na operação e o excedente do tempo de movimentação não possível de redução por problemas de distância entre processos ou velocidade de movimentação, deve ser corrigido com estoques intermediários ou pulmões capazes de manter um fluxo de produção o mais contínuo possível.

No caso do modelo de simulação computacional desenvolvido e apresentado no presente trabalho, além das mudanças propostas, há um número de 20 abastecedores no sistema responsáveis pela movimentação entre os processos a fim de puxar e controlar a fábrica quanto a agilizar o fluxo de produção. A importância, contudo, do recurso mão de obra de abastecimento pode ser verificada pelo número: 20 abastecedores com ocupação superior a 90%.

Figura 5.3 – Análise do nível de influência do roteiro de fabricação e do layout no lead time do sistema de produção – cenários 2 e 3. Fonte: Próprio autor.

Linhas de Produção	Cenário 2 (Layout Atual)													Cenário 3 (Layout 1 alteração)																
	Família 1	8,1117	8,1117	8,1118	8,1117	8,1114	8,1116	8,1116	8,1114	8,1115	8,1118	8,1117	8,1116	8,1115	8,1114	8,1116	3,111	3,111	3,11104	3,111	3,11088	3,11096	3,11096	3,11088	3,11092	3,11104	3,111	3,11096	3,11092	3,11088
Família 2	12,1942	12,7459	12,564	11,7728	12,732	12,1395	12,2194	11,8598	12,6009	12,1382	12,8045	12,2183	12,0473	12,6409	12,7854	12,1083	12,6561	12,4755	11,6899	12,6423	12,054	12,1333	11,7763	12,5121	12,0527	12,7143	12,1322	11,9624	12,5519	12,6953
Família 3	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	8,0559	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541
Família 4 Box ECO 0111	8,0844	8,0843	8,0844	8,0844	8,0844	8,0844	8,0844	8,0844	8,0844	8,0843	8,0844	8,0843	8,0843	8,0844	8,0842	3,0837	3,08366	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837
Família 4 Box INY 0111	8,0676	8,0677	8,0676	8,0676	8,0676	8,0676	8,0677	8,0677	8,0676	8,0677	8,0676	8,0676	8,0676	8,0677	8,0676	3,0671	3,06714	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671
Família 4 Box PR 2249	8,0614	8,0613	8,0614	8,0614	8,0614	8,0614	8,0614	8,0614	8,0614	8,0614	8,0613	8,0614	8,0614	8,0613	3,0608	3,06076	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608
Família 4 Box PR 3369	8,0719	8,0719	8,0719	8,0719	8,0719	8,0719	8,0719	8,0718	8,0719	8,0718	8,0718	8,0719	8,0719	8,0718	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711
Família 4 Lencol ECO 0211	8,0844	8,0844	8,0844	8,0844	8,0845	8,0843	8,0844	8,0843	8,0844	8,0843	8,0844	8,0844	8,0843	8,0844	8,0845	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836	3,08364	3,08356	3,0836	3,08356	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836
Família 4 Lencol ECO 0311	8,0844	8,0844	8,0843	8,0844	8,0844	8,0844	8,0843	8,0845	8,0844	8,0843	8,0844	8,0843	8,0844	8,0843	3,0837	3,0837	3,08366	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837
Família 4 Lencol MEG 0211	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	8,0643	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634
Família 4 Lencol ZE 0211	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	8,0639	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618
Família 5	17,0514	17,051	17,0512	17,0512	17,0516	17,0519	17,051	17,0513	17,0511	17,0513	17,0516	17,0512	17,0518	17,0514	17,0513	12,0509	12,0506	12,0508	12,0508	12,0513	12,0513	12,0506	12,0508	12,0507	12,0508	12,051	12,0508	12,051	12,0508	12,0508
Família 6	17,1451	17,1444	17,1444	17,1451	17,1445	17,1447	17,1449	17,1445	17,1448	17,1454	17,1447	17,1453	17,1444	17,1452	17,1442	12,144	12,1435	12,1435	12,144	12,1436	12,1437	12,1439	12,1436	12,1438	12,1442	12,1437	12,1441	12,1435	12,1441	12,1434
Família 7	9,9165	9,8336	9,8466	11,1718	11,9017	9,9471	9,9572	9,7546	9,531	9,7534	11,4343	9,921	9,4929	9,9733	11,5753	9,8167	9,73463	9,7475	11,0594	11,7819	9,84699	9,50061	9,65643	9,43508	9,65524	11,3192	9,82115	9,39736	9,87293	11,4588
Família 8	10,9067	10,9377	10,8739	10,881	10,8882	10,8495	10,9329	11,0678	10,858	11,0156	10,9315	10,9292	11,0054	11,0437	10,9302	10,9108	10,9418	10,878	10,8851	10,8923	10,8536	10,937	11,072	10,8621	11,0197	10,9356	10,9333	11,0095	11,0479	10,9343
Família 9	6,2445	6,246	6,2455	6,2449	6,244	6,2454	6,2449	6,2443	6,2444	6,2449	6,2454	6,2456	6,2449	6,2445	6,2459	1,2444	1,2447	1,2446	1,24448	1,2443	1,24458	1,24458	1,24436	1,24438	1,24448	1,24458	1,24462	1,24448	1,2444	1,24468
Total	154,208	154,708	154,4755	155,0167	156,712	154,1278	153,9406	153,8719	154,1798	154,0988	156,3614	154,26	153,736	154,849	156,482	89,0154	89,5116	89,2801	89,8139	91,4957	88,9343	88,7503	88,6836	88,9883	88,9075	91,1486	89,0664	88,5486	89,6522	91,2675
α	0,05	Teste A		Teste A		α	a - 1	$(a^*b^*(n - 1))$	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0A} > F _{a(a-1),ab(n-1)}																				
n (réplicas)	15	F _{0A}	7809,05	F $\alpha / a - 1 / (a^*b^*(n - 1))$		0,05	15	448	1,67	o roteiro de fabricação influência o lead time																				
a (roteiros de fab.)	16	F _{a(a-1)/ab(n-1)}	1,67	F _{0A} > F _{a(a-1),ab(n-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : $\tau = 0$ (τ efeito do fator A)																								
b (config. Layout)	2	Teste B		Teste B		α	b - 1	$(a^*b^*(n - 1))$	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0B} > F _{a(a-1),b(n-1)}																				
SS _T	8279,65	F _{0B}	40110	F $\alpha / b - 1 / (a^*b^*(n - 1))$		0,05	1	448	3,92	o layout o lead time																				
SS _A	5818,9	F _{a(a-1)/ab(n-1)}	3,92	F _{0B} > F _{a(a-1),b(n-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : $\beta_j = 0$ (β_j efeito do fator B)																								
SS _B	1992,53	Teste AB		Teste AB		α	(a-1)(b-1)	$(a^*b^*(n - 1))$	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0AB} > F _{a(a-1)(b-1),ab(n-1)}																				
SS _{AB}	445,973	F _{0AB}	598,502	F $\alpha / (a-1)(b-1) / (a^*b^*(n - 1))$		0,05	15	448	1,67	a interação entre esses dois fatores influencia o lead time																				
SS _E	22,2551	F _{a(a-1)(b-1)/ab(n-1)}	1,67	F _{0AB} > F _{a(a-1)(b-1),ab(n-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : $(\tau_{ij}) = 0$ (τ_{ij} efeito do fator AB)																								

Figura 5.4 – Análise do nível de influência do roteiro de fabricação e do layout no lead time do sistema de produção – cenários 3 e 4. Fonte: Próprio autor.

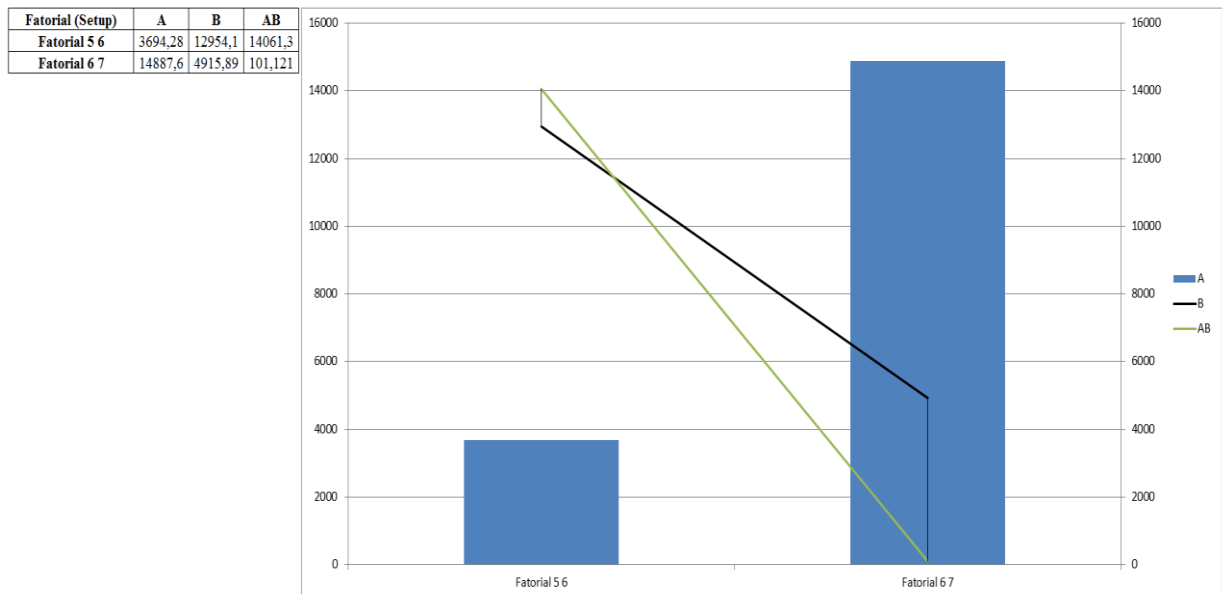
Linhas de Produção	Cenário 3 (Layout 1 alteração)														Cenário 4 (Layout 2 alteração)														Y1	Y1^2		
	3,111	3,111	3,1110384	3,111	3,11088	3,1109616	3,110962	3,1108849	3,110923296	3,111038352	3,111	3,1109616	3,11092	3,11088	3,11096	3,1107	3,1107	3,11074	3,1107	3,11058	3,11066	3,11066	3,11058	3,11062	3,11074	3,1107	3,11066	3,11062			3,11058	3,11066
Familia 1	3,111	3,111	3,1110384	3,111	3,11088	3,1109616	3,110962	3,1108849	3,110923296	3,111038352	3,111	3,1109616	3,11092	3,11088	3,11096	3,1107	3,1107	3,11074	3,1107	3,11058	3,11066	3,11066	3,11058	3,11062	3,11074	3,1107	3,11066	3,11062	3,11058	3,11066	93,3243	8709,43
Familia 2	12,1083	12,6561	12,475495	11,68987	12,6423	12,053985	12,13332	11,776256	12,51213507	12,05269448	12,71430084	12,13223	11,9624	12,5519	12,6953	12,6008	13,1709	12,9829	12,1653	13,1565	12,5443	12,6268	12,2552	13,0211	12,5429	13,2314	12,6257	12,449	13,0624	13,2117	375,804	141228
Familia 3	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	3,0541	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	0,05357	46,615	2172,96
Familia 4 Box ECO 0111	3,0837	3,08366	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,0837	3,083661856	3,0837	3,083661856	3,08366	3,0837	3,08362	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	0,08345	47,507	2256,92
Familia 4 Box INY 0111	3,0671	3,06714	3,0671	3,0671	3,0671	3,0671	3,067138	3,067138	3,0671	3,067138018	3,0671	3,0671	3,0671	3,06714	3,0671	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	0,06683	47,0092	2209,87
Familia 4 Box PR 2249	3,0608	3,06076	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	3,060762031	3,0608	3,0608	3,0608	3,0608	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	0,06052	46,8197	2192,09
Familia 4 Box PR 3369	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,0711	3,071062	3,0711	3,071061953	3,071061953	3,0711	3,0711	3,07106	3,0711	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	0,07093	47,1303	2221,26
Familia 4 Lencol ECO 0211	3,0836	3,0836	3,0836	3,0836	3,08364	3,0835619	3,0836	3,0835619	3,0836	3,0836	3,083561857	3,0836	3,0836	3,0836	3,08364	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	0,08341	47,5052	2256,74
Familia 4 Lencol ECO 0311	3,0837	3,0837	3,0836619	3,0837	3,0837	3,0837	3,083662	3,0837381	3,0837	3,0837	3,083661856	3,0837	3,08366	3,0837	3,08366	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	0,08342	47,5066	2256,88
Familia 4 Lencol MEG 0211	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	3,0634	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	0,06292	46,8948	2199,12
Familia 4 Lencol ZE 0211	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	3,0618	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	0,06136	46,8474	2194,68
Familia 5	12,0509	12,0506	12,050759	12,05076	12,051	12,051253	12,05062	12,050829	12,05068798	12,05082933	12,05104135	12,050759	12,0512	12,0509	12,0508	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	0,05056	181,521	32950
Familia 6	12,144	12,1435	12,143504	12,144	12,1436	12,143717	12,14386	12,143575	12,14378751	12,14421249	12,14371668	12,144142	12,1435	12,1441	12,1434	0,1436	0,14359	0,14359	0,1436	0,14359	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	0,1436	184,31	33970,4
Familia 7	9,8167	9,73463	9,7475035	11,05937	11,7819	9,846992	9,500613	9,6564294	9,435079685	9,655241444	11,31922481	9,8211547	9,39736	9,87293	11,4588	9,7145	9,63329	9,64602	10,9442	11,6593	9,74448	9,4017	9,5559	9,33685	9,55472	11,2014	9,71891	9,29953	9,77014	11,3395	302,624	91581,5
Familia 8	10,9108	10,9418	10,877988	10,88509	10,8923	10,853578	10,93701	11,071961	10,86208169	11,01974094	10,93560932	10,933308	11,0095	11,0479	10,9343	10,7793	10,8099	10,7469	10,7539	10,761	10,7228	10,8052	10,9385	10,7312	10,8869	10,8038	10,8015	10,8768	10,9147	10,8025	326,248	106438
Familia 9	1,2444	1,2447	1,2445993	1,24448	1,2443	1,2445794	1,244579	1,2443601	1,244380072	1,244479712	1,244579351	1,2446192	1,24448	1,2444	1,24468	0,2446	0,24466	0,24464	0,24462	0,24458	0,24464	0,24464	0,24459	0,2446	0,24462	0,24464	0,24462	0,2446	0,24465	22,3369	498,939	
Total	89,0154	89,5116	89,280148	89,81386	91,4957	88,934329	88,75026	88,683595	88,98833716	88,90753672	91,14858191	89,066436	88,5486	89,6522	91,2675	37,2705	37,7901	37,5518	38,0394	39,7526	37,1874	37,0096	36,9254	37,2649	37,1605	39,4126	37,322	36,8012	37,923	39,5296	1910	
α	0,05	Teste A		Teste A		α	a - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela																							
n (réplicas)	15	FOA		9387,65		F $\alpha / a - 1 / (a*b*(n - 1))$	0,05	15	448	1,67	Rejeita-se Ho se FOA > F $_{\alpha(a-1),ab(n-1)}$																					
a (roteiros de fab.)	16	FO/a-1/ab(n-1)		1,67		FOA > F $_{\alpha(a-1),ab(n-1)}$		Rejeita-se a hipótese Ho : $\tau_i = 0$ (τ_i efeito do fator A)			o roteiro de fabricação influencia o lead time																					
b (config. Layout)	2																															
	480	Teste B		Teste B		α	b - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela																							
SSr	9710,27	F α		25569,9		F $\alpha / b - 1 / (a*b*(n - 1))$	0,05	1	448	3,92	Rejeita-se Ho se F α > F $_{\alpha(a-1),ab(n-1)}$																					
SSA	6910,99	FO/b-1/ab(n-1)		3,92		F α > F $_{\alpha(a-1),ab(n-1)}$		Rejeita-se a hipótese Ho : $\beta_j = 0$ (β_j efeito do fator B)			o layout o lead time																					
SSb	1254,93																															
SSAB	1522,36	Teste AB		Teste AB		α	(a-1)(b - 1)	(a*b*(n - 1))	Tabela																							
SSc	21,9872	FOAB		2067,93		F $\alpha / (a-1)(b - 1) / (a*b*(n - 1))$	0,05	15	448	1,46	Rejeita-se Ho se FOAB > F $_{\alpha((a-1)(b-1)),ab(n-1)}$																					
		FO/(a-1)(b-1)/ab(n-1)		1,46		FOAB > F $_{\alpha((a-1)(b-1)),ab(n-1)}$		Rejeita-se a hipótese Ho : $(\tau_i)_j = 0$ ($(\tau_i)_j$ efeito do fator AB)			a interação entre esses dois fatores influencia o lead time																					

Quanto ao *setup* dois fatores foram relacionados:

- 1) *Mix* de cores dos produtos que passam pelo processo de impressão (Fator A); e
- 2) Procedimento do *setup* do processo de impressão (Fator B).

A Figura 5.5 mostra a influência dos dois fatores simultaneamente com elevado impacto no resultado do sistema de produção.

Figura 5.5 – Influência do Fator A (*mix* de cores dos produtos) e Fator B (*setup*). Fonte: Próprio autor.



Processos de fabricação que envolve impressão, de qualquer natureza, gráficas ou embalagens, por exemplo, sempre envolve elevados tempos de *setup* e tamanho do lote de processamento não compatível com o objetivo de redução do *work in process*.

No caso das indústrias de transformação têxteis de embalagem de rafia não é diferente, é fundamental que projetos de melhoria que busquem não somente a redução do tempo de *setup*, mas também definir a melhor forma de realizar o *setup* de modo a se racionalizar o procedimento que traduz o melhor modo de agir dos responsáveis pelo *setup*.

Contudo, a metodologia SMED pode auxiliar nesse processo a partir do princípio fundamental da separação do *setup* externo do *setup* interno o que implica em processo de reorganização do espaço físico no local de instalação da máquina com elevado tempo de *setup*.

As Figuras 5.6 e 5.7 apresentam os resultados do cálculo da influência dos fatores A (*mix* de cores dos produtos que passam pela impressão) e o Fator B (procedimento do *setup*) no processo de impressão.

Figura 5.6 – Análise do nível de influência do *mix* de cores dos produtos e do *setup* no desempenho do sistema de produção – cenários 5 e 6. Fonte: Próprio autor.

Linhas de Produção	Cenário 5 (Setup)															Cenário 6 (Setup)														
	Família 2 1 cor	7,9585	7,69872	8,0719772	8,029494	8,73268	8,6223883	8,806953	7,8679996	8,200178209	8,120650417	7,981101649	8,80085688	8,19858	8,08586	8,32256	3,505	3,39059	3,55498	3,53627	3,84595	3,79738	3,87867	3,46514	3,61144	3,57641	3,51495	3,87598	3,61074	3,56109
Família 2 2 cores	12,7676	12,7774	12,764359	12,141	12,8042	12,315836	12,94379	12,387859	12,24759423	12,63849885	12,97439592	13,184793	12,1701	12,2774	13,471	5,8488	5,8533	5,84732	5,56176	5,86554	5,64185	5,92951	5,67484	5,61059	5,78966	5,94353	6,03991	5,57508	5,62424	6,17102
Família 2 3 cores	5,8844	6,18353	6,0482199	5,994582	6,07547	5,9900269	5,897044	5,8849497	6,040445093	5,970550713	6,156045686	5,89900714	6,01846	6,10838	6,14984	3,3683	3,53953	3,46207	3,43137	3,47767	3,42876	3,37554	3,36861	3,45762	3,41761	3,52379	3,37666	3,44504	3,49651	3,52024
Família 2 4 cores	14,4118	14,2572	13,918975	14,30323	14,0381	14,162628	14,39389	14,610667	14,08925174	14,21664247	14,26115684	14,1402804	14,0892	14,1425	14,0232	7,1905	7,11335	6,94461	7,13633	7,00407	7,06618	7,18156	7,28972	7,02957	7,09313	7,11534	7,05503	7,02953	7,05616	6,99662
Família 2 5 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,6336	11,2644	11,2592	11,3895	11,949	11,7054	11,2772	11,8705	11,0034	11,1986	11,4616	11,7104	10,9127	11,8313	11,2844
Família 2 6 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5385	12,234	12,2646	12,2457	13,0252	12,6283	12,1098	12,6143	11,8971	12,1469	12,3619	12,6201	11,8101	12,7369	12,2744
Família 7 1 cor	10,4274	9,87752	10,11276	10,06839	11,2632	10,736402	9,801447	10,708117	9,530989852	9,788784026	10,22802315	10,761451	9,36849	10,9765	10,0826	3,72	3,52383	3,60775	3,59192	4,01816	3,83024	3,49669	3,82015	3,4002	3,49217	3,64887	3,83917	3,34223	3,91591	3,597
Família 7 2 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4398	5,34818	5,37726	5,29989	5,71465	5,48413	5,23448	5,39479	5,17795	5,30338	5,36704	5,47473	5,14485	5,51955	5,37389
Família 7 3 cores	7,4024	7,54341	7,4555427	7,276471	7,5571	7,3036948	7,287964	7,0806097	7,326109286	7,484477724	7,345915529	7,260333	7,35138	7,2296	7,46777	3,3015	3,36439	3,3252	3,24534	3,3705	3,25748	3,25046	3,15798	3,26747	3,33811	3,27631	3,23814	3,27874	3,22443	3,33065
Família 7 4 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8852	7,03404	6,85937	6,87066	6,75828	6,7653	6,73733	6,69292	6,80836	6,90216	6,65786	6,77037	6,86951	6,8569	6,74552
Família 7 5 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,3346	12,5292	12,6569	11,8351	12,4594	12,1546	12,3803	12,3205	12,2459	12,5467	12,1961	12,2879	12,0273	12,4154	12,6269
Família 7 6 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,4508	12,5351	12,4074	12,3321	12,6754	12,3263	12,3951	12,2769	12,3585	12,6337	12,4798	12,3835	12,5329	12,3592	12,5379
Família 8 1 cor	7,7045	7,89084	7,591388	7,803023	7,25944	7,5389055	7,492676	7,6091032	7,611945203	7,657038431	7,254515062	7,59536681	7,7225	7,82102	7,32386	3,7737	3,86497	3,7183	3,82196	3,55571	3,69259	3,66995	3,72697	3,72837	3,75045	3,5533	3,72025	3,78252	3,83077	3,58726
Família 8 2 cores	12,2251	12,3779	12,776247	11,44285	12,2169	12,031283	12,50461	12,728531	12,17531769	12,51002012	12,04377825	12,3671665	11,7001	12,6706	12,6966	5,4936	5,56226	5,74127	5,14208	5,48993	5,4065	5,6192	5,71983	5,47123	5,62163	5,41212	5,55744	5,25769	5,69379	5,70546
Família 8 3 cores	5,2744	5,29408	5,3162597	5,384337	5,24576	5,3628195	5,28615	5,372293	5,279687545	5,235037162	5,43824047	5,23173245	5,35246	5,31619	5,338	3,3141	3,32647	3,3404	3,38318	3,2961	3,36966	3,32148	3,37561	3,31742	3,28937	3,41705	3,28729	3,36315	3,34036	3,35406
Família 8 4 cores	13,1682	13,0957	12,981798	13,14122	13,368	13,08045	13,25386	13,372769	13,10860963	13,40910497	13,32998422	13,2784785	13,4325	13,2818	13,2362	6,6963	6,65944	6,60151	6,68258	6,79793	6,65168	6,73986	6,80033	6,666	6,81881	6,77857	6,75238	6,83072	6,75409	6,7309
Família 8 5 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,9764	12,0736	12,2939	11,7178	11,9399	11,9818	12,1267	12,3341	11,958	12,0713	12,0736	11,9975	11,8079	12,2421	12,2795
Família 8 6 cores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,0634	12,0527	12,0259	12,1768	12,1222	12,1243	12,1161	12,2691	12,0422	12,1287	12,3249	12,0651	12,2738	12,1632	12,1673
Total	97,2243	96,9963	97,037527	95,5846	98,5609	97,144434	97,66838	97,622899	95,61012848	97,03080488	97,01315678	98,5194657	95,4038	97,9099	98,1117	131,534	131,269	131,288	129,401	133,366	131,313	130,84	132,172	129,051	131,119	131,107	132,052	128,894	132,622	131,948
α	0,05	Teste A		Teste A		α	a - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0A} > F _{α(a-1)(b-1)}																				
n (réplicas)	15	F _{0A}	3694,28	F α / a - 1 / (a*b*(n - 1))		0,05	17	504	1,67	o mix de cores influencia o setup																				
a (família e cores)	18	F _{0(a-1)/ab(n-1)}	1,67	F _{0A} > F _{α(a-1)(b-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : π = 0 (π efeito do fator A)																								
b (setup cenário)	2	Teste B		Teste B		α	b - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0B} > F _{α(b-1)(a-1)}																				
SS _T	11748,5	F _{0B}	12954,1	F α / b - 1 / (a*b*(n - 1))		0,05	1	504	3,92	o procedimento influencia o setup																				
SS _A	2340,09	F _{0(b-1)/ab(n-1)}	3,92	F _{0B} > F _{α(b-1)(a-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : β _j = 0 (β _j efeito do fator B)																								
SS _B	482,681	Teste AB		Teste AB		α	(a-1)(b - 1)	(a*b*(n - 1))	Tabela	Rejeita-se H ₀ se F _{0AB} > F _{α(a-1)(b-1)(a-1)}																				
SS _{AB}	8906,92	F _{0AB}	14061,3	F α / (a-1)(b - 1) / (a*b*(n - 1))		0,05	17	504	1,67	a interação entre esses dois fatores influencia o setup																				
SS _E	18,7795	F _{0((a-1)(b-1)/ab(n-1))}	1,67	F _{0AB} > F _{α(a-1)(b-1)(a-1)}		Rejeita-se a hipótese H ₀ : (τ _{ij}) = 0 ((τ _{ij}) efeito do fator AB)																								

Figura 5.7 – Análise do nível de influência do *mix* de cores dos produtos e do *setup* no desempenho do sistema de produção – cenários 6 e 7. Fonte: Próprio autor.

Linhas de Produção	Cenário 6 (Setup)														Cenário 7 (Setup)															
	Família 2 1 cor	3,505	3,39059	3,5549764	3,536266	3,84595	3,7973828	3,878667	3,4651428	3,611437409	3,576412604	3,514953984	3,87598208	3,61074	3,56109	3,66534	3,1569	3,05385	3,20191	3,18506	3,46399	3,42024	3,49346	3,121	3,25277	3,22122	3,16587	3,49104	3,25213	3,20742
Família 2 2 cores	5,8488	5,8533	5,8473153	5,561757	5,86554	5,6418482	5,92951	5,6748417	5,610586889	5,789659141	5,943532603	6,03991488	5,57508	5,62424	6,17102	4,8455	4,84922	4,84427	4,6077	4,85937	4,67405	4,91237	4,70138	4,64815	4,7965	4,92398	5,00383	4,61873	4,65946	5,11245
Família 2 3 cores	3,3683	3,35953	3,4620724	3,431369	3,47767	3,4287621	3,375537	3,3686147	3,457622053	3,417613685	3,523793196	3,3766613	3,44504	3,49651	3,52024	2,8817	3,02819	2,96193	2,93566	2,97527	2,93343	2,88789	2,88197	2,95812	2,92389	3,01473	2,88885	2,94735	2,99139	3,01169
Família 2 4 cores	7,1905	7,11335	6,9446142	7,13633	7,00407	7,0661803	7,181562	7,289721	7,029570536	7,093129774	7,115339395	7,05503034	7,02953	7,05616	6,99662	5,8803	5,81721	5,67922	5,836	5,72784	5,77863	5,87299	5,96144	5,74869	5,80067	5,81883	5,76951	5,74866	5,77044	5,72175
Família 2 5 cores	11,6336	11,2644	11,259171	11,38951	11,949	11,705404	11,27719	11,87046	11,00336345	11,19858749	11,46157837	11,7103573	10,9127	11,8313	11,2844	10,7838	10,4416	10,4367	10,5575	11,0762	10,8504	10,4534	11,0034	10,1996	10,3806	10,6243	10,855	10,1155	10,967	10,4601
Família 2 6 cores	12,5385	12,234	12,264642	12,24571	13,0252	12,628287	12,1098	12,614264	11,89709101	12,14685501	12,36194451	12,6201246	11,8101	12,7369	12,2744	10,8754	10,6113	10,6379	10,6214	11,2976	10,9533	10,5036	10,9411	10,3191	10,5357	10,7223	10,9462	10,2436	11,0475	10,6463
Família 7 1 cor	3,72	3,52383	3,6077514	3,591923	4,01816	3,8302371	3,49669	3,8201466	3,400203526	3,492172217	3,64887183	3,83917348	3,34223	3,91591	3,597	3,3157	3,14085	3,21565	3,20154	3,58146	3,41396	3,11666	3,40496	3,03066	3,11263	3,2523	3,42192	2,97899	3,49032	3,20607
Família 7 2 cores	5,4398	5,34818	5,3772552	5,299885	5,71465	5,4841328	5,234478	5,3947858	5,177947047	5,303380588	5,367039852	5,47473402	5,14485	5,51955	5,37389	5,2611	5,17249	5,20061	5,12578	5,52692	5,30398	5,06252	5,21756	5,00785	5,12916	5,19073	5,29489	4,97583	5,33823	5,19735
Família 7 3 cores	3,3015	3,36439	3,3252018	3,245335	3,3705	3,2574771	3,250461	3,1579802	3,267474036	3,338106993	3,2763077	3,23813755	3,27874	3,22443	3,33065	2,7835	2,83652	2,80348	2,73615	2,84167	2,74638	2,74047	2,6625	2,75481	2,81436	2,76226	2,73008	2,76431	2,71852	2,80808
Família 7 4 cores	6,8852	7,03404	6,859373	6,870658	6,75828	6,7653031	6,73733	6,6929203	6,808363591	6,902164266	6,657864359	6,7703656	6,86951	6,8569	6,74552	5,9625	6,09139	5,94013	5,94991	5,85259	5,85867	5,83445	5,79599	5,89596	5,97719	5,76563	5,86305	5,94892	5,938	5,84154
Família 7 5 cores	12,3346	12,5292	12,656918	11,83505	12,4594	12,154588	12,38026	12,320471	12,24592438	12,54671902	12,19606711	12,2879066	12,0273	12,4154	12,6269	10,5357	10,7019	10,811	10,109	10,6423	10,3819	10,5747	10,5236	10,46	10,7169	10,4174	10,4958	10,2732	10,6047	10,7854
Família 7 6 cores	12,4508	12,5351	12,40737	12,33214	12,6754	12,326304	12,39506	12,276887	12,35846775	12,63371743	12,47978183	12,3834573	12,5329	12,3592	12,5379	10,8844	10,9581	10,8464	10,7807	11,0807	10,7756	10,8357	10,7324	10,8037	11,0443	10,9097	10,8255	10,9561	10,8043	10,9606
Família 8 1 cor	3,7737	3,86497	3,7182972	3,821957	3,55571	3,6925911	3,669947	3,7269742	3,728366229	3,750453102	3,553295281	3,72024606	3,78252	3,83077	3,58726	3,1693	3,24595	3,12277	3,20983	2,98622	3,10118	3,08216	3,13006	3,13123	3,14978	2,9842	3,12441	3,1767	3,21723	3,01272
Família 8 2 cores	5,4936	5,56226	5,7412694	5,142079	5,48993	5,4065046	5,619203	5,7198271	5,471229294	5,621634715	5,412119344	5,55744051	5,25769	5,69379	5,70546	4,985	5,0473	5,20974	4,66602	4,98167	4,90597	5,09897	5,19028	4,9647	5,10118	4,91106	5,04293	4,77093	5,16665	5,17724
Família 8 3 cores	3,3141	3,32647	3,340402	3,383177	3,2961	3,3696572	3,321483	3,3756098	3,31742236	3,289366877	3,417047009	3,36315	3,34036	3,35406	2,739	2,74922	2,76074	2,79609	2,72413	2,78492	2,7451	2,78984	2,74175	2,71856	2,82408	2,71684	2,77954	2,7607	2,77203	
Família 8 4 cores	6,6963	6,65944	6,601511	6,682581	6,79793	6,6516771	6,73986	6,8003277	6,665997074	6,818805123	6,778570597	6,75237889	6,83072	6,75409	6,7309	6,0478	6,01451	5,96219	6,03541	6,13958	6,0075	6,08714	6,14175	6,02043	6,15844	6,1221	6,09845	6,1692	6,09999	6,07905
Família 8 5 cores	11,9764	12,0736	12,293892	11,71805	11,9399	11,981849	12,12665	12,334136	11,95801834	12,07127201	12,07359696	11,9975463	11,8079	12,2421	12,2795	9,8835	9,9637	10,1455	9,67029	9,85336	9,888	10,0075	10,1787	9,86833	9,96179	9,96371	9,90095	9,74443	10,1027	10,1337
Família 8 6 cores	12,0634	12,0527	12,025889	12,17676	12,1222	12,124321	12,11607	12,269052	12,04215134	12,12873206	12,32487007	12,0651194	12,2738	12,1632	12,1673	10,5114	10,5021	10,4787	10,6102	10,5626	10,5645	10,5573	10,6906	10,4929	10,5683	10,7392	10,5129	10,6947	10,5984	10,6019
Total	131,534	131,269	131,28792	129,4005	133,366	131,31251	130,8398	132,17216	129,0512363	131,1187821	131,106574	132,051867	128,894	132,622	131,948	114,503	114,225	114,259	112,634	116,173	114,343	113,866	115,069	112,299	114,111	114,112	114,982	112,159	115,483	114,829
α	0,05	Teste A		Teste A		α	a - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela																					
n (réplicas)	15	F _{0a}	14887,6	F α / a - 1 / (a*b*(n - 1))		0,05	17	504	1,67	Rejeita-se H ₀ se F _{0a} > F _{a(a-1),ab(n-1)}																				
a (família e cores)	18	F _{0(a-1)/ab(n-1)}	1,67	F _{0a} > F _{a(a-1),ab(n-1)}		Rejeita-se a hipóteses H ₀ : $\tau_i = 0$ (τ_i efeito do fator A)				o mix de cores influencia o setup																				
b (setup cenário)	2	Teste B		Teste B		α	b - 1	(a*b*(n - 1))	Tabela																					
SSr	6370,75	F _{0b}	4915,89	F α / b - 1 / (a*b*(n - 1))		0,05	1	504	3,92	Rejeita-se H ₀ se F _{0b} > F _{a,b-1,ab(n-1)}																				
SSa	6195,98	F _{0(b-1)/ab(n-1)}	3,92	F _{0b} > F _{a,b-1,ab(n-1)}		Rejeita-se a hipóteses H ₀ : $\beta_j = 0$ (β_j efeito do fator B)				o procedimento influencia o setup																				
SSs	120,348	Teste AB		Teste AB		α	(a-1)(b-1)	(a*b*(n - 1))	Tabela																					
SSAB	42,0849	F _{0AB}	101,121	F α / (a-1)(b-1) / (a*b*(n - 1))		0,05	17	504	1,67	Rejeita-se H ₀ se F _{0AB} > F _{a(a-1),b(b-1),ab(n-1)}																				
SSe	12,3387	F _{0((a-1)(b-1)/ab(n-1))}	1,67	F _{0AB} > F _{a(a-1),b(b-1),ab(n-1)}		Rejeita-se a hipóteses H ₀ : (τ_i) _{ij} = 0 ((τ_i) _{ij} efeito do fator AB)				a interação entre esses dois fatores influencia o setup																				

A segunda análise da influência da mudança de *layout* e do procedimento do *setup* no processo de impressão foi realizada a partir das cartas de controle e do uso do ANOVA a fim de validar as análises realizadas anteriormente.

A Figura 5.9 mostra a carta de controle referente à alteração do *layout* de acordo com os dados indicados por **TT_C2**, **TT_C3** e **TT_C4**.

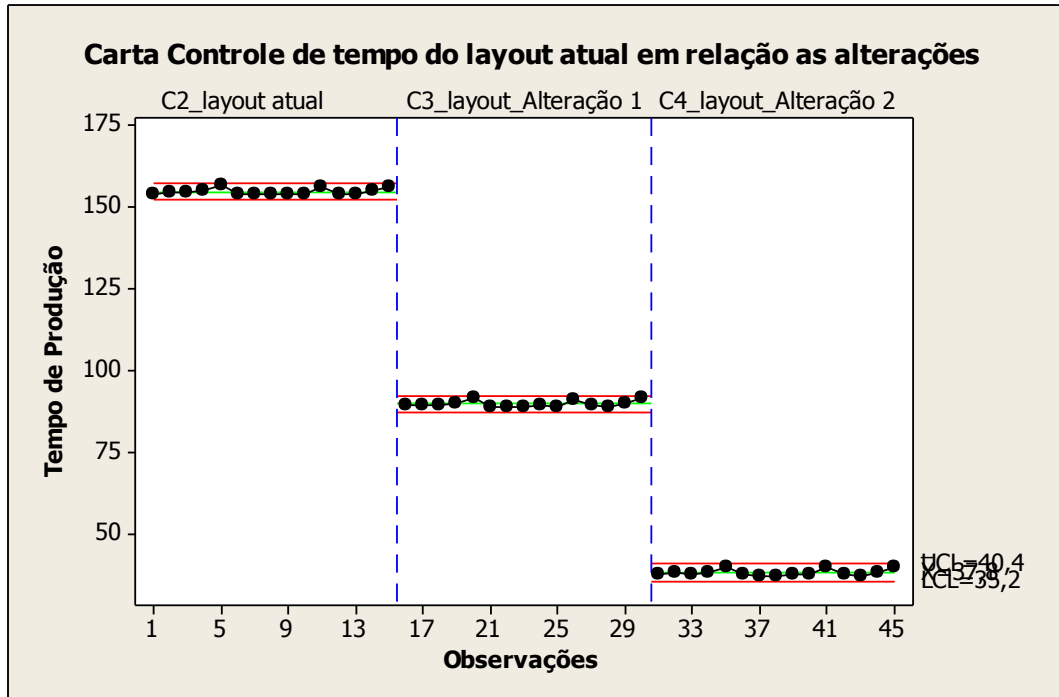
Cartas Controles

Alteração de *Layout*

TT_C2	TT_C3	TT_C4
154,208	89,0154	37,2705
154,708	89,5116	37,7901
154,476	89,2801	37,5518
155,017	89,8139	38,0394
156,712	91,4957	39,7526
154,128	88,9343	37,1874
153,941	88,7503	37,0096
153,872	88,6836	36,9254
154,180	88,9883	37,2649
154,099	88,9075	37,1605
156,361	91,1486	39,4126
154,260	89,0664	37,3220
153,736	88,5486	36,8012
154,849	89,6522	37,9230
156,482	91,2675	39,5296

De acordo com a Figura 5.8 houve uma redução significativa do tempo de produção (*lead time*) a partir das alterações do *layout* propostas indicando como esperado um alto grau de influência do fator *layout* no tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção.

Figura 5.8 – Carta de controle de tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção de acordo com os dados do *layout* atual em relação às três alterações do *layout*. Fonte: Próprio autor.

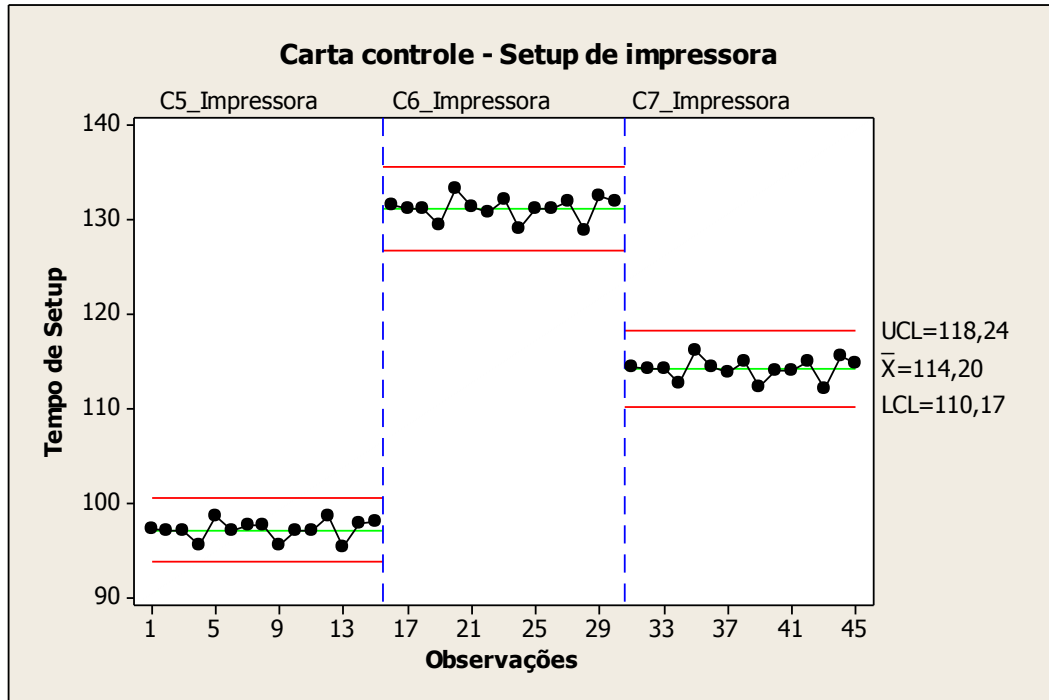


A análise da carta de controle do *setup* na impressora é demonstrada pela Figura 5.9 de acordo os dados dos cenários 5, 6 e 7.

Setup de Impressora

TT_C5	TT_C6	TT_C7
97,2243	131,534	114,503
96,9963	131,269	114,225
97,0375	131,288	114,259
95,5846	129,401	112,634
98,5609	133,366	116,173
97,1444	131,313	114,343
97,6684	130,840	113,866
97,6229	132,172	115,069
95,6101	129,051	112,299
97,0308	131,119	114,111
97,0132	131,107	114,112
98,5195	132,052	114,982
95,4038	128,894	112,159
97,9099	132,622	115,483
98,1117	131,948	114,829

Figura 5.9 – Carta de controle de tempo de *setup* atual em relação às três alterações com redução do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.



Os dados demonstrados a seguir é resultado da análise “A nova”, demonstrados graficamente de acordo com as Figuras 5.10 e 5.11.

A nova

One-way ANOVA: TT_C2; TT_C3; TT_C4; TT_C5; TT_C6; TT_C7

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	5	120850,8	24170,2	21446,56	0,000
Error	84	94,7	1,1		
Total	89	120945,5			

S = 1,062 R-Sq = 99,92% R-Sq(adj) = 99,92%

Como p value é menor que 0,005, a relação entre os cenários são verdadeiras, 99,92% dos resultados estão dentro desta hipótese.

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
TT_C2	15	154,74	0,99
TT_C3	15	89,54	0,98
TT_C4	15	37,80	0,98
TT_C5	15	97,16	0,99
TT_C6	15	131,20	1,26
TT_C7	15	114,20	1,13

Pooled StDev = 1,06

Grouping Information Using Fisher Method

	N	Mean	Grouping
TT_C2	15	154,74	A

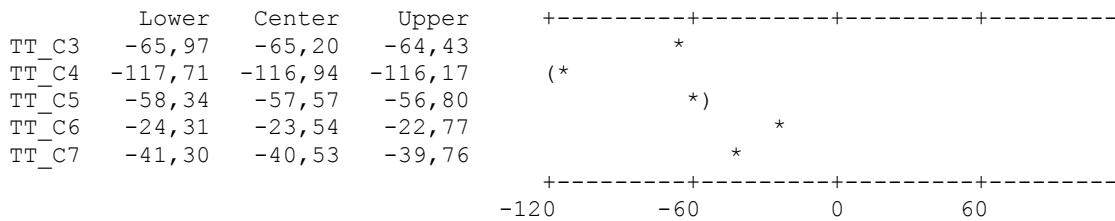
TT_C6	15	131,20	B
TT_C7	15	114,20	C
TT_C5	15	97,16	D
TT_C3	15	89,54	E
TT_C4	15	37,80	F

Means that do not share a letter are significantly different.

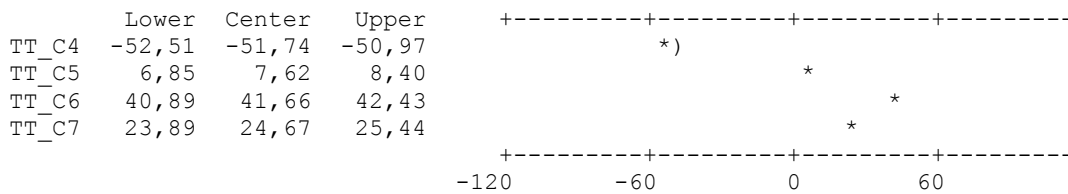
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 64,25%

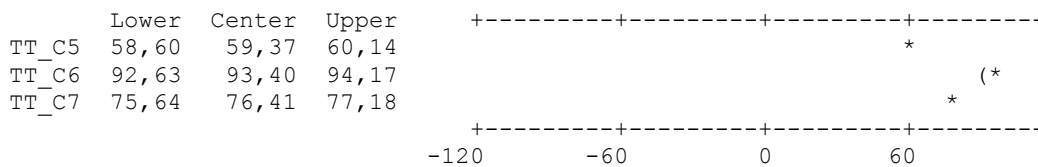
TT_C2 subtracted from:



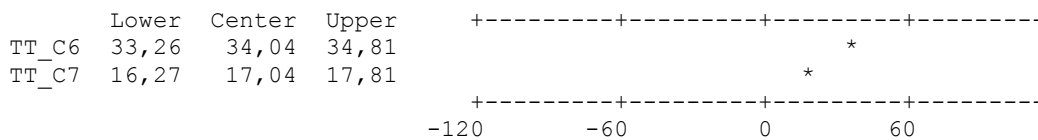
TT_C3 subtracted from:



TT_C4 subtracted from:



TT_C5 subtracted from:



TT_C6 subtracted from:

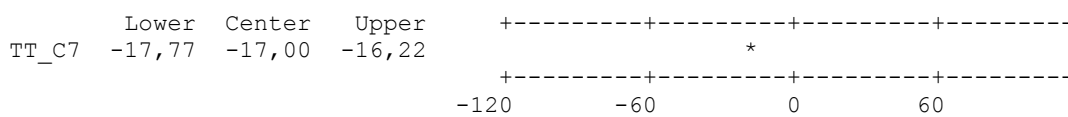


Figura 5.10 – *Residual Plots*: tempo de *setup* atual em relação às três alterações com redução do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.

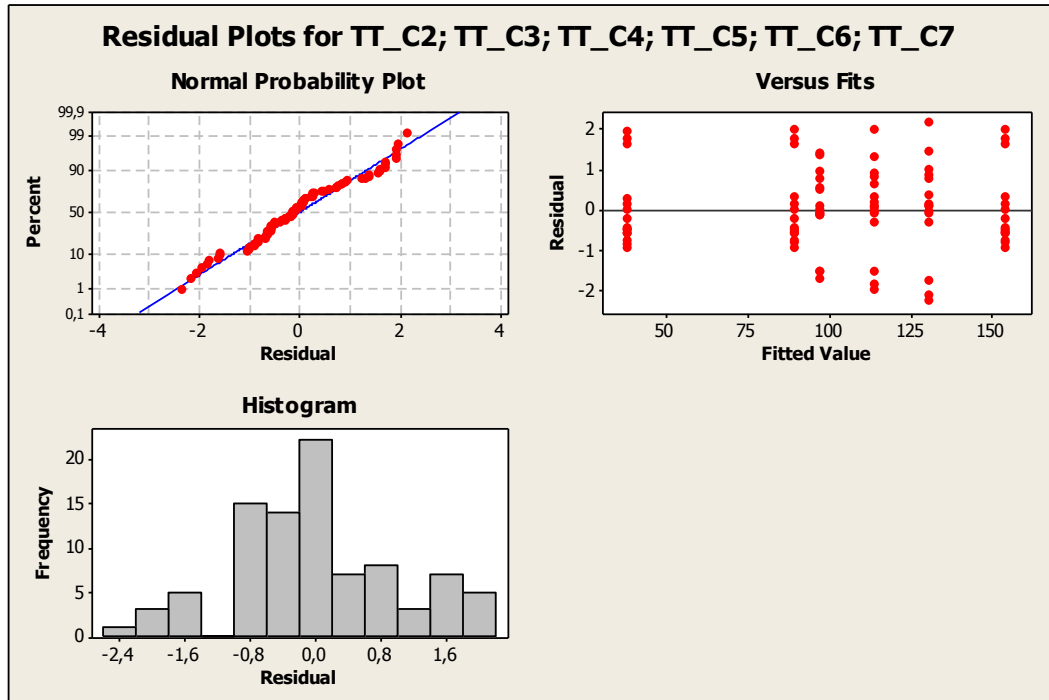
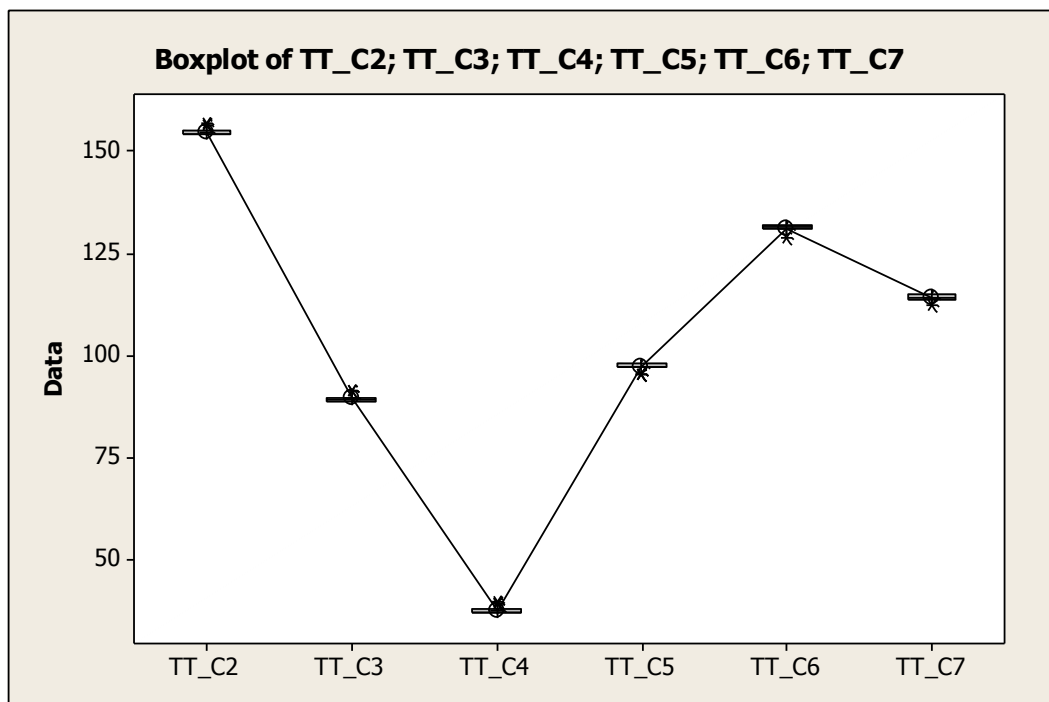


Figura 5.11 – *Boxplot*: tempo de *setup* atual em relação às três alterações com redução do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.



De acordo com as Figuras 5.12 e 5.13 não existe correlação entre os cenários de *layout* e *setup*! = $p > 0,005$.

Quanto à correlação entre os fatores: Como *p value* é menor que 0,005, a relação entre a última alteração de *layout* (C4) e o primeiro tempo de *setup* da impressora são verdadeiros, 99,90% dos resultados estão dentro desta hipótese. A Figura 5.11, de acordo com os dados relacionados abaixo, mostra os dados relacionados à correlação entre os fatores *layout* e *setup*.

Correlations: TT_C4; TT_C5

Pearson correlation of TT_C4 and TT_C5 = 0,372
P-Value = 0,172

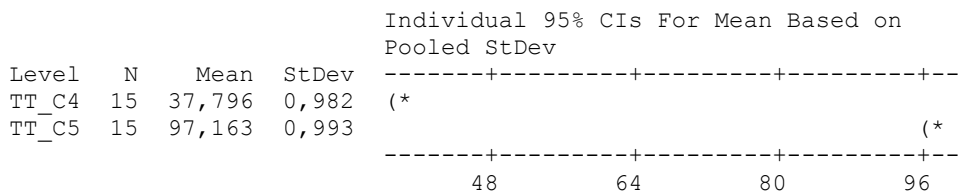
Correlations: TT_C4; TT_C7

Pearson correlation of TT_C4 and TT_C7 = 0,424
P-Value = 0,116

One-way ANOVA: TT_C4; TT_C5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	26432,87	26432,87	27101,69	0,000
Error	28	27,31	0,98		
Total	29	26460,18			

S = 0,9876 R-Sq = 99,90% R-Sq(adj) = 99,89%



Pooled StDev = 0,988

Grouping Information Using Fisher Method

	N	Mean	Grouping
TT_C5	15	97,163	A
TT_C4	15	37,796	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Simultaneous confidence level = 95,00%

TT_C4 subtracted from:

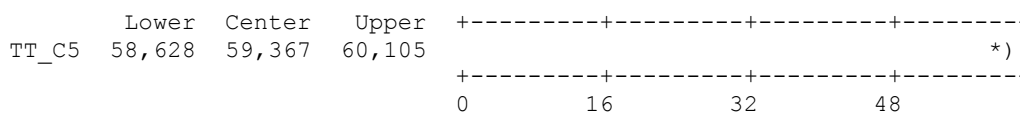


Figura 5.12 – *Residual Plots*: tempo de *setup* atual em relação às três alterações com redução do tempo de *setup*.
 Fonte: Próprio autor.

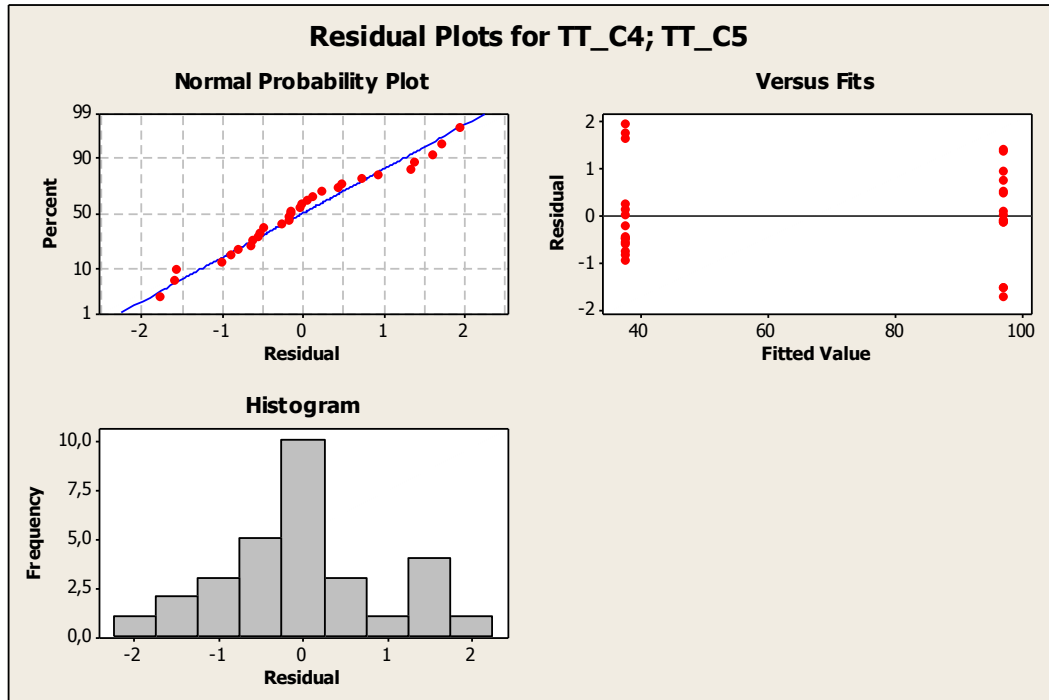
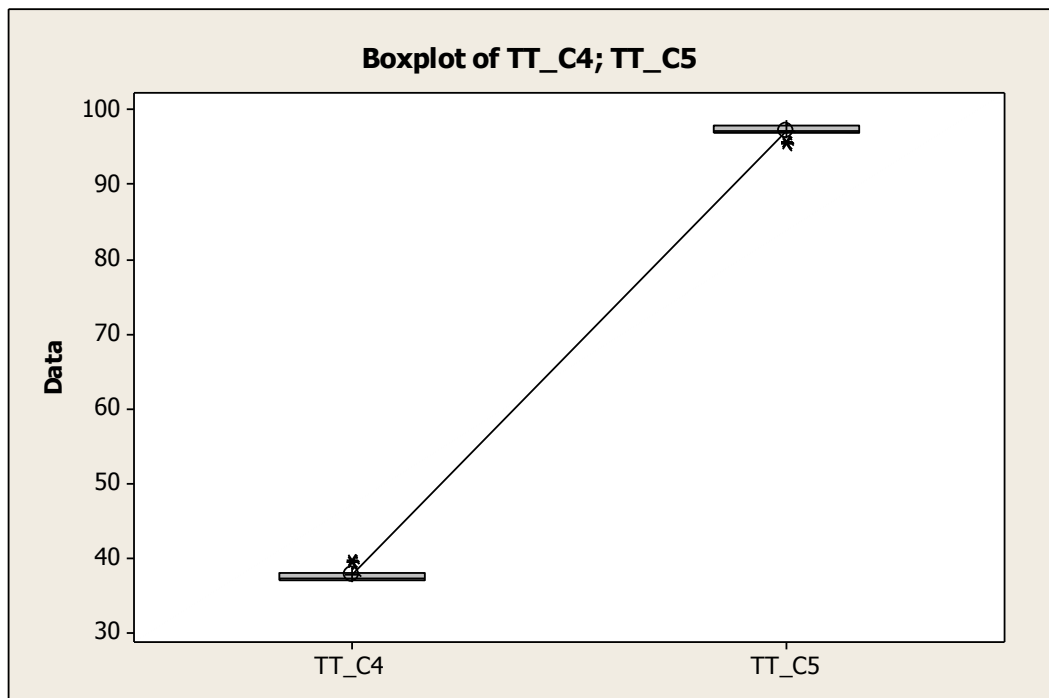


Figura 5.13 – *Boxplot*: tempo de *setup* atual em relação às três alterações com redução do tempo de *setup*. Fonte: Próprio autor.



De acordo com os resultados é conclusivo que há influência do *layout* e do tempo de *setup* no tempo de permanência da matéria prima no sistema de produção.

5.5 – Tamanho do lote do processo de impressão – cenários 11, 12, 13 e 14

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 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% 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 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.

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.

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.

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.

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.

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 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.

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.

As Figuras 5.14 e 5.15, após as análises realizadas até o cenário 14, indicam o dimensionamento do estoque de segurança indicado nos mapas do estado futuro.

Figura 5.14 – Dados do dimensionamento do estoque. Fonte: Próprio autor.

Familia	Quantidade (mensal) MFV	%	Quantidade (mensal) - simulação Cenário 2	%	Quantidade (mensal) - simulação Cenário 14	%
Familia 1	100452,50 unidades	10,394%	8907,10 unidades	1,075%	71271,87 unidades	4,433%
Familia 2	204778,00 unidades	21,190%	67935,48 unidades	8,202%	253625,81 unidades	15,776%
Familia 3	4903,00 unidades	0,507%	173612,90 unidades	20,961%	350411,23 unidades	21,796%
Familia 4 Box ECO 0111	5865,25 unidades	0,607%	17300,90 unidades	2,089%	11896,26 unidades	0,740%
Familia 4 Box INY 0111	17919,00 unidades	1,854%	51932,90 unidades	6,270%	35703,87 unidades	2,221%
Familia 4 Box PR 2249	15894,47 unidades	1,645%	51948,00 unidades	6,272%	35718,97 unidades	2,222%
Familia 4 Box PR 3369	10895,34 unidades	1,127%	41546,32 unidades	5,016%	28381,94 unidades	1,765%
Familia 4 Lencol ECO 0211	7405,43 unidades	0,766%	17300,90 unidades	2,089%	11896,26 unidades	0,740%
Familia 4 Lencol ECO 0311	8100,63 unidades	0,838%	17300,90 unidades	2,089%	11896,26 unidades	0,740%
Familia 4 Lencol MEG 0211	44705,98 unidades	4,626%	103880,90 unidades	12,542%	71407,74 unidades	4,442%
Familia 4 Lencol ZE 0211	29866,97 unidades	3,091%	172405,16 unidades	20,815%	117804,91 unidades	7,328%
Familia 5	31953,29 unidades	3,306%	694,45 unidades	0,084%	31854,19 unidades	1,981%
Familia 6	31324,79 unidades	3,241%	2732,52 unidades	0,330%	31325,81 unidades	1,948%
Familia 7	166667,00 unidades	17,246%	22645,16 unidades	2,734%	253625,81 unidades	15,776%
Familia 8	244503,00 unidades	25,300%	75483,87 unidades	9,114%	259664,52 unidades	16,151%
Familia 9	41170,00 unidades	4,260%	2626,84 unidades	0,317%	31205,03 unidades	1,941%
Total	966404,56 unidades	100,000%	828254,32 unidades	100,000%	1607690,46 unidades	100,000%

Familia	Quantidade (mensal) MFV	%	Quantidade (mensal) - simulação Cenário 2	%	Quantidade (mensal) - simulação Cenário 14	%
Familia 1	43076,93 kg	34,357%	3819,62 kg	4,474%	30563,43 kg	17,552%
Familia 2	16382,24 kg	13,066%	5434,84 kg	6,367%	20290,06 kg	11,652%
Familia 3	355,57 kg	0,284%	12590,41 kg	14,749%	25411,82 kg	14,594%
Familia 4 Box ECO 0111	467,60 kg	0,373%	1379,29 kg	1,616%	948,41 kg	0,545%
Familia 4 Box INY 0111	1400,00 kg	1,117%	4057,48 kg	4,753%	2789,52 kg	1,602%
Familia 4 Box PR 2249	1587,60 kg	1,266%	5188,76 kg	6,078%	3567,75 kg	2,049%
Familia 4 Box PR 3369	933,80 kg	0,745%	3560,78 kg	4,171%	2432,51 kg	1,397%
Familia 4 Lencol ECO 0211	467,60 kg	0,373%	1092,43 kg	1,280%	751,16 kg	0,431%
Familia 4 Lencol ECO 0311	467,60 kg	0,373%	998,68 kg	1,170%	686,70 kg	0,394%
Familia 4 Lencol MEG 0211	2800,00 kg	2,233%	6506,22 kg	7,622%	4472,38 kg	2,568%
Familia 4 Lencol ZE 0211	5133,80 kg	4,095%	29634,53 kg	34,715%	20249,36 kg	11,629%
Familia 5	2471,59 kg	1,971%	53,72 kg	0,063%	2463,92 kg	1,415%
Familia 6	3392,16 kg	2,705%	295,90 kg	0,347%	3392,27 kg	1,948%
Familia 7	16666,70 kg	13,293%	2264,52 kg	2,653%	25362,58 kg	14,565%
Familia 8	26895,33 kg	21,451%	8303,23 kg	9,727%	28563,10 kg	16,403%
Familia 9	2881,90 kg	2,299%	183,88 kg	0,215%	2184,35 kg	1,254%
Total	125380,41 kg	34,357%	85364,29 kg	4,474%	174129,33 kg	17,552%
	125,38 tonelada		85,36 tonelada		174,13 tonelada	

quantidade MFV	metros quadrados por unid. MFV	unidades cenário 2	met quad. cenário 2	quantidade cenário 2	unidades cenário 14	met quad. cenário 14	quantidade cenário 14
122 unidades	909 met. quad.	8907 embalagem	9842 met. quad.	11 unidades	71272 embalagem	78755 met. quad.	87 unidades
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
334 unidades	19 met. quad.	17301 embalagem	19117 met. quad.	985 unidades	11896 embalagem	13145 met. quad.	677 unidades
1000 unidades	20 met. quad.	51933 embalagem	57386 met. quad.	2898 unidades	35704 embalagem	39453 met. quad.	1993 unidades
1134 unidades	15 met. quad.	51948 embalagem	57403 met. quad.	3706 unidades	35719 embalagem	39469 met. quad.	2548 unidades
667 unidades	18 met. quad.	41546 embalagem	45909 met. quad.	2543 unidades	28382 embalagem	31362 met. quad.	1738 unidades
334 unidades	25 met. quad.	17301 embalagem	19117 met. quad.	780 unidades	11896 embalagem	13145 met. quad.	537 unidades
334 unidades	27 met. quad.	17301 embalagem	19117 met. quad.	713 unidades	11896 embalagem	13145 met. quad.	490 unidades
2000 unidades	25 met. quad.	103881 embalagem	114788 met. quad.	4647 unidades	71408 embalagem	78906 met. quad.	3195 unidades
3667 unidades	9 met. quad.	172405 embalagem	190508 met. quad.	21168 unidades	117805 embalagem	130174 met. quad.	14464 unidades
8 unidades	4200 met. quad.	694 embalagem	767 met. quad.	0,18 unidades	31854 embalagem	35199 met. quad.	8 unidades
12 unidades	3000 met. quad.	2733 embalagem	3019 met. quad.	1,01 unidades	31326 embalagem	34615 met. quad.	12 unidades
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Familia	Quantidade (mensal) Cenário 14 - MP	%	peso unitário	MP com produção adicional	Abastecimento quinzenal	peso unitário
Familia 1	36493,55 kg	18,640%	352,80 kg	40993,48 kg	20496,74 kg	18,640%
Familia 2	22465,21 kg	11,475%	0,08 kg	25235,33 kg	12617,67 kg	11,475%
Familia 3	25454,52 kg	13,001%	0,07 kg	28593,25 kg	14296,62 kg	13,001%
Familia 4 Box ECO 0111	1131,36 kg	0,578%	0,28 kg	1270,86 kg	635,43 kg	0,578%
Familia 4 Box INY 0111	3325,01 kg	1,698%	0,28 kg	3735,01 kg	1867,51 kg	1,698%
Familia 4 Box PR 2249	4250,83 kg	2,171%	0,28 kg	4774,99 kg	2387,50 kg	2,171%
Familia 4 Box PR 3369	2899,61 kg	1,481%	0,28 kg	3257,15 kg	1628,57 kg	1,481%
Familia 4 Lencol ECO 0211	896,06 kg	0,458%	0,28 kg	1006,55 kg	503,27 kg	0,458%
Familia 4 Lencol ECO 0311	819,16 kg	0,418%	0,28 kg	920,17 kg	460,08 kg	0,418%
Familia 4 Lencol MEG 0211	5329,98 kg	2,722%	0,28 kg	5987,21 kg	2993,60 kg	2,722%
Familia 4 Lencol ZE 0211	24133,20 kg	12,326%	0,28 kg	27109,00 kg	13554,50 kg	12,326%
Familia 5	2935,69 kg	1,499%	294,00 kg	3297,68 kg	1648,84 kg	1,499%
Familia 6	4056,01 kg	2,072%	294,00 kg	4556,15 kg	2278,07 kg	2,072%
Familia 7	28081,51 kg	14,343%	0,10 kg	31544,17 kg	15772,08 kg	14,343%
Familia 8	30889,66 kg	15,777%	0,11 kg	34698,58 kg	17349,29 kg	15,777%
Familia 9	2621,86 kg	1,339%	0,07 kg	2945,15 kg	1472,58 kg	1,339%
Total	195783,22 kg	100,000%		219924,72 kg	109962,36 kg	100,000%
	195,78 tonelada			219,92 tonelada	109,96 tonelada	

embalagem padrão				
Familia	Produto	largura	comprimento	metros quadrados
2	AGR 0411	65 cm	85 cm	1,105

Figura 5.15 – Dados do dimensionamento do estoque. Fonte: Próprio autor.

operação para estoque							
Recurso	dia	horas trabalhadas	taxa de produção	produção esperada (dia)	produção esperada (mês)	% (total)	estoque
Extrusora	domingo	14	59,00 unid. por min.	49560 unid.	198240 unid.	100%	198240 unid.
Tecelagem	-----	3	279,92 unid. por min.	49560 unid.	198240 unid.	100%	198240,0242 unid.
Laminadora	-----	9	60,00 unid. por min.	31808 unid.	127230 unid.	64,18%	-----
Impressão	-----	4	111,25 unid. por min.	23645 unid.	94580 unid.	47,71%	-----
Corte & Costura	-----	5	124,71 unid. por min.	35411 unid.	141643 unid.	71,45%	-----
Corte Leñol Box	-----	9	60,00 unid. por min.	31808 unid.	127230 unid.	20,20%	-----
Operação manual de costura	-----	9	60,00 unid. por min.	31808 unid.	127230 unid.	20,20%	-----

Cenário 14															
Familia	Cenário 14		Kg	Cenário 14			Cenário 2		MFV		produção adicional	%	Kg	Estoque extrusão tecelagem	Estoque tecelagem laminadora
	%	Produção		%	Work in Process	Kg	%	Produção	%	Produção					
Familia 1	4,4%	87 embalagem	30563	0,019%	17 embalagem	5930 kg	10,4%	11 embalagem	1,1%	122 embalagem	11 unidades	12%	3769	3063 kg	2 bobinas
Familia 2	15,8%	253626 embalagem	20290	31,142%	27189 embalagem	2175 kg	21,2%	67935 embalagem	8,2%	204778 embalagem	31274 unidades	12%	2502	1969 kg	2 bobinas
Familia 3	21,8%	350411 embalagem	25412	0,674%	589 embalagem	43 kg	0,5%	173613 embalagem	21,0%	4903 embalagem	43208 unidades	12%	3133	2650 kg	2 bobinas
Familia 4 Box ECO 0111	0,7%	677 embalagem	948	0,150%	131 embalagem	37 kg	0,6%	985 embalagem	2,1%	334 embalagem	84 unidades	12%	117	117 kg	0 bobinas
Familia 4 Box INY 0111	2,2%	1993 embalagem	2790	0,438%	382 embalagem	107 kg	1,9%	2898 embalagem	6,3%	1000 embalagem	246 unidades	12%	344	344 kg	0 bobinas
Familia 4 Box PR 2249	2,2%	2548 embalagem	3568	0,559%	488 embalagem	137 kg	1,6%	3706 embalagem	6,3%	1134 embalagem	314 unidades	12%	440	440 kg	0 bobinas
Familia 4 Box PR 3369	1,8%	1738 embalagem	2433	0,382%	334 embalagem	93 kg	1,1%	2543 embalagem	5,0%	667 embalagem	214 unidades	12%	300	300 kg	0 bobinas
Familia 4 Lencol ECO 0211	0,7%	537 embalagem	751	0,119%	103 embalagem	29 kg	0,8%	780 embalagem	2,1%	334 embalagem	66 unidades	12%	93	93 kg	0 bobinas
Familia 4 Lencol ECO 0311	0,7%	490 embalagem	687	0,108%	95 embalagem	26 kg	0,8%	713 embalagem	2,1%	334 embalagem	60 unidades	12%	85	85 kg	0 bobinas
Familia 4 Lencol MEG 0211	4,4%	3195 embalagem	4472	0,702%	613 embalagem	172 kg	4,6%	4647 embalagem	12,5%	2000 embalagem	394 unidades	12%	551	551 kg	0 bobinas
Familia 4 Lencol ZE 0211	7,3%	14464 embalagem	20249	3,177%	2774 embalagem	777 kg	3,1%	21168 embalagem	20,8%	3667 embalagem	1783 unidades	12%	2497	2497 kg	0 bobinas
Familia 5	2,0%	8 embalagem	2464	0,002%	2 embalagem	472 kg	3,3%	0,183 embalagem	0,1%	8,4 embalagem	1 unidades	12%	304	10 kg	1 bobinas
Familia 6	1,9%	12 embalagem	3392	0,003%	2 embalagem	664 kg	3,2%	1,006 embalagem	0,3%	12 embalagem	1 unidades	12%	418	124 kg	1 bobinas
Familia 7	15,8%	253626 embalagem	25363	31,142%	27189 embalagem	2719 kg	17,2%	22645 embalagem	2,7%	166667 embalagem	31274 unidades	12%	3127	2391 kg	2 bobinas
Familia 8	16,2%	259665 embalagem	28563	24,225%	21151 embalagem	2327 kg	25,3%	75484 embalagem	9,1%	244503 embalagem	32019 unidades	12%	3522	2712 kg	2 bobinas
Familia 9	1,9%	31205 embalagem	2184	7,159%	6250 embalagem	438 kg	4,3%	2627 embalagem	0,3%	41170 embalagem	3848 unidades	12%	269	36 kg	1 bobinas
			174129		87308 embalagem	16144 kg							21471		

5.6 – Dimensionamento dos cartões *kanban* – cenários 15, 16 e 17

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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%.

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.

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.

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%.

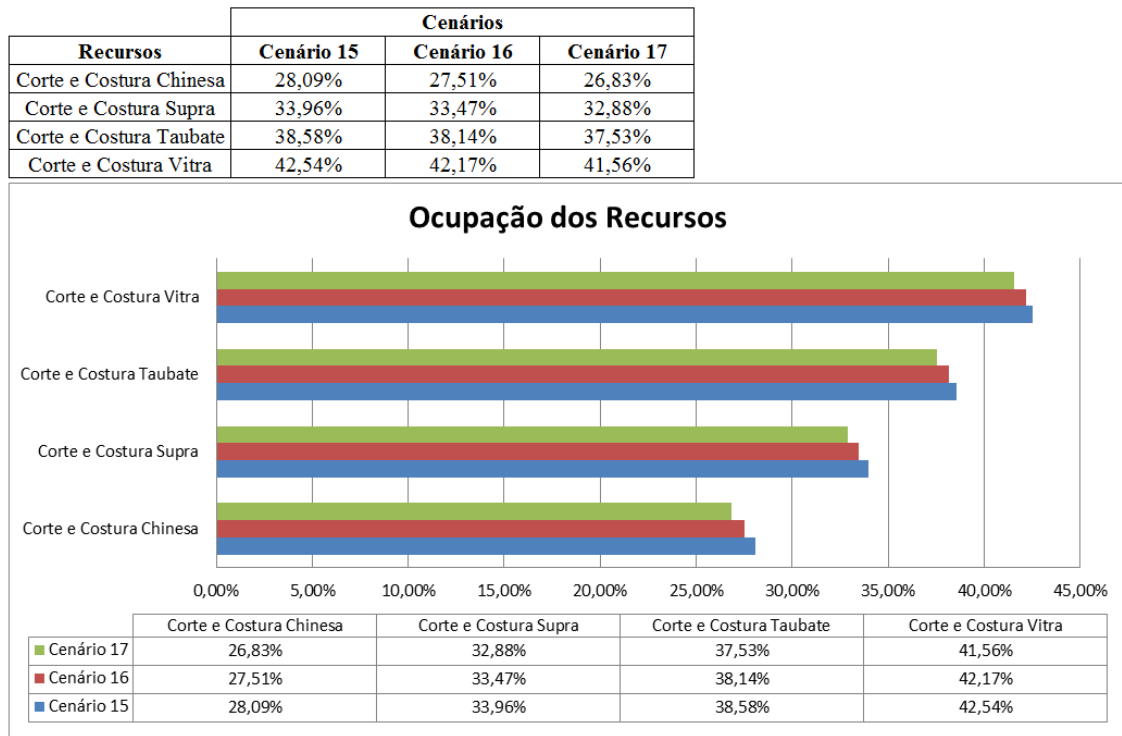
No caso os resultados demonstram, como esperado, que o tamanho do lote interfere no resultado do desempenho quanto ao volume de produtos acabados fabricados do processo de impressão mais diretamente do que no resultado da fábrica toda.

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 conseqüentemente 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.

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. A Figura 5.16 mostra a redução da ocupação entre os cenários 15 a 17 em função das alterações do dimensionamento dos cartões *kanban*.

Figura 5.16 – Redução do índice de ocupação dos recursos de manufatura em função das alterações do dimensionamento dos cartões *kanban*. Fonte: Próprio Autor.



5.7 – Ajuste dos turnos de trabalho – cenários 18 e 19

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.

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*.

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.

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.

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.

5.12 – Apresentação dos mapas futuro do sistema de produção

A partir dos resultados dos cenários 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 os mapas de fluxo de valor futuro foram construídos de acordo com as Figuras: 5.17 a 5.48 para as 16 famílias dos produtos fabricados pela empresa.

MAPA FUTURO
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 1

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

Figura 5.17 – Balanceamento da Família 1. Fonte: Próprio autor.

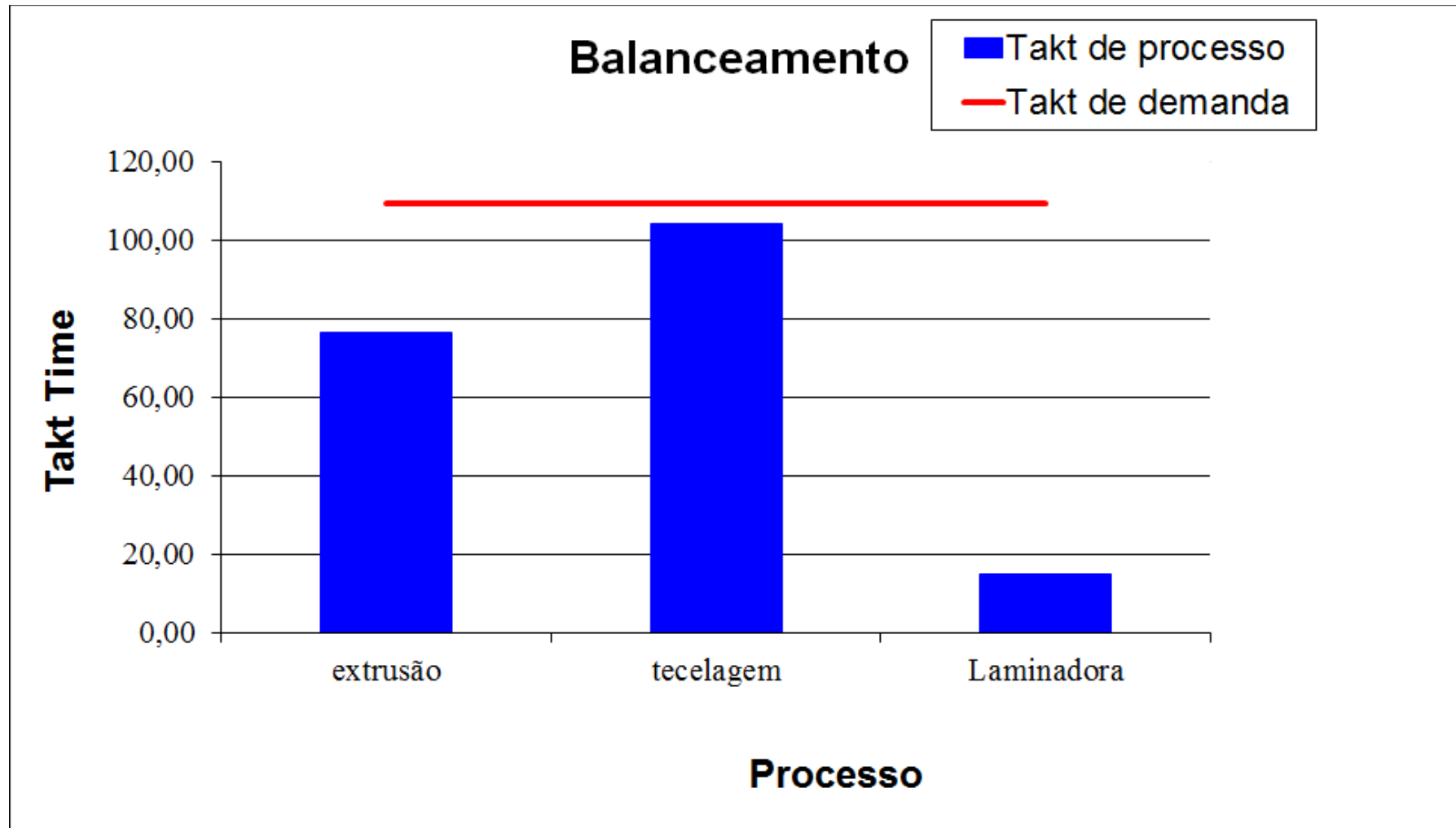
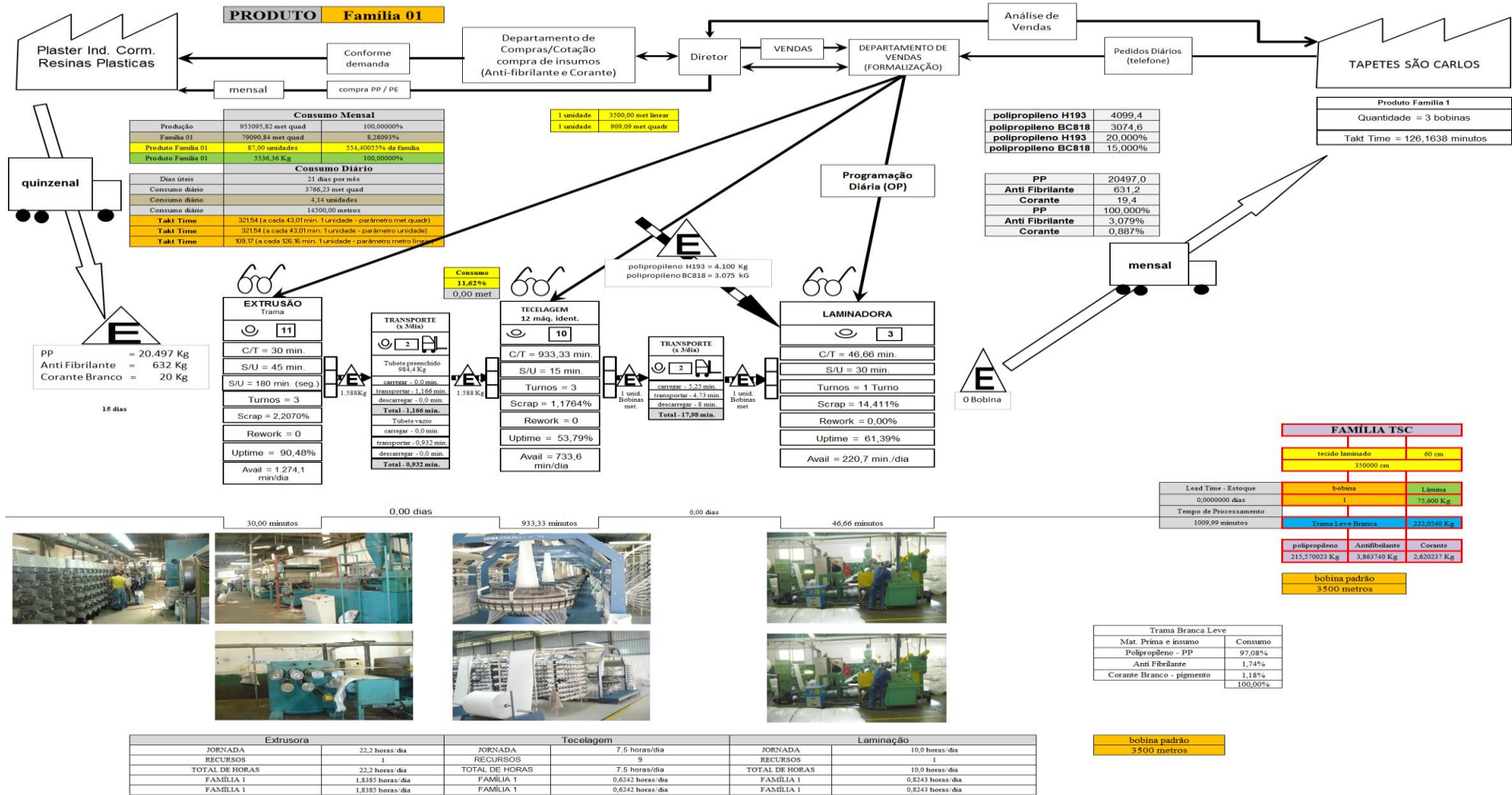


Figura 5.18 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 1. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 2

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

Figura 5.19 – Balanceamento da Família 2. Fonte: Próprio autor.

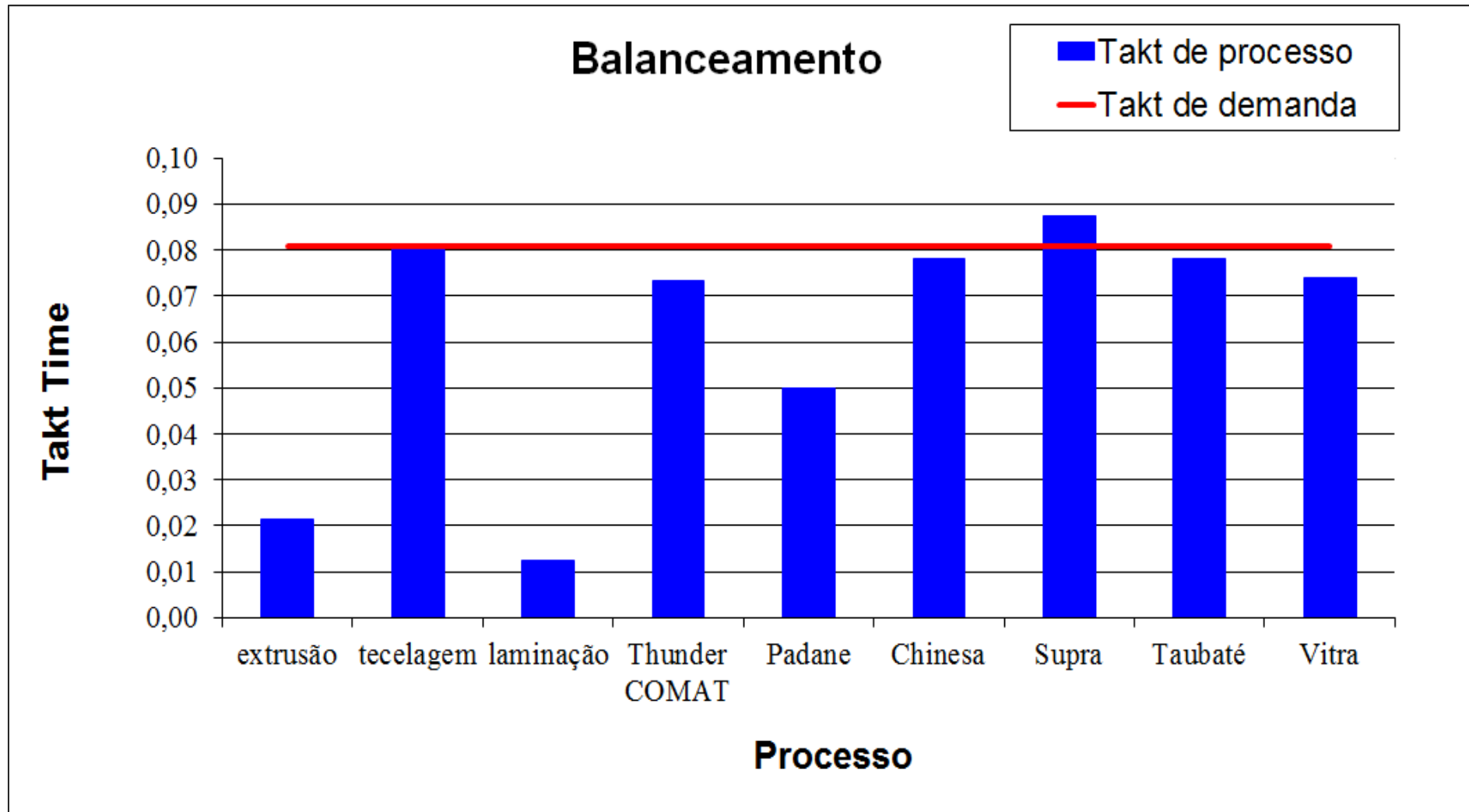
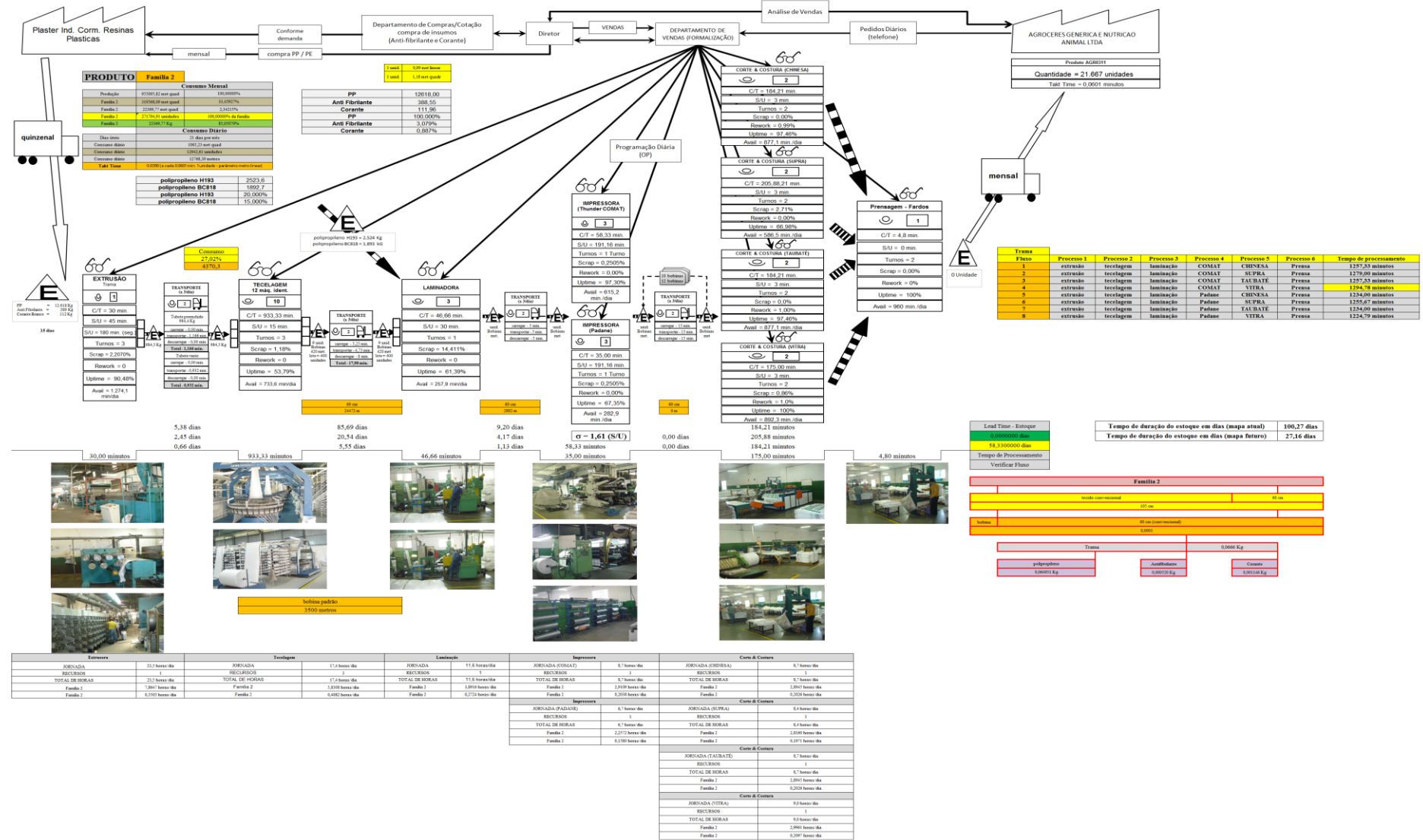


Figura 5.20 - Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 2. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 3

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.21 – Balanceamento da Família 3. Fonte: Próprio autor.

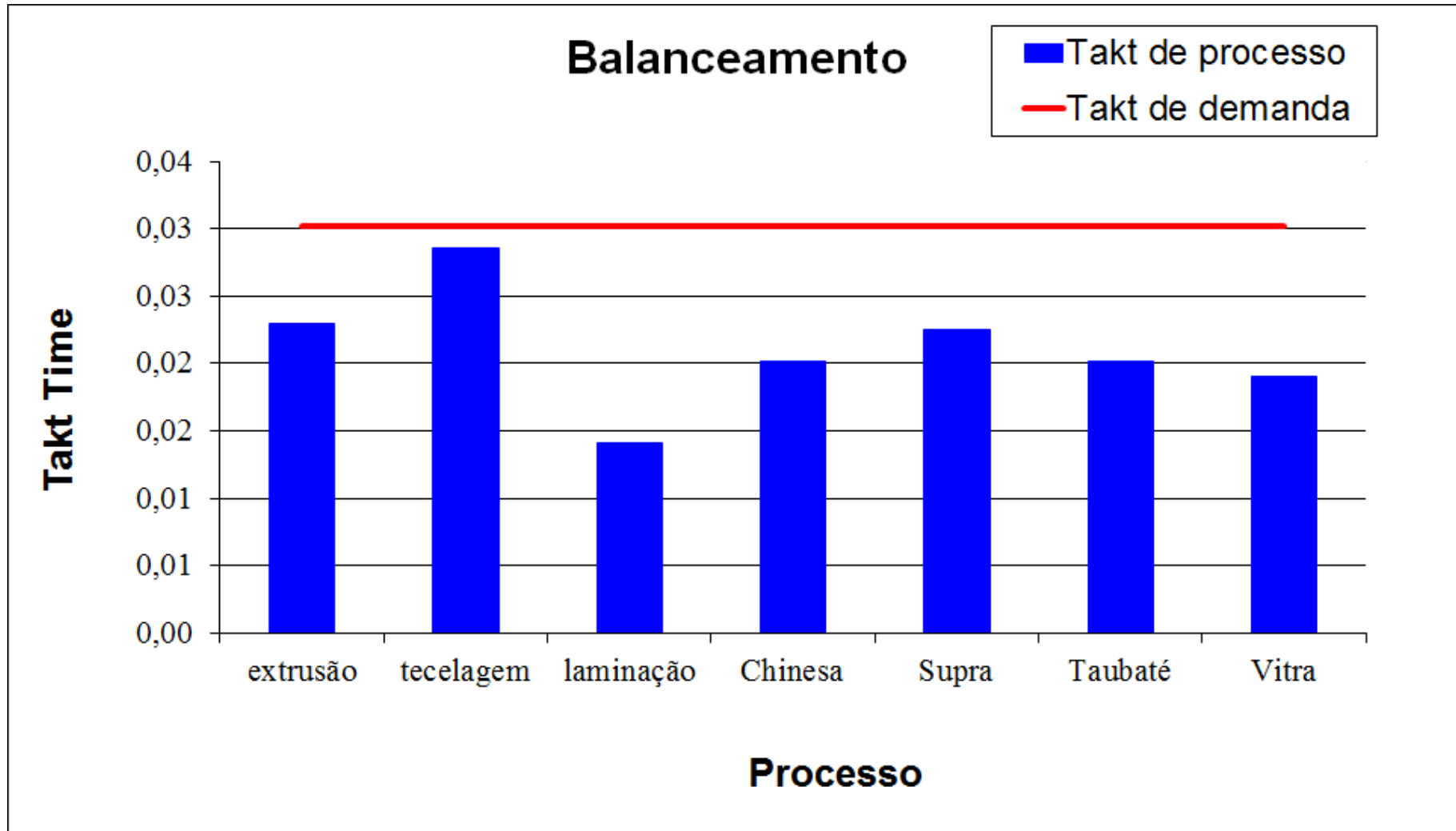
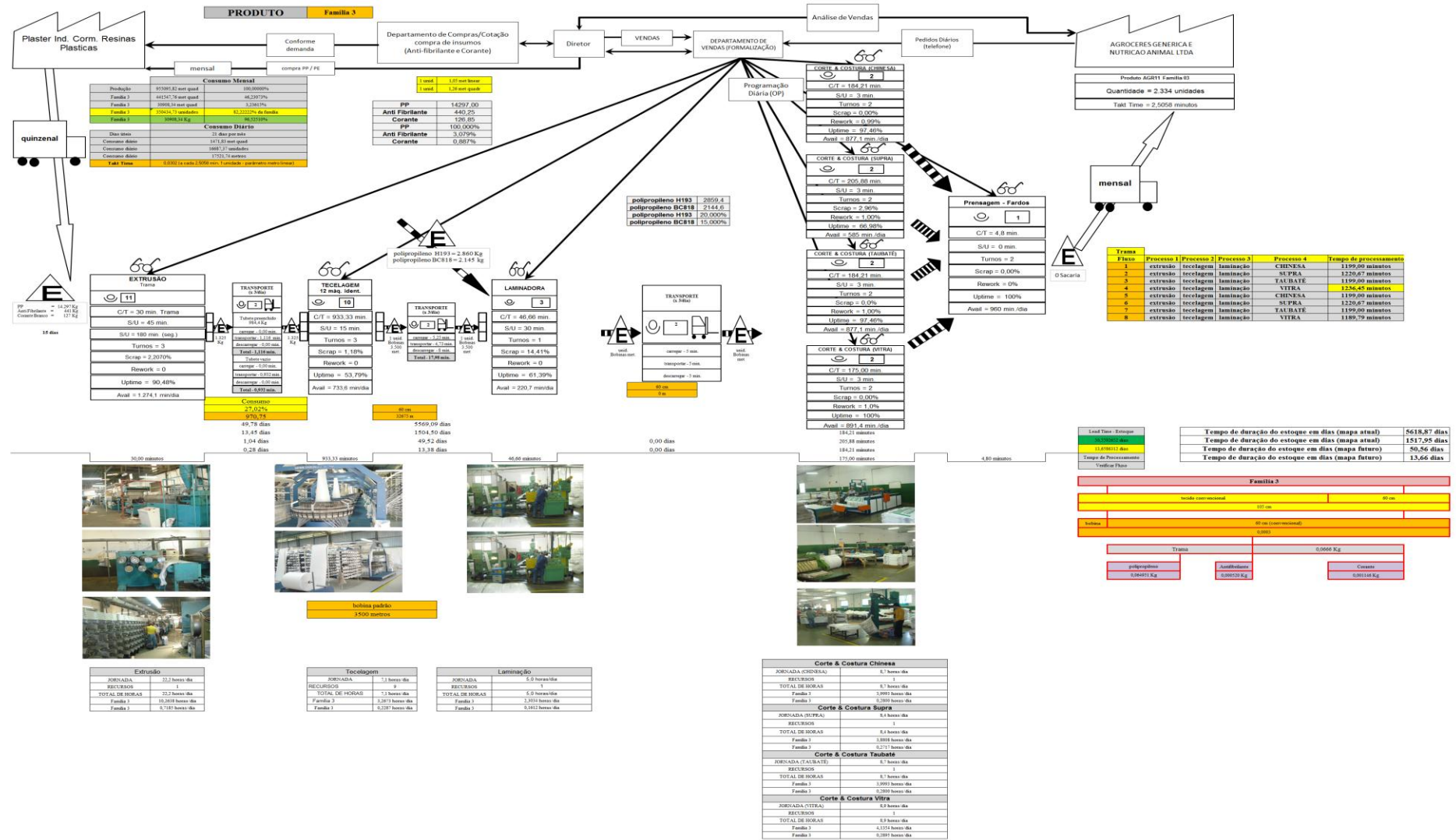


Figura 5.22 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 3. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
BOX ECO 0111

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.23 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

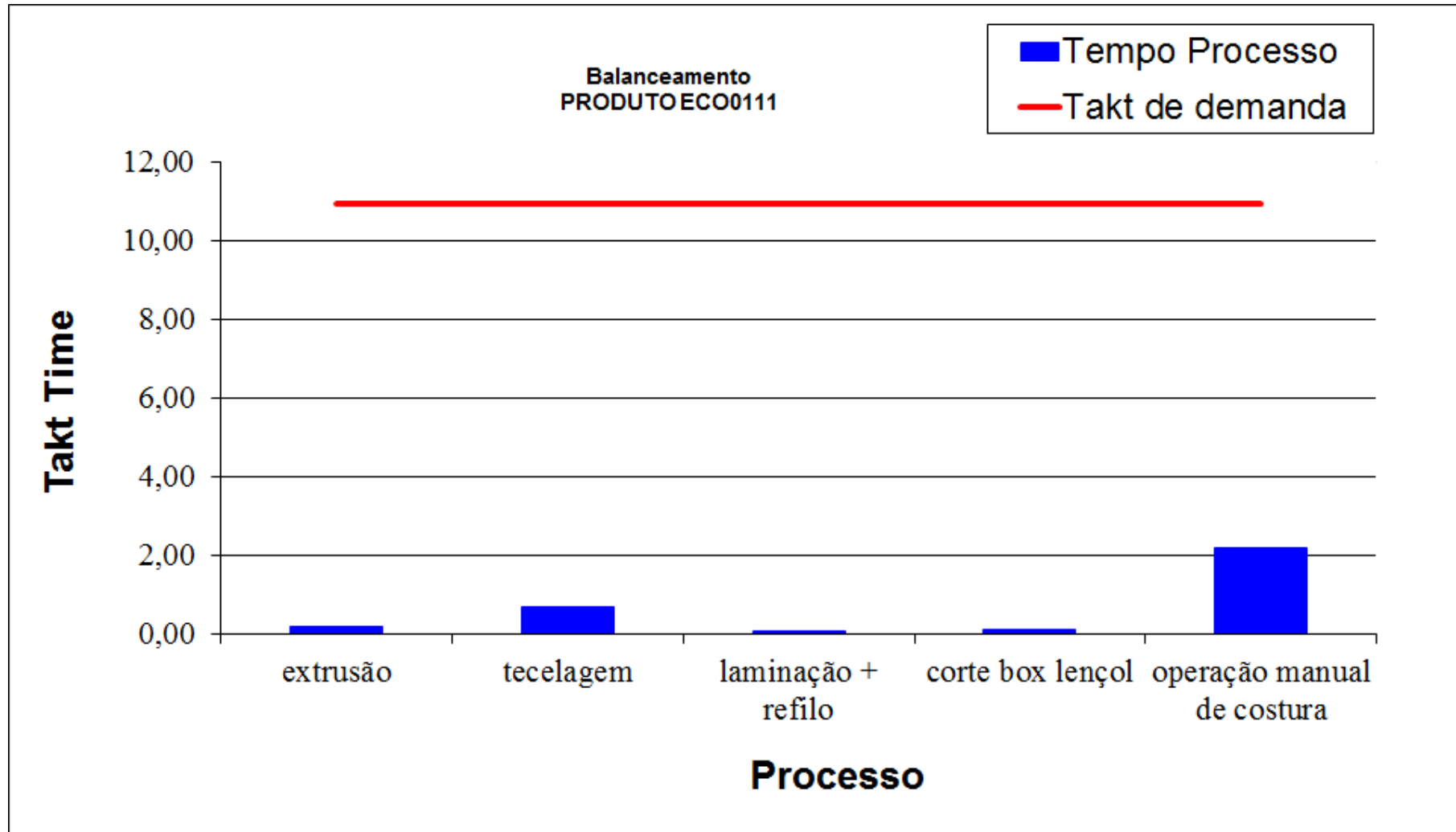
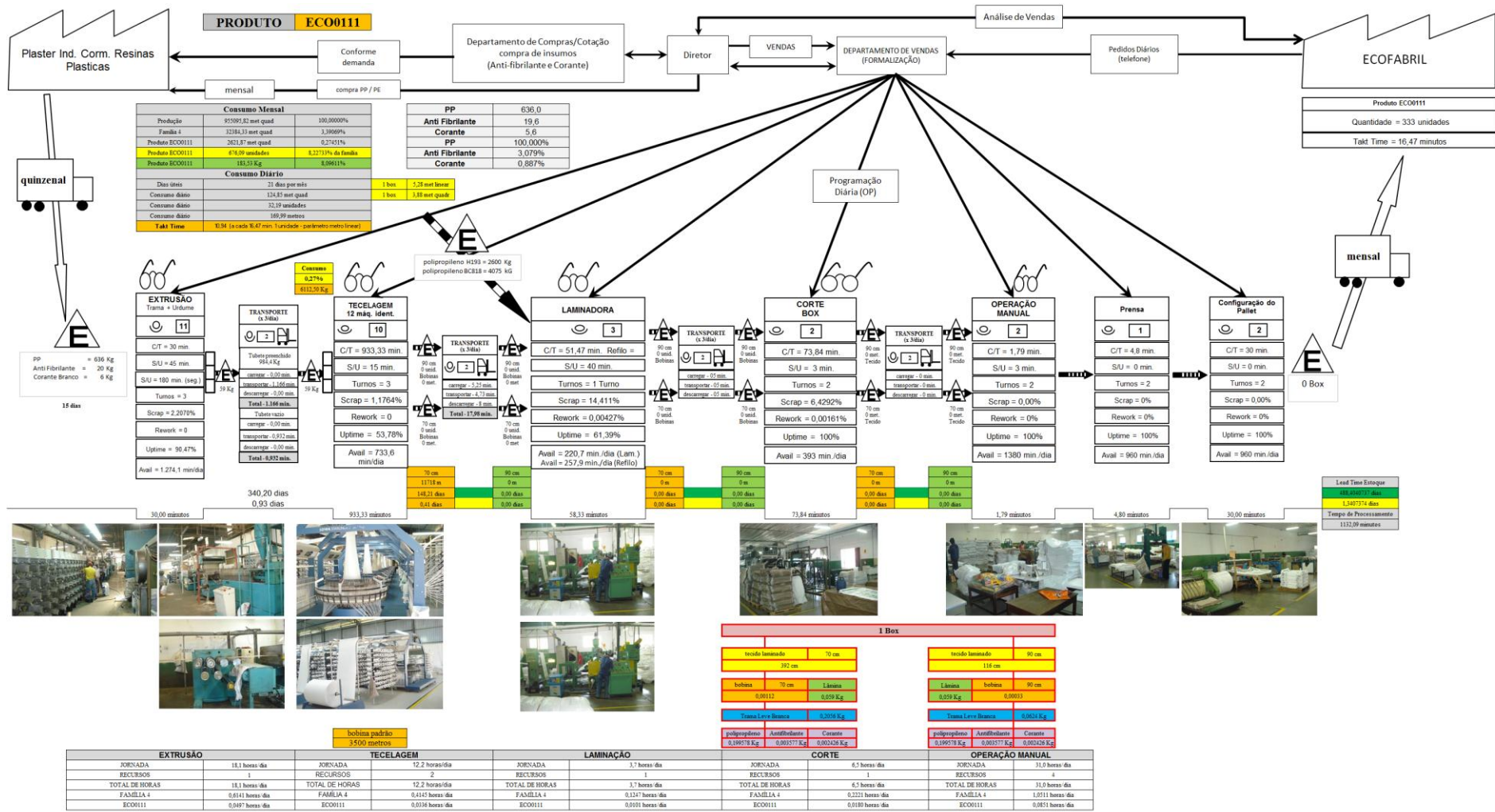


Figura 5.24 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
BOX INY 0111

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.25 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

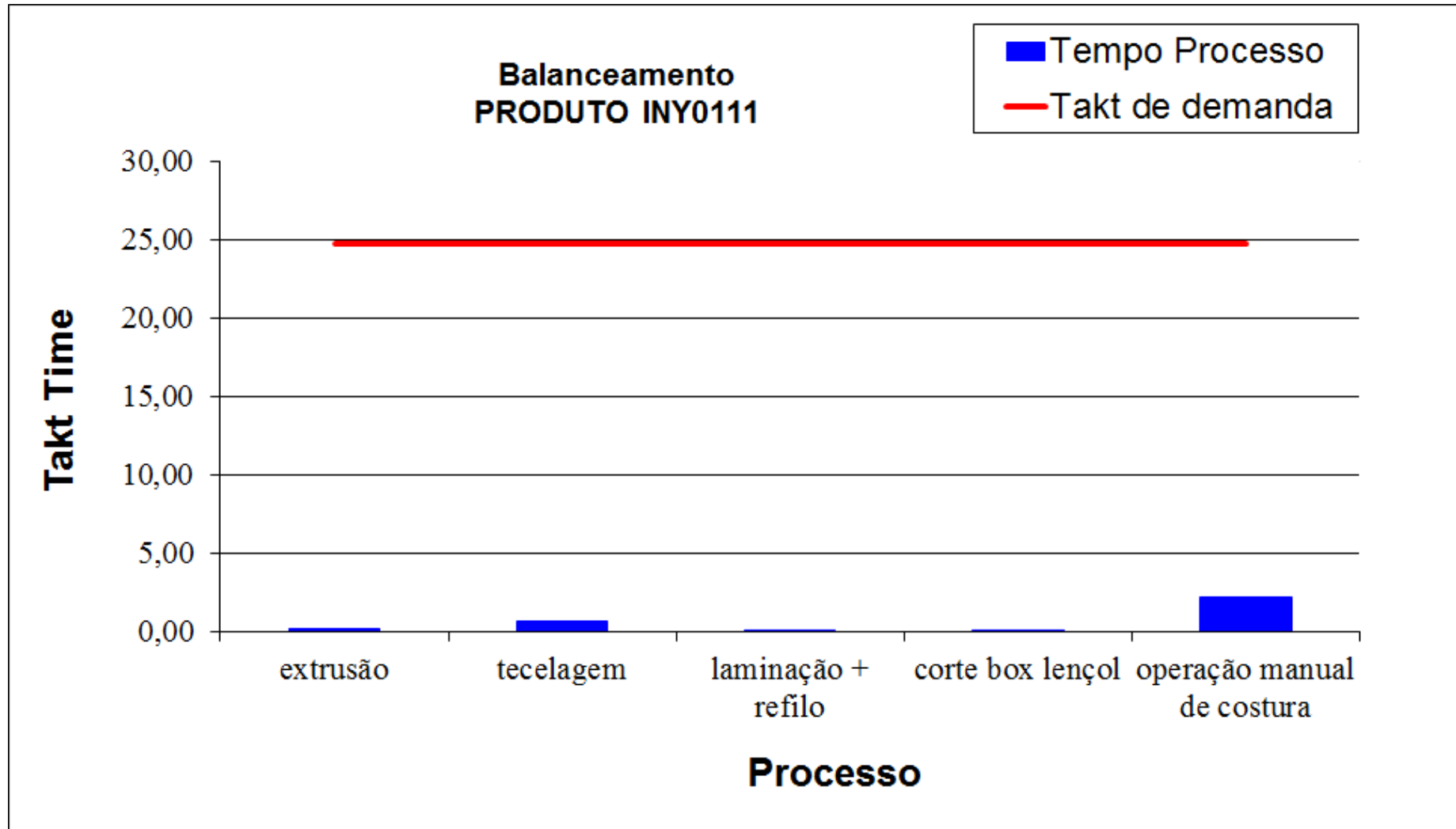
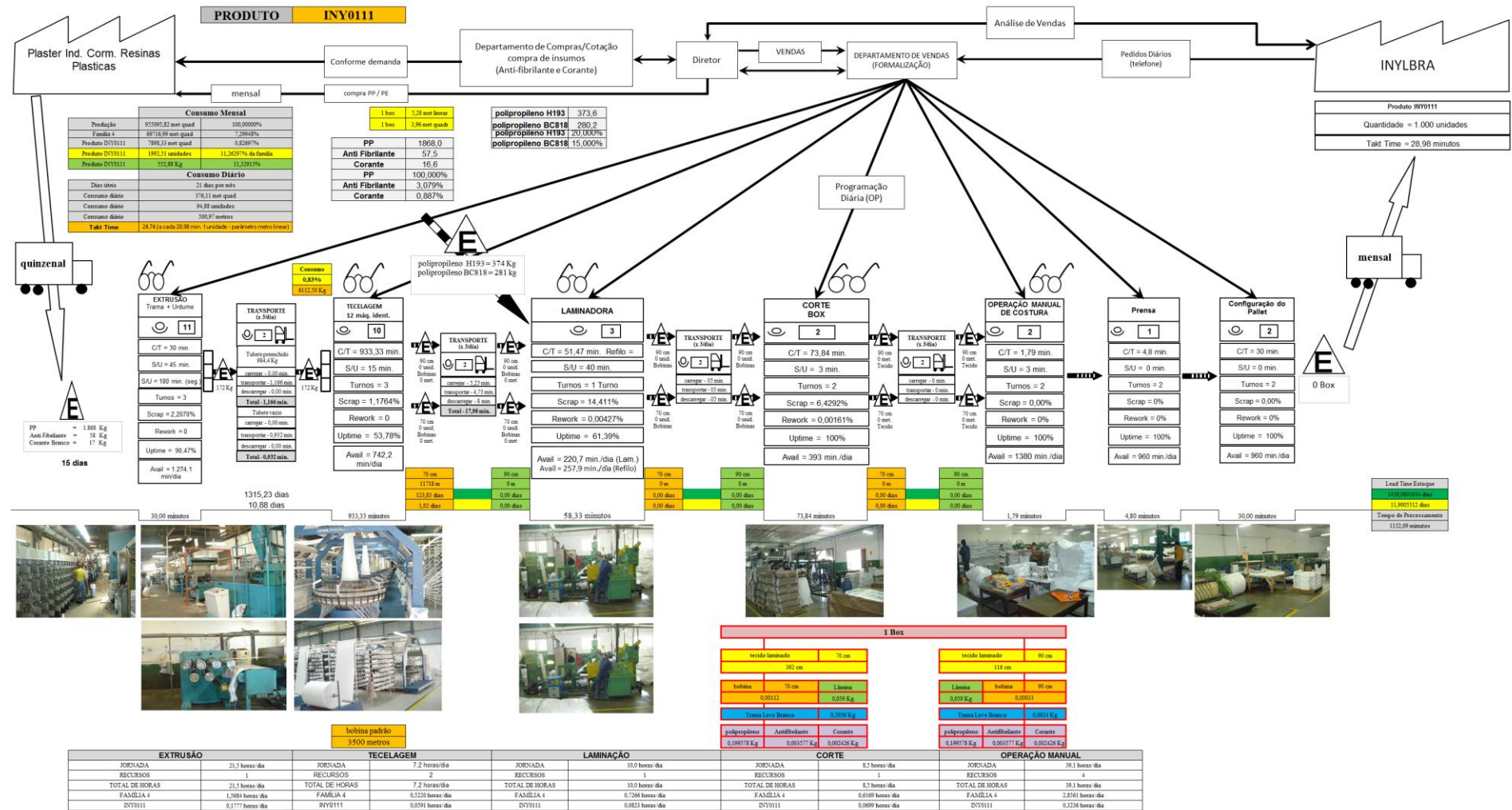


Figura 5.26 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
BOX PR 2249

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

Figura 5.27 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

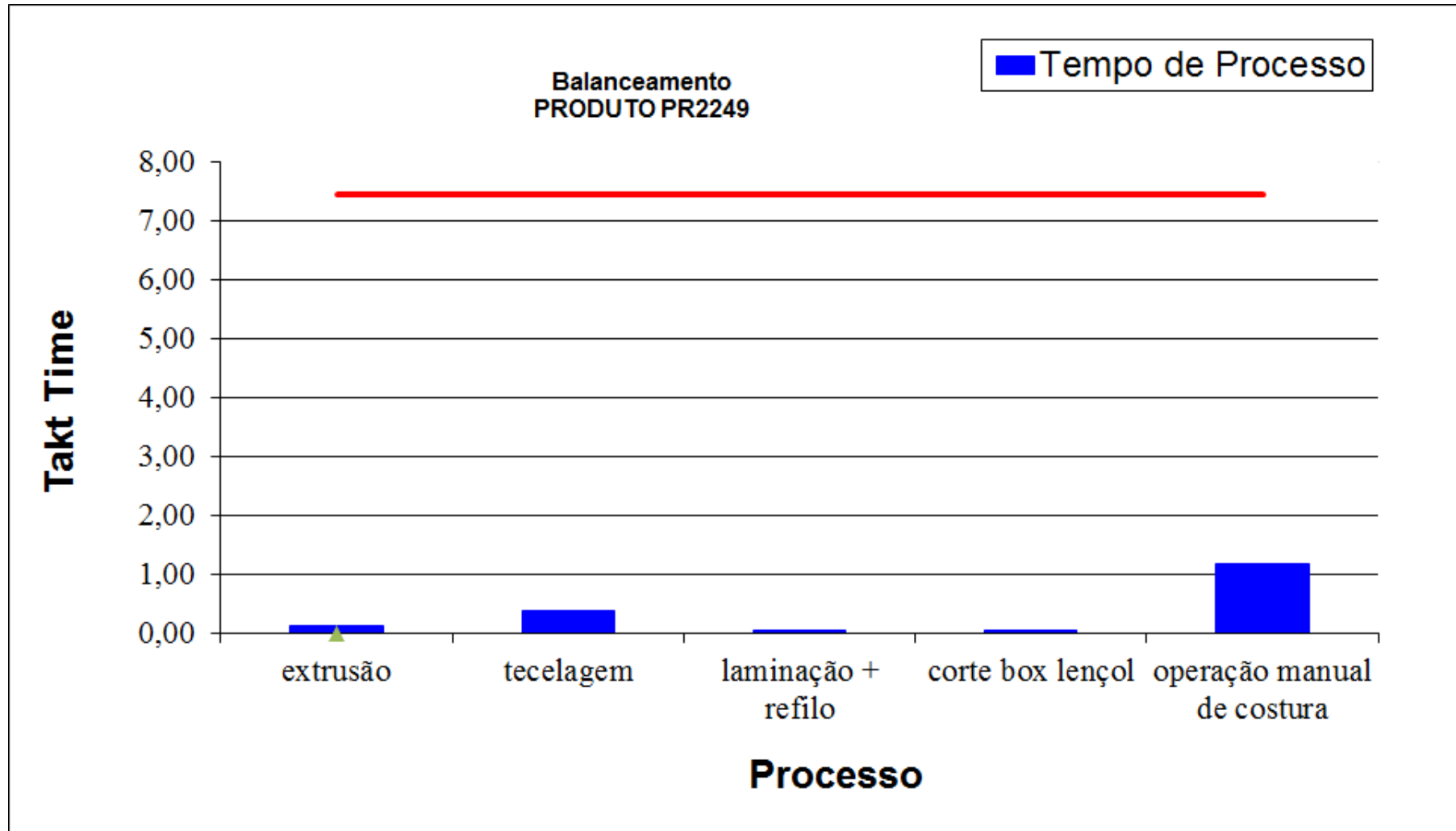
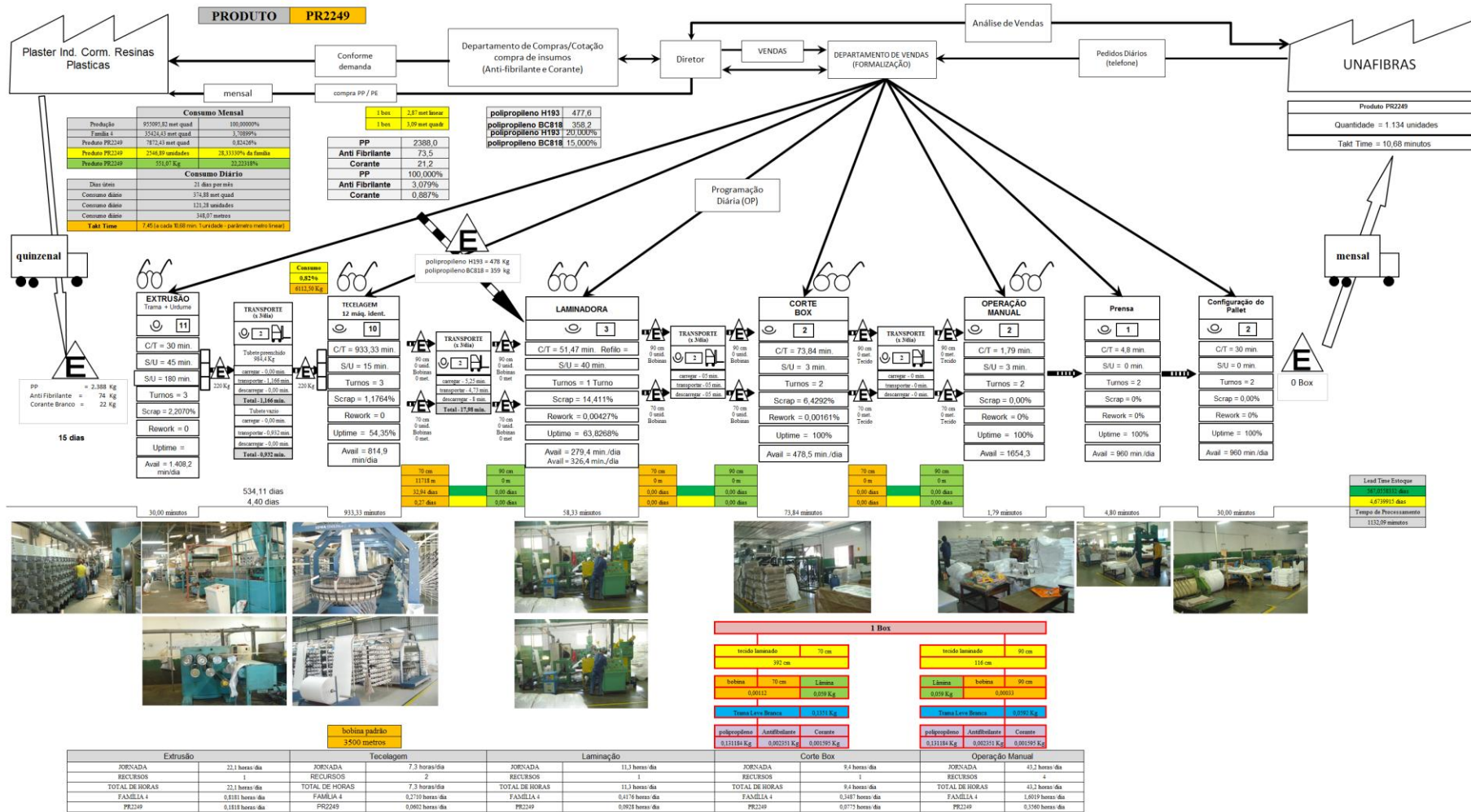


Figura 5.28 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
BOX PR 3369

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.29 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

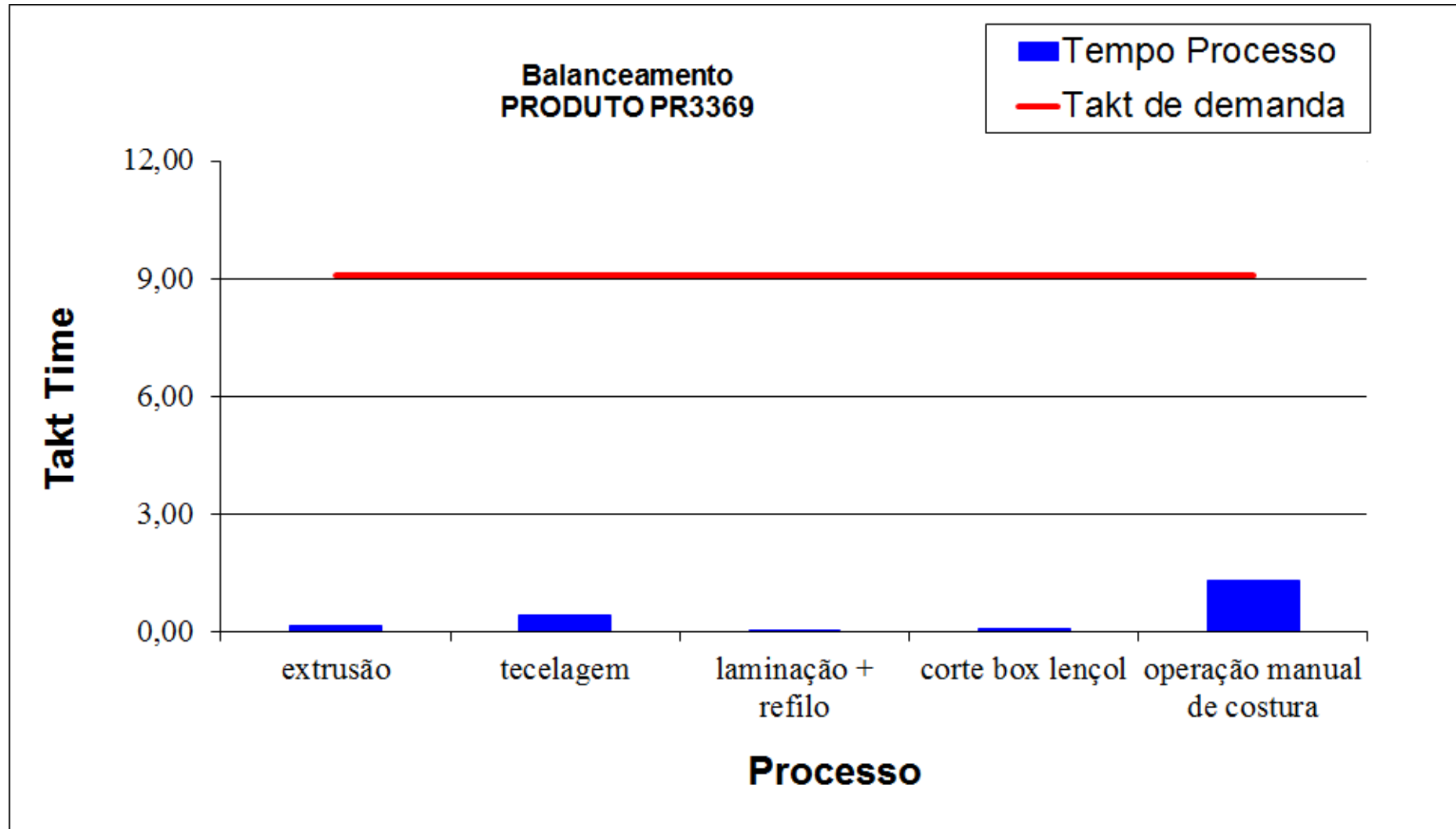
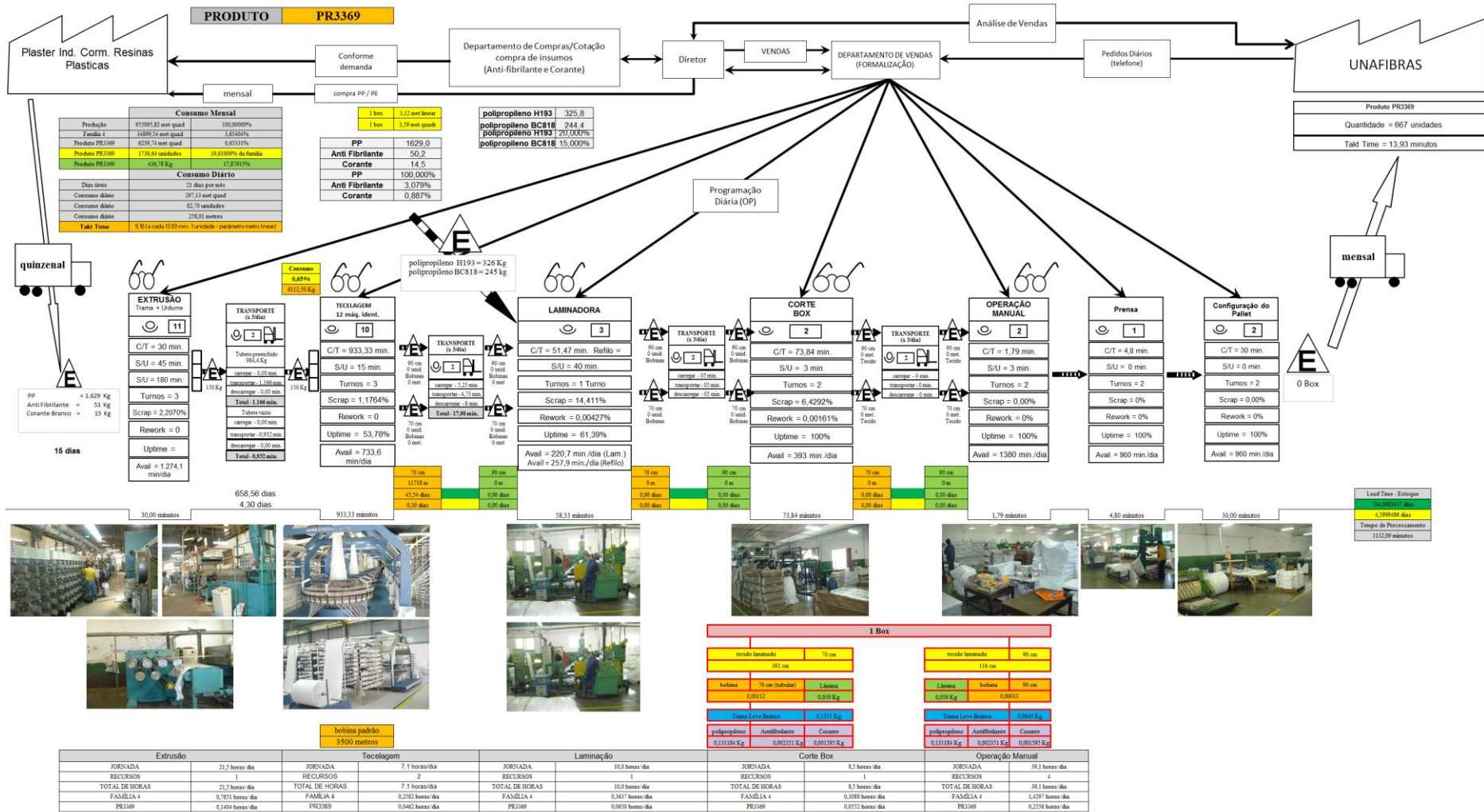


Figura 5.30 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
LENÇOL ECO 0211

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.31 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

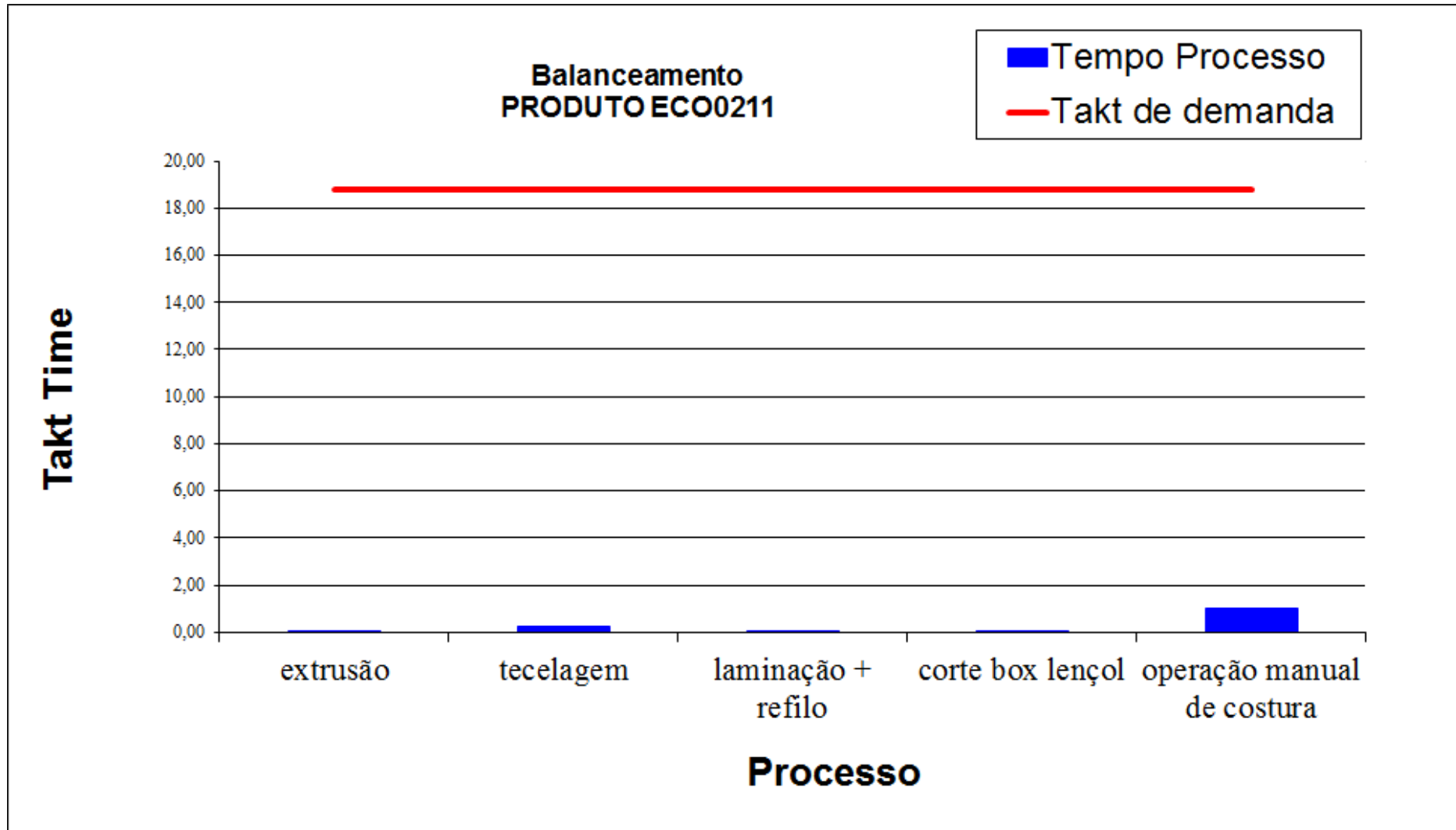
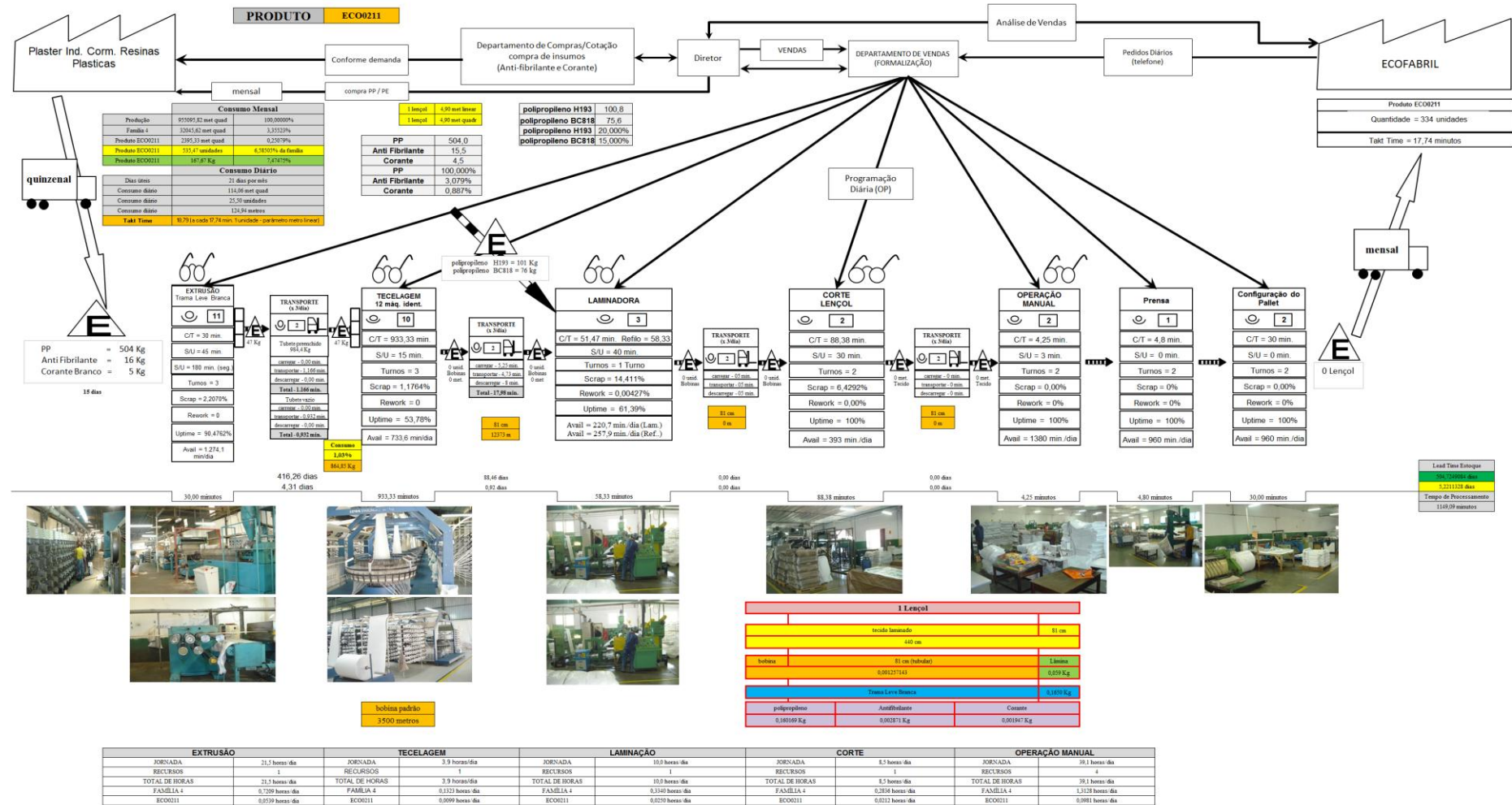


Figura 5.32 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
LENÇOL ECO 0311

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

Figura 5.33 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

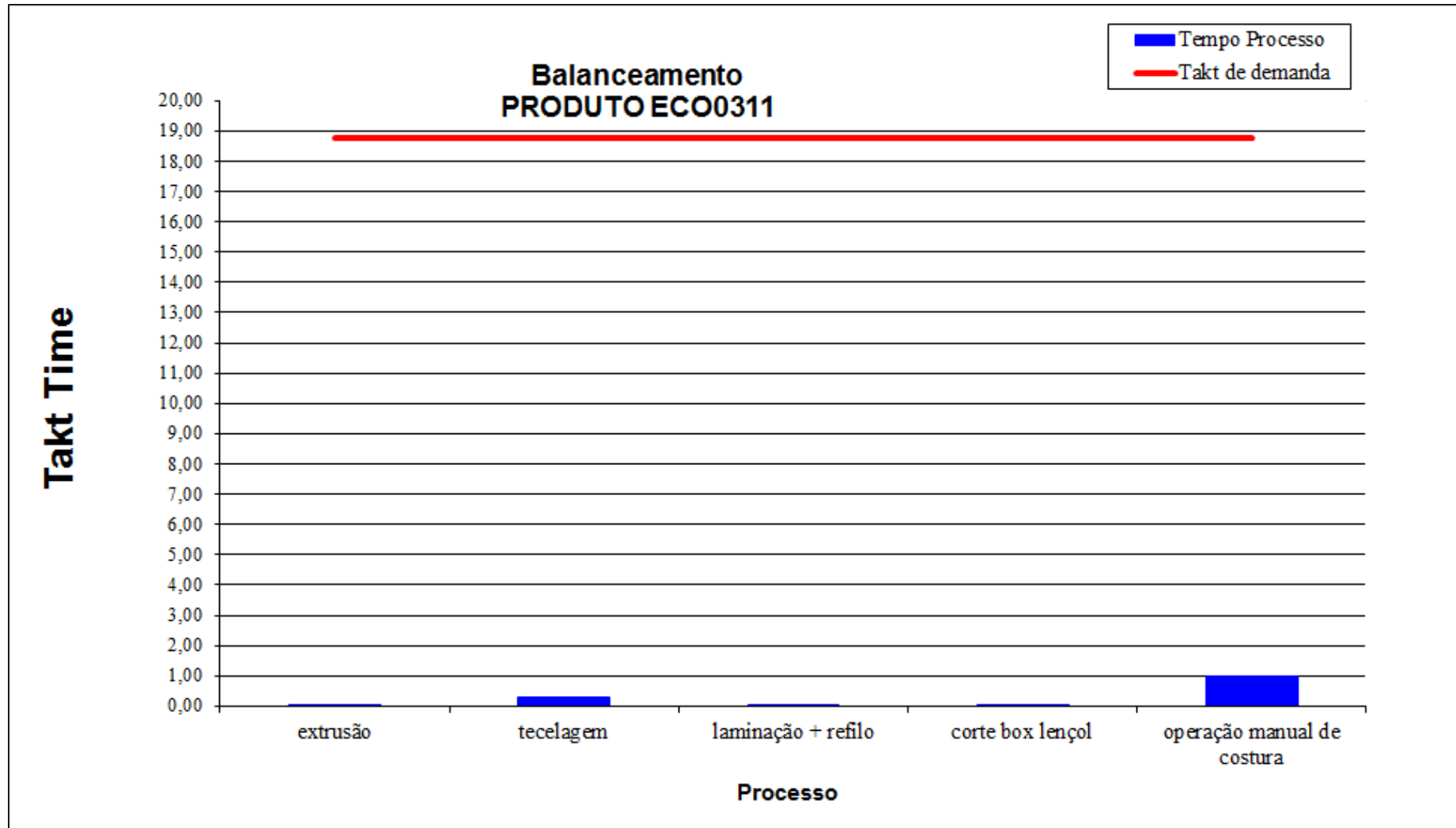
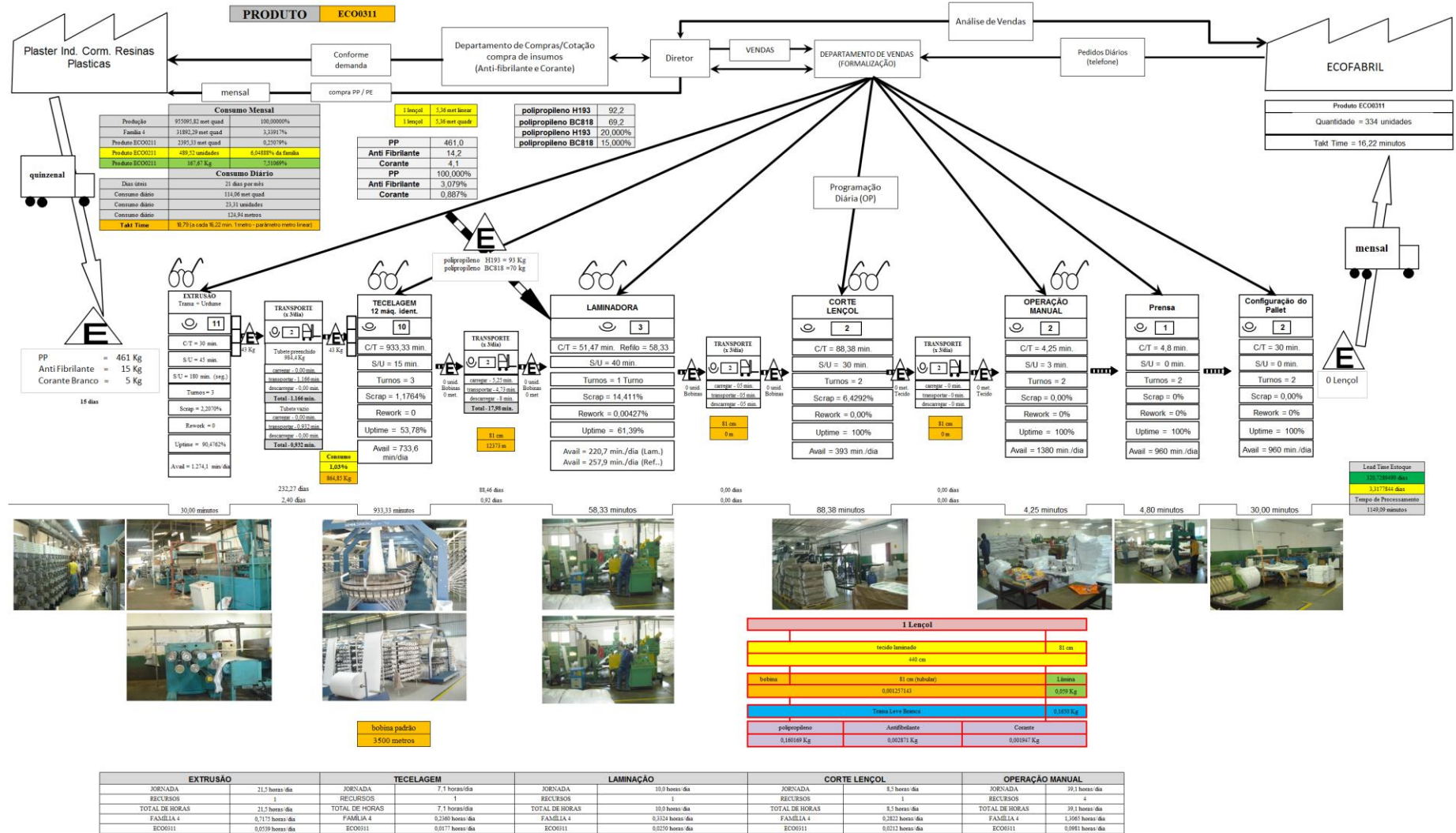


Figura 5.34 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
LENÇOL MEG 0211

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.35 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

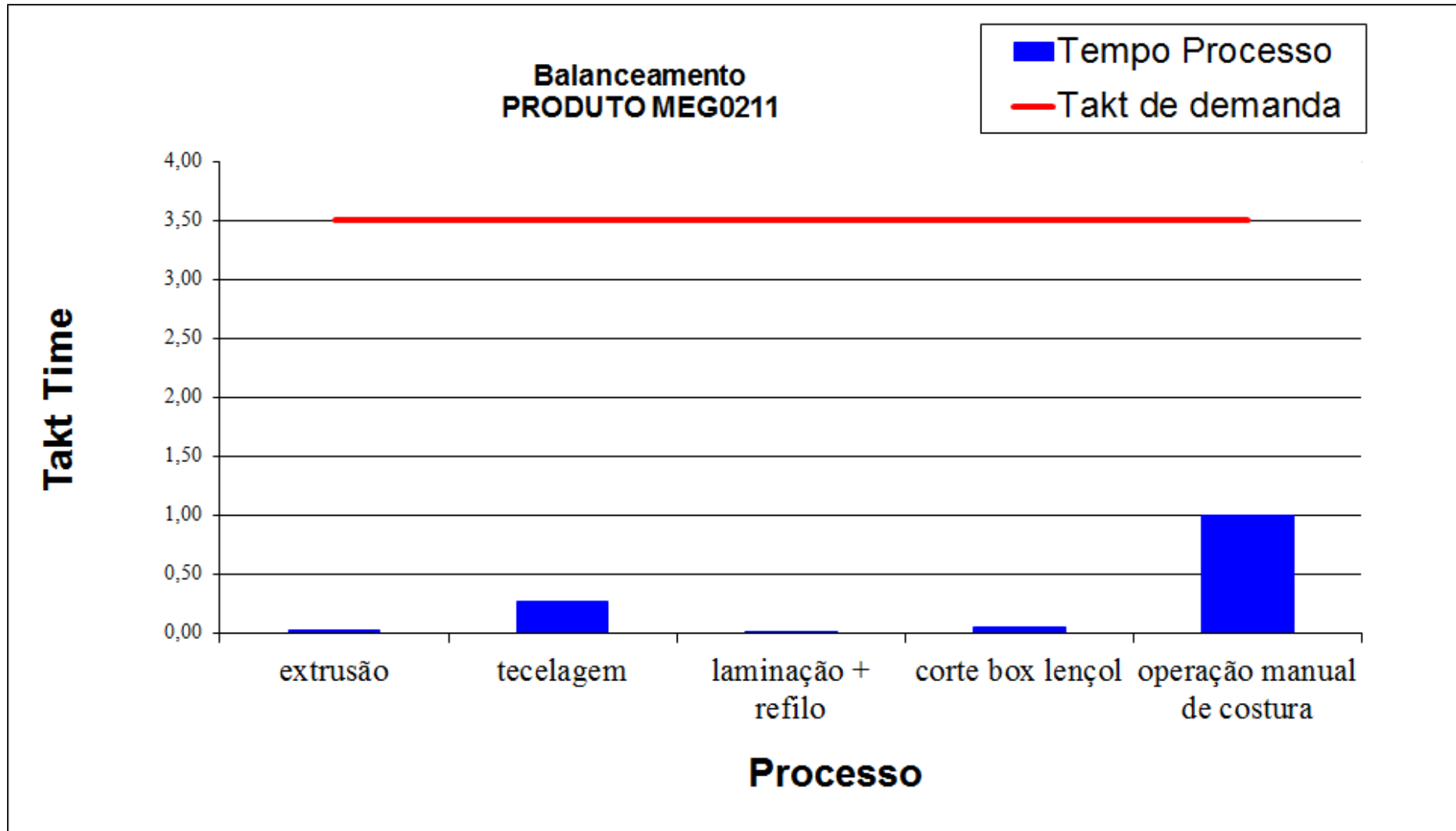
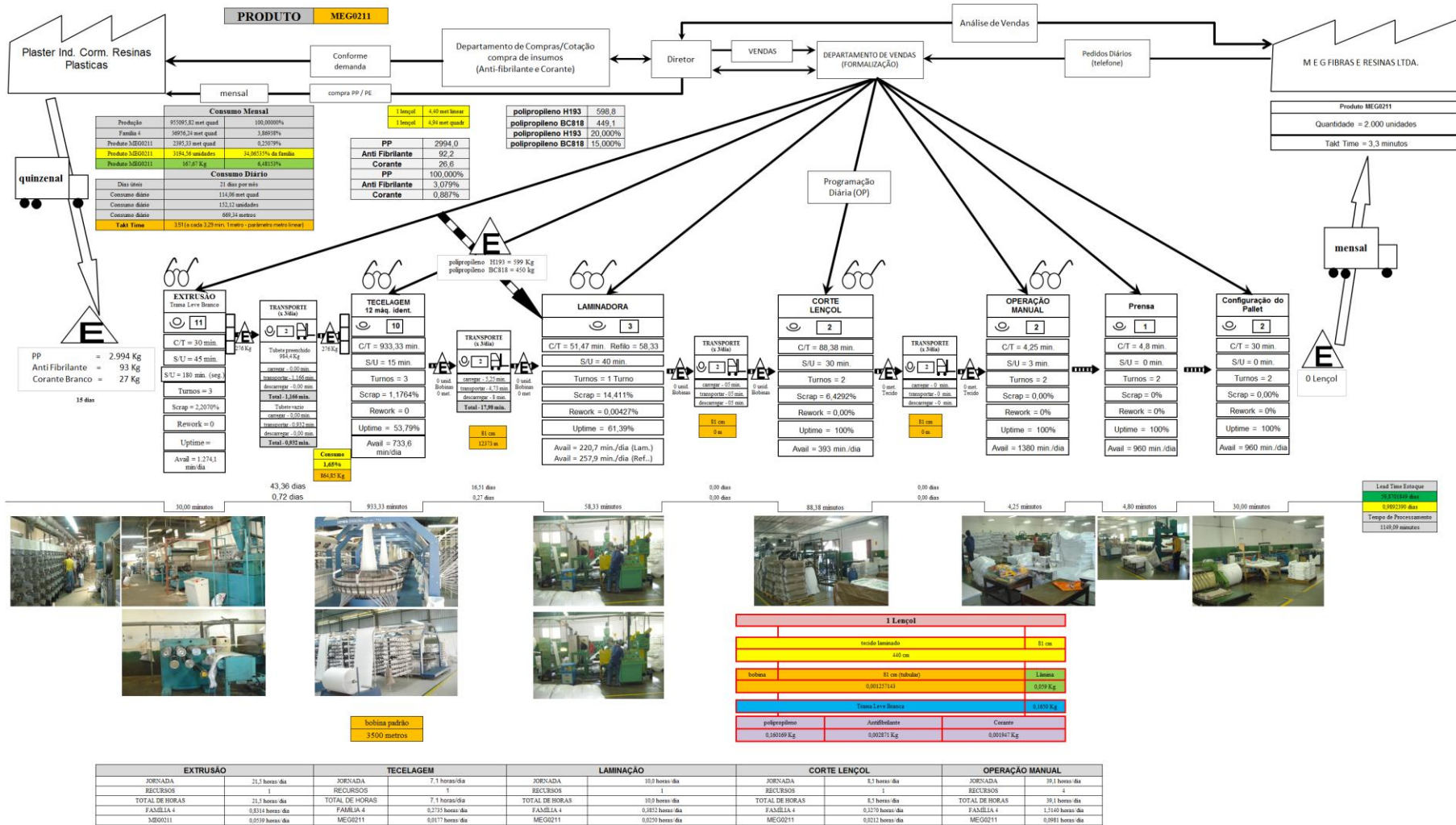


Figura 5.36 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 4
LENÇOL ZE0211

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.37 – Balanceamento da Família 4. Fonte: Próprio autor.

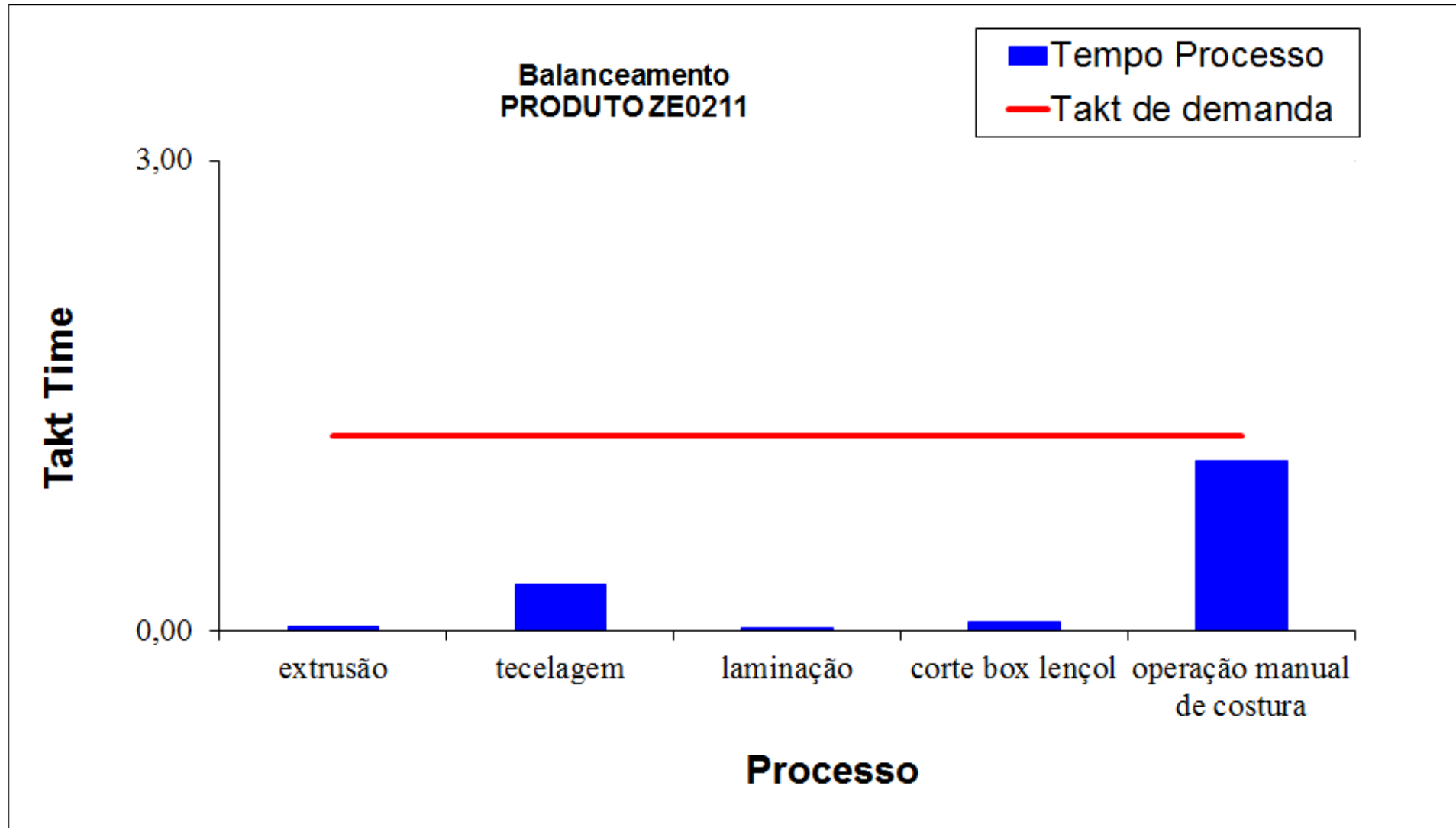
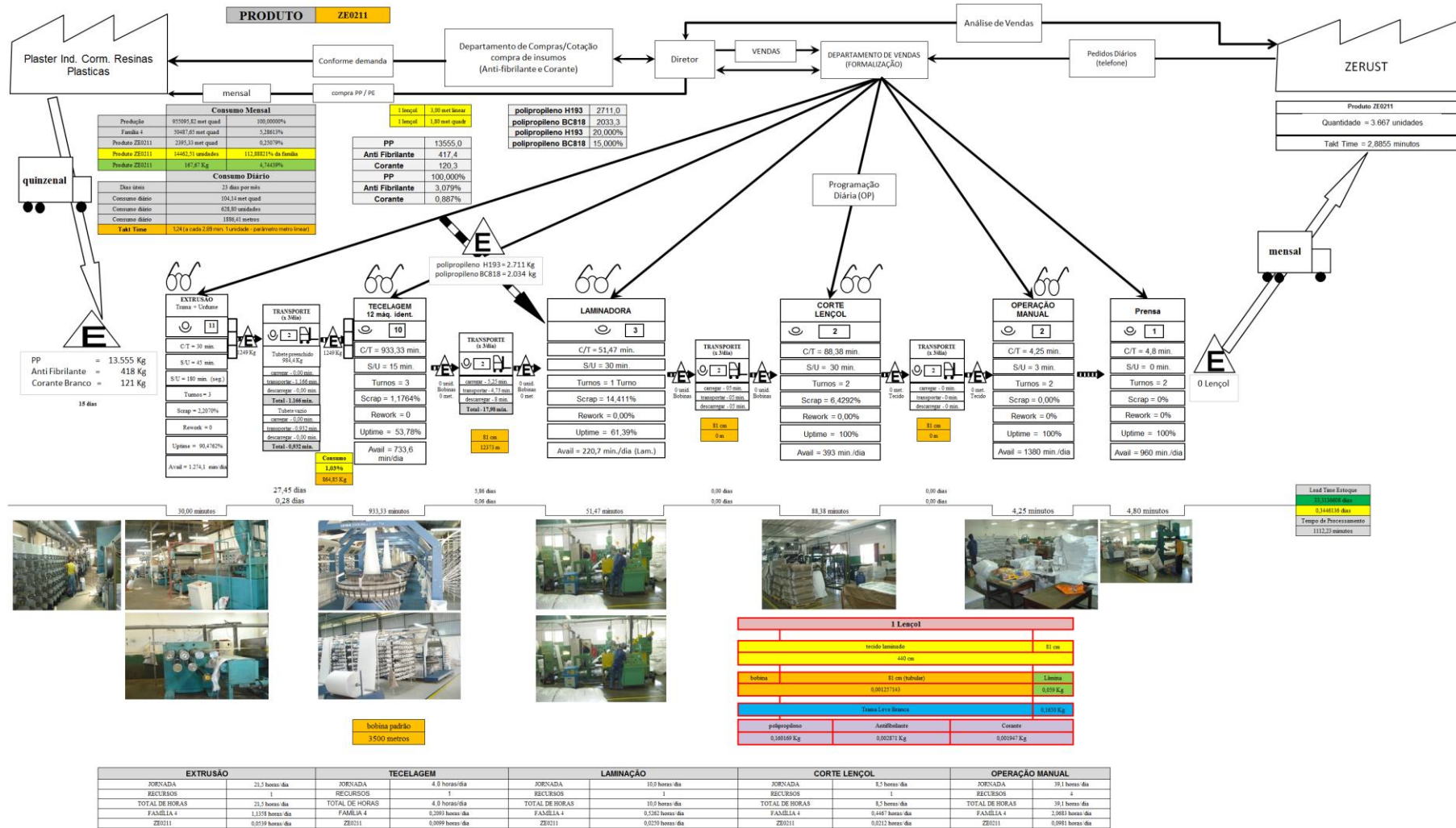


Figura 5.38 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 4. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 5

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.39 – Balanceamento da Família 5. Fonte: Próprio autor.

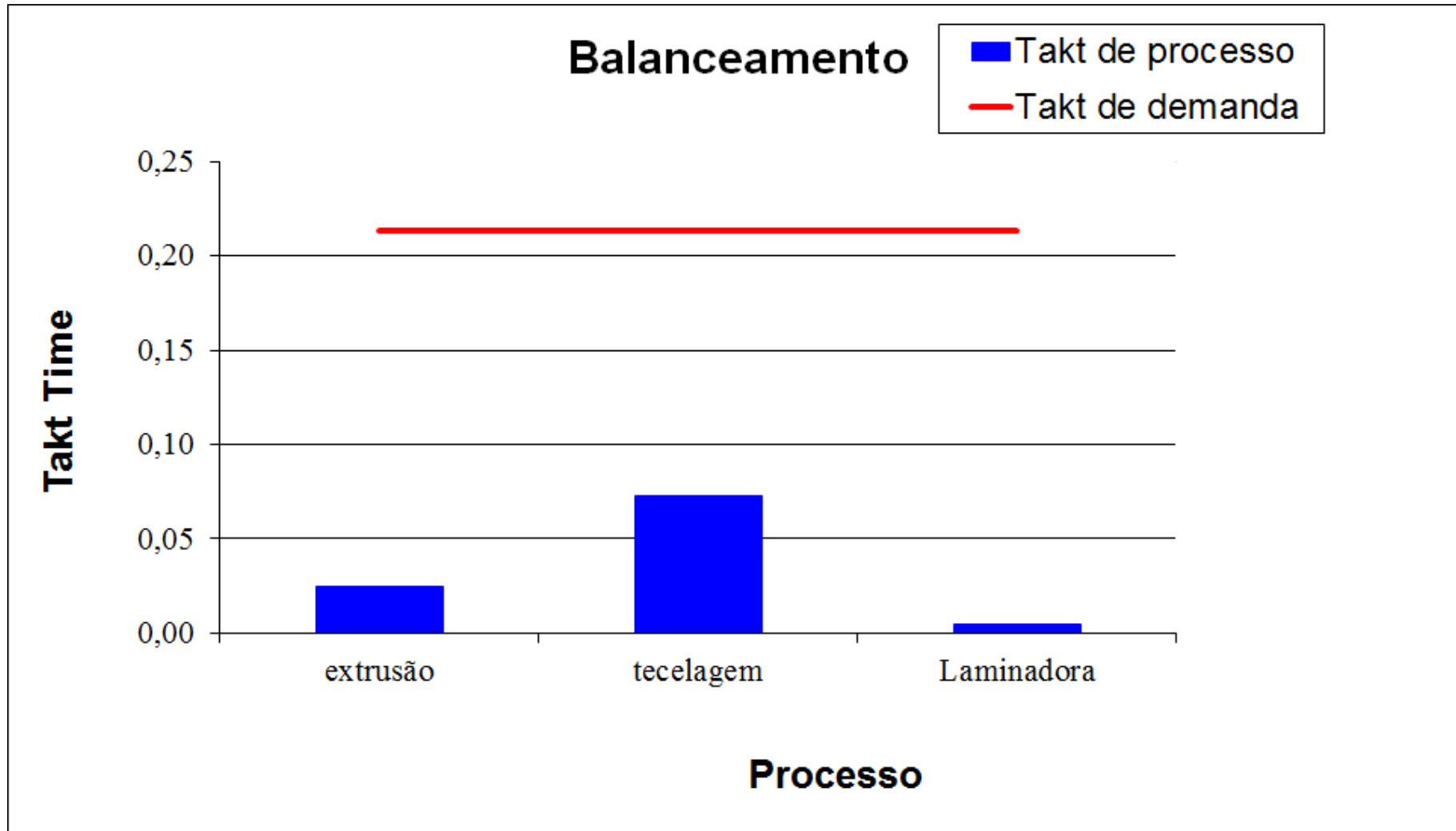
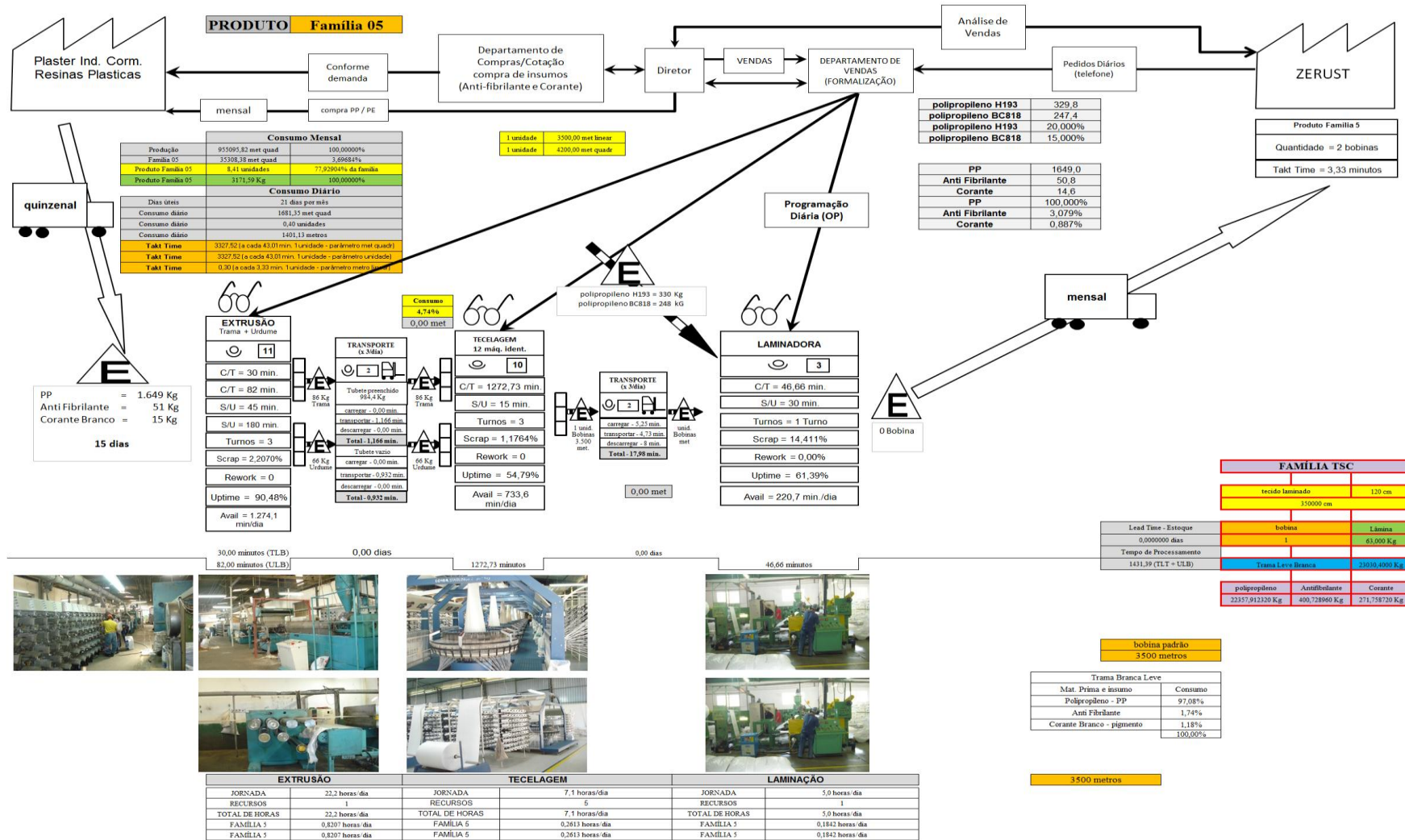


Figura 5.40 - Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 5. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 6

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.41 – Balanceamento da Família 6. Fonte: Próprio autor.

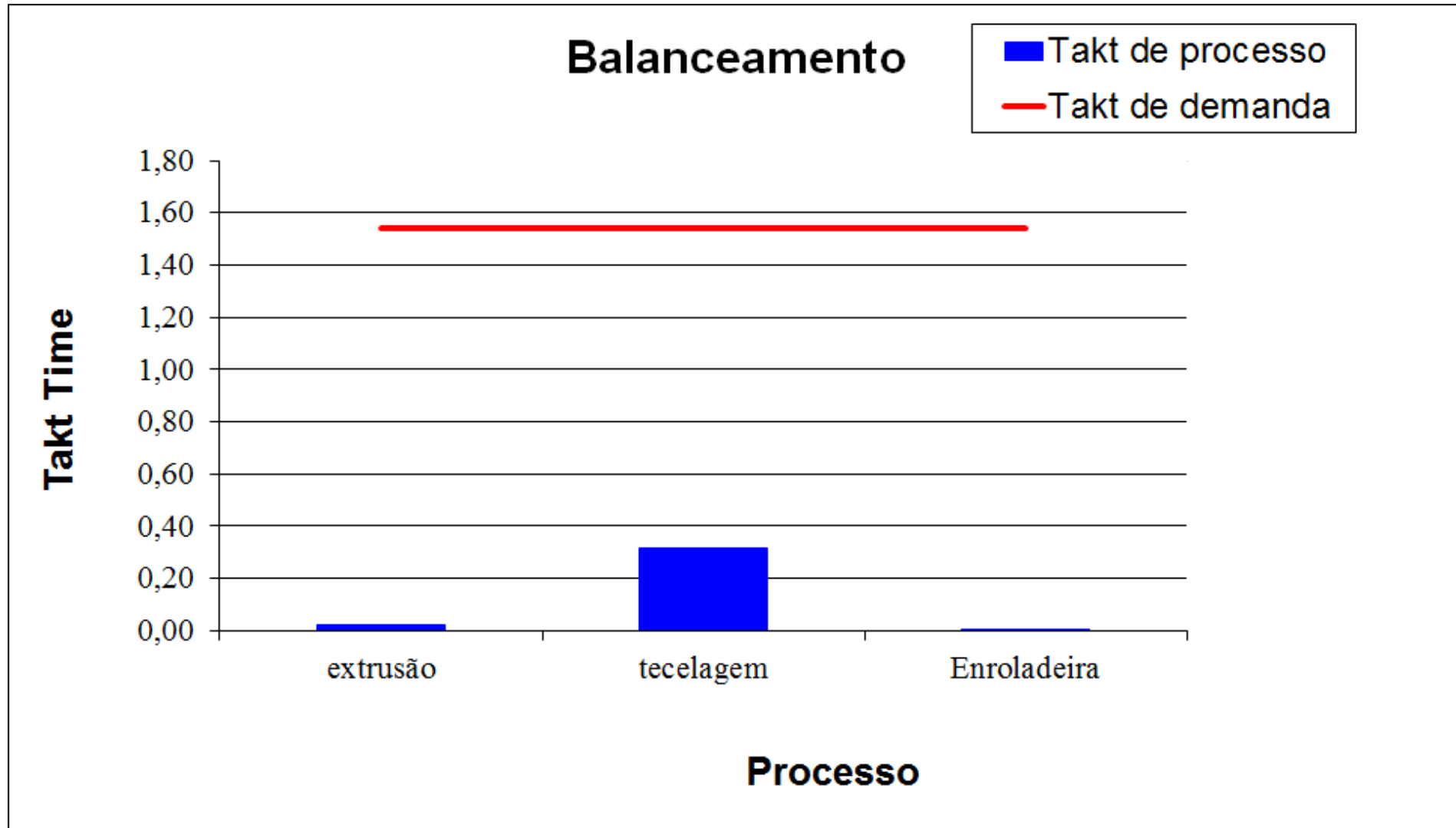
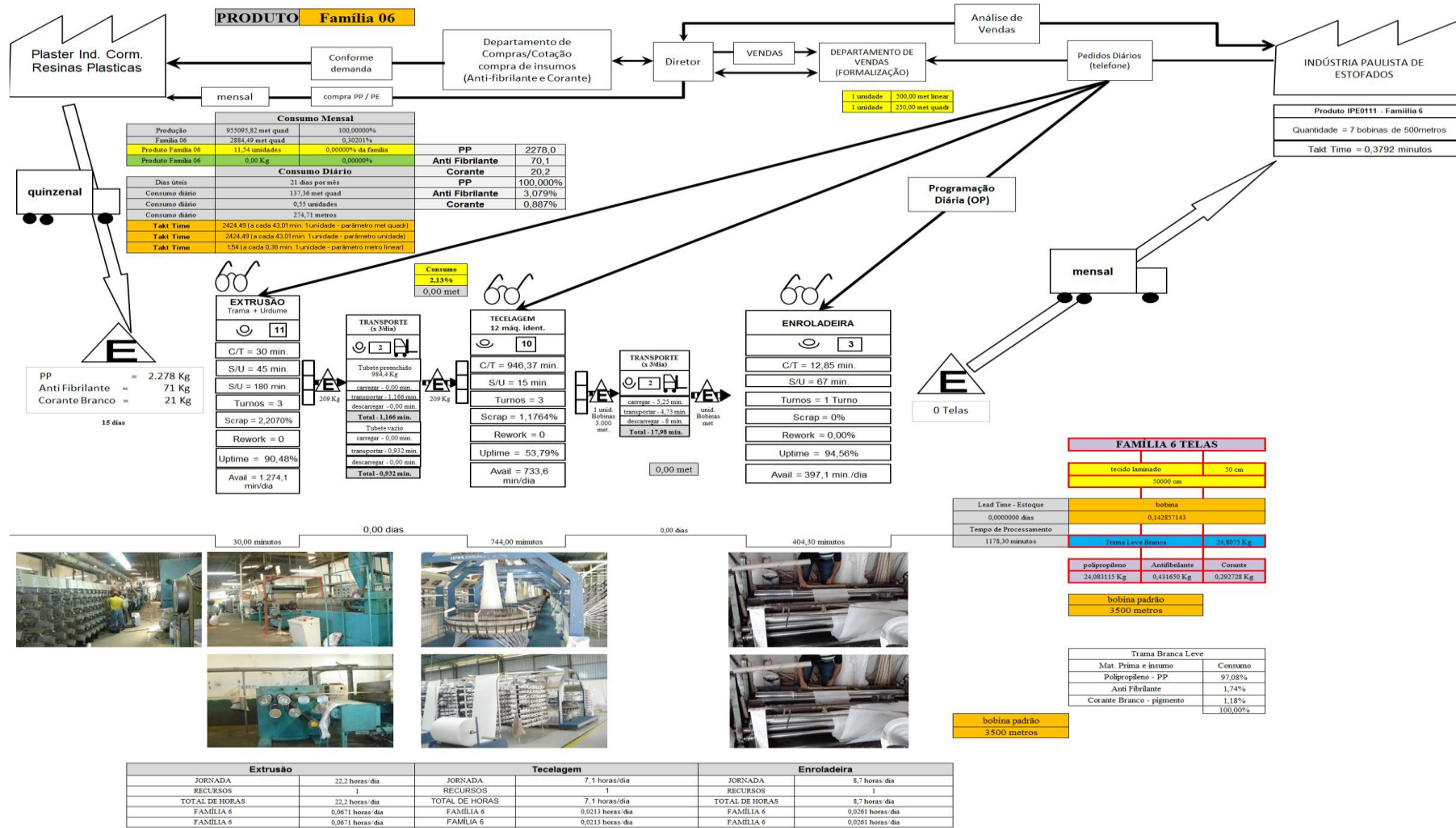


Figura 5.42 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 6. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 7

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

Figura 5.43 – Balanceamento da Família 7. Fonte: Próprio autor.

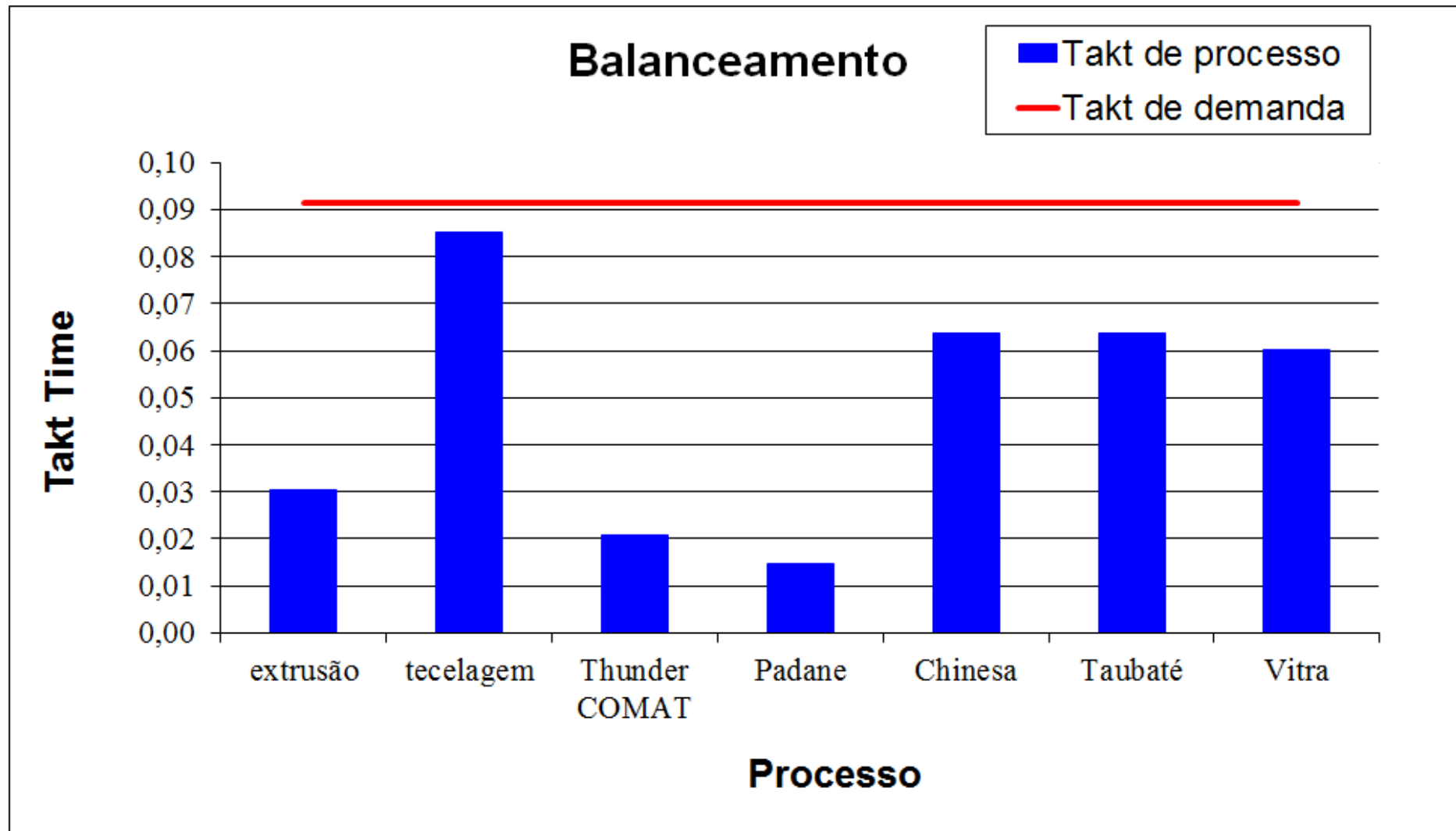
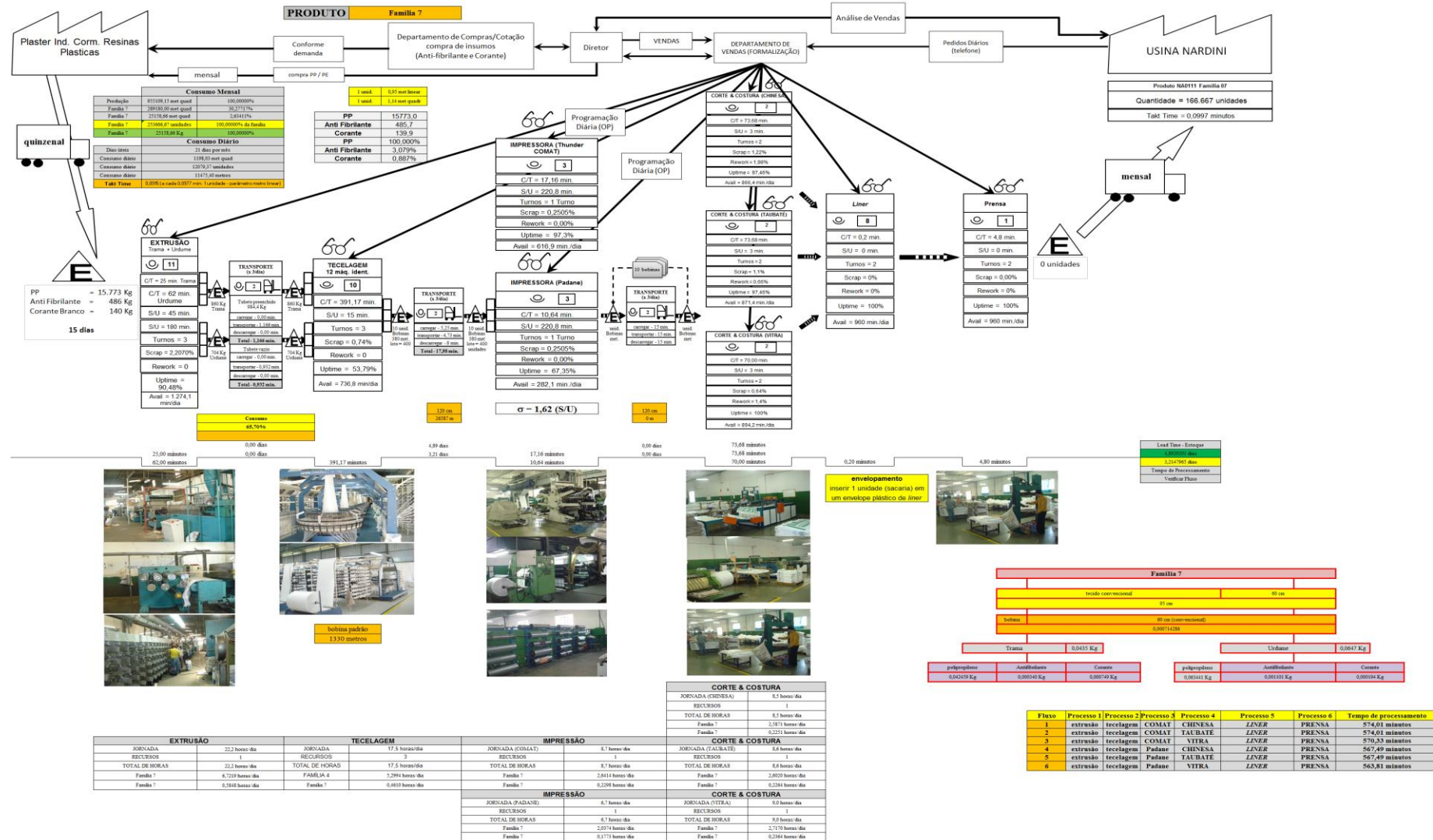


Figura 5.44 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 7. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 8

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.45 – Balanceamento da Família 8. Fonte: Próprio autor.

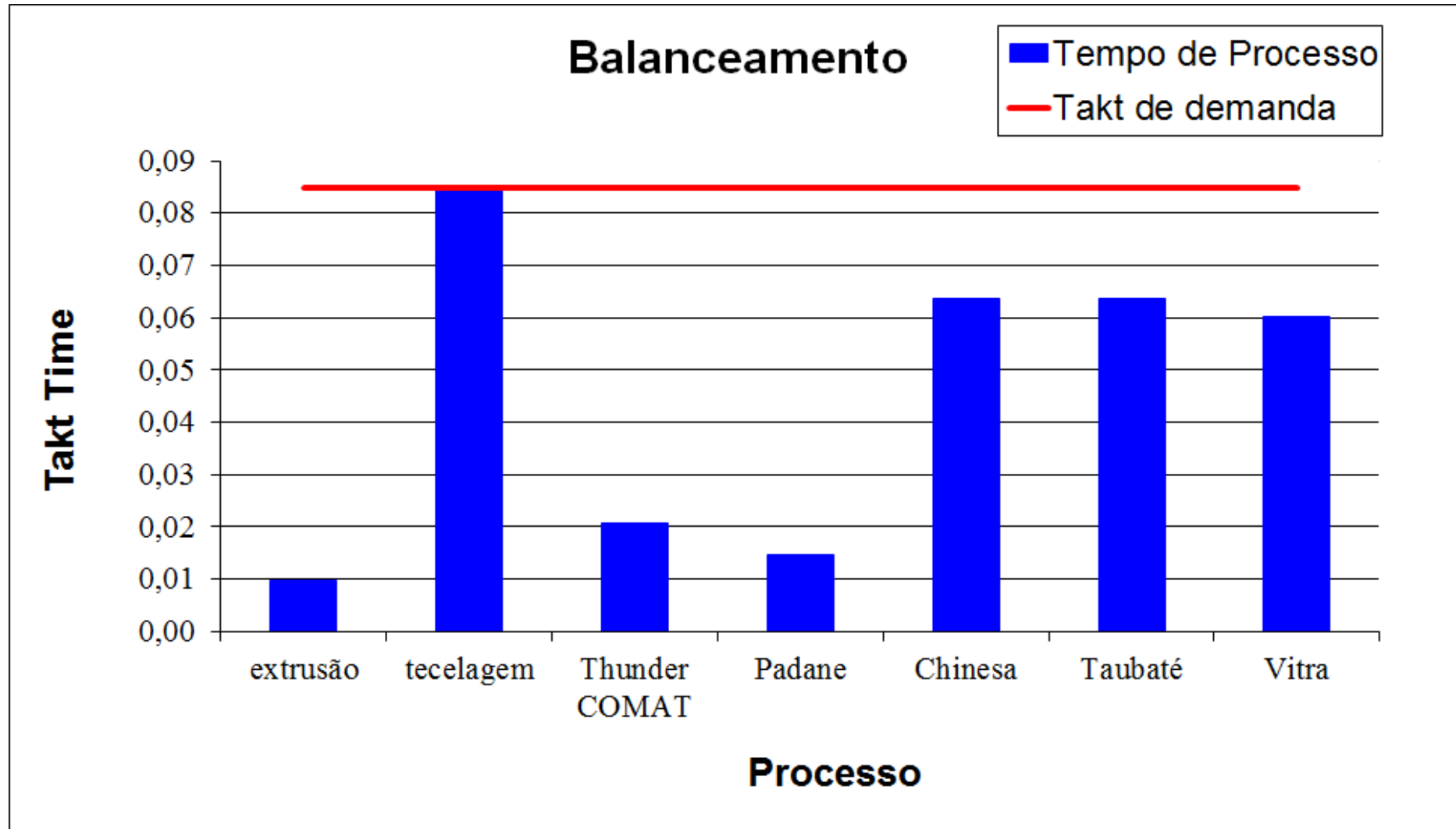
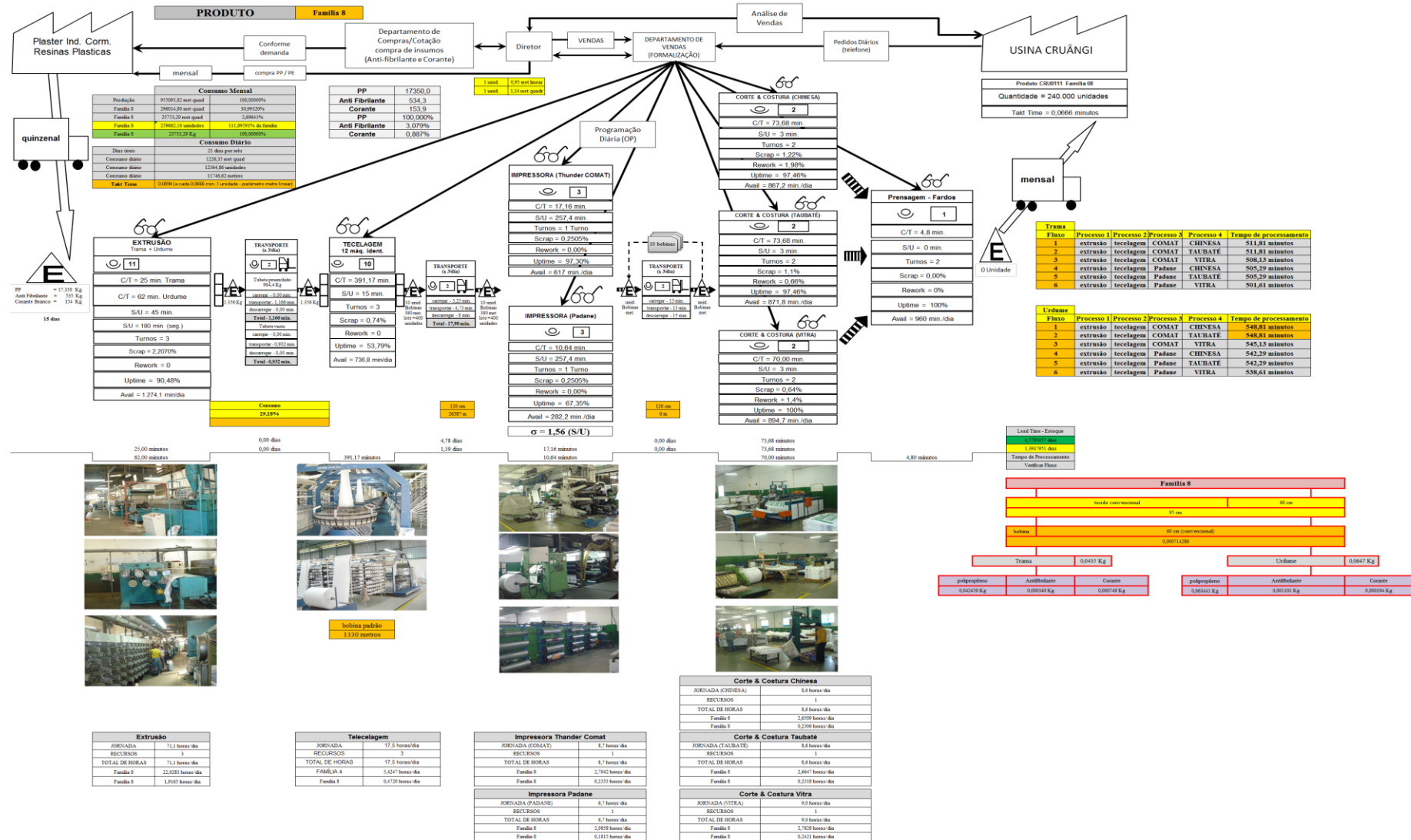


Figura 5.46 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 8. Fonte: Próprio autor.



Mapa Futuro
VALUE STREAM MAPPING
FAMÍLIA 9

Fonte: Próprio Autor (2012).

Grupo de Pesquisa TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção.

Figura 5.47 – Balanceamento da Família 9. Fonte: Próprio autor.

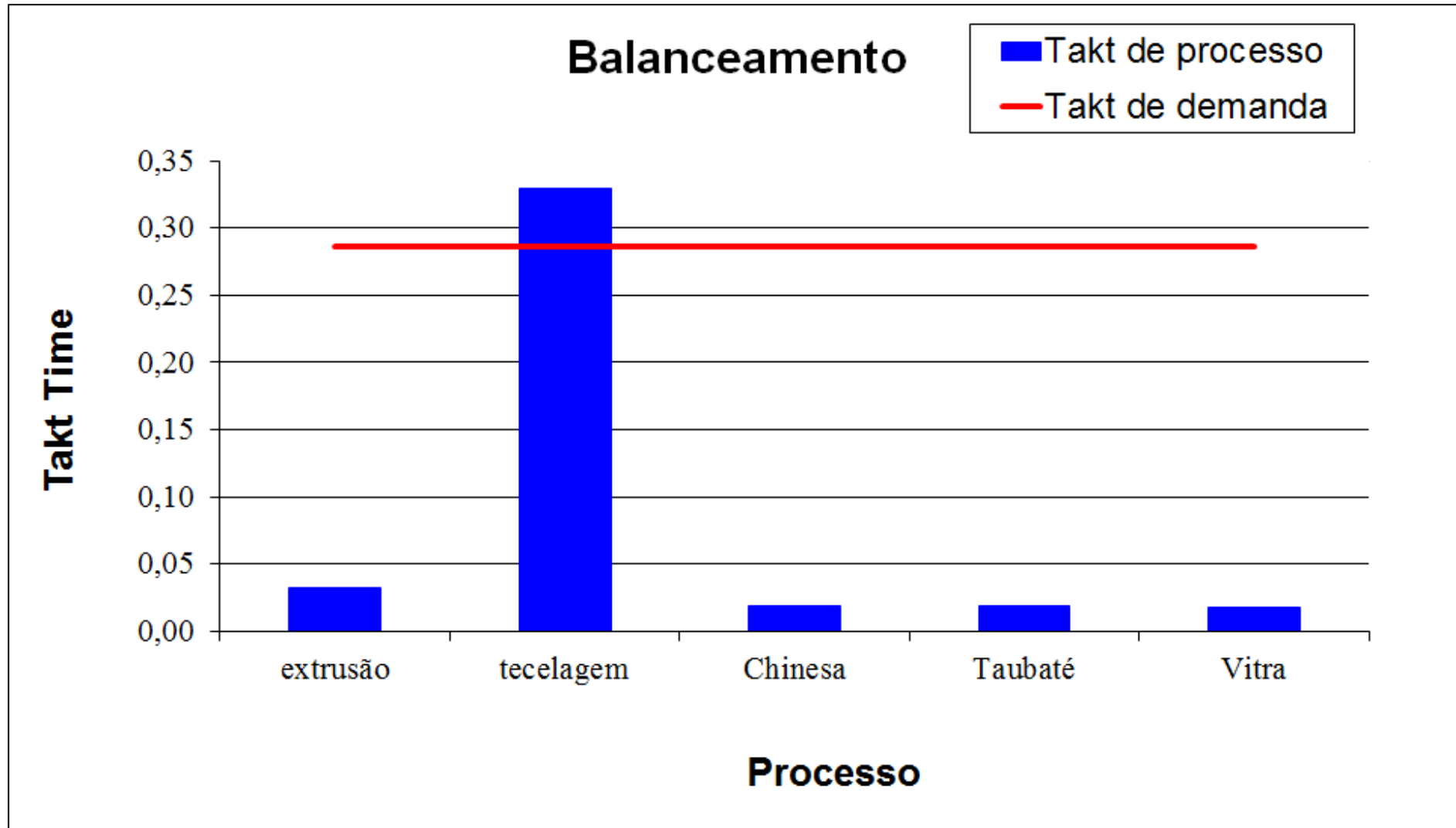
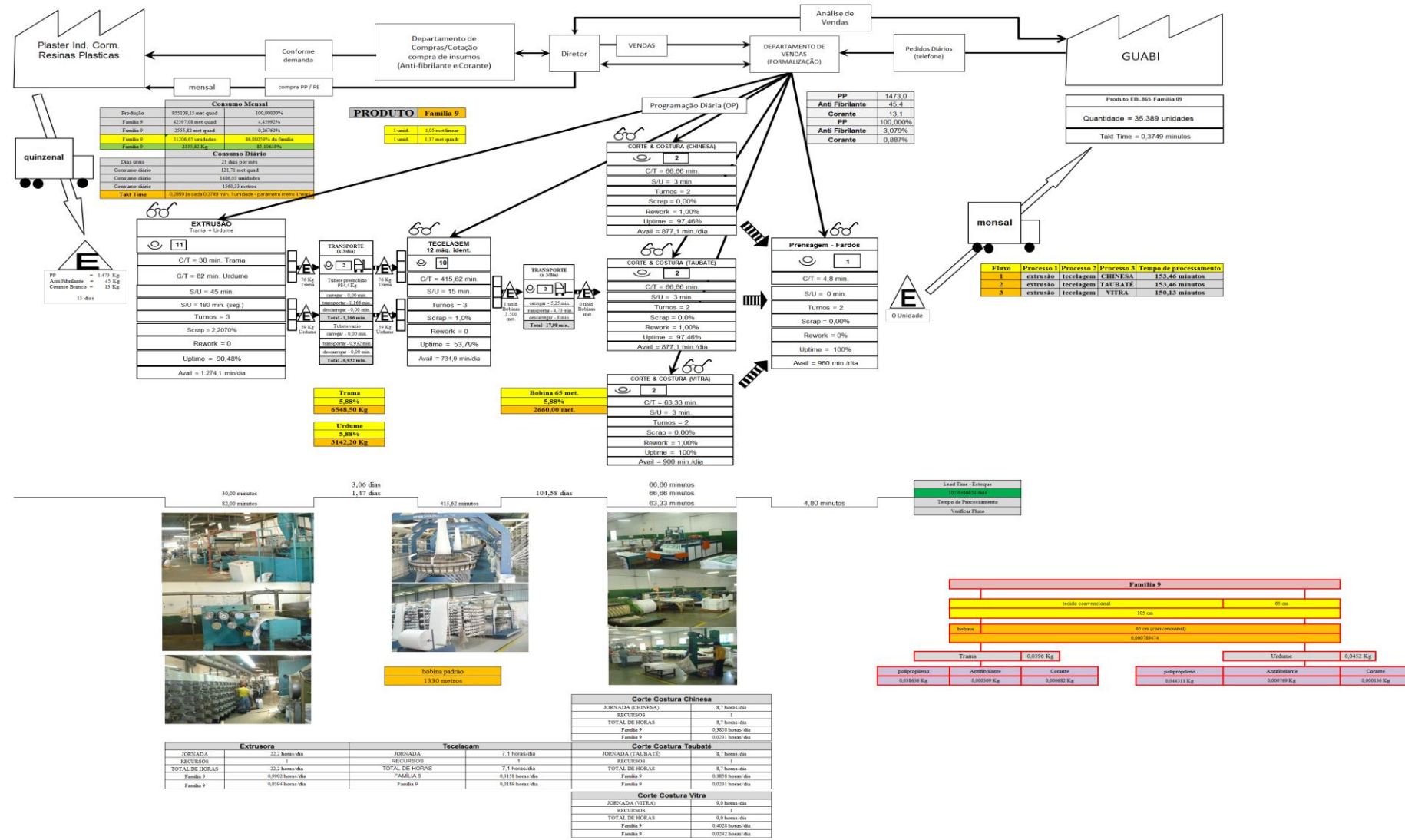


Figura 5.48 – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 9. Fonte: Próprio autor.



5.13 – Variabilidade dos cenários de simulação

A Figura 5.49 mostra a variabilidade do sistema de produção de acordo com os cenários de simulação e as respectivas famílias de produtos.

De acordo com os cenários as famílias de produtos, com exceção das famílias de produtos 1, 4 (com exceção dos produtos fabricados nas linhas 10 e 11), 5 e 6 possuem a variabilidade das quantidades produzidas abaixo da média de produção.

O resultado é devido à ênfase dada aos produtos fabricados no sistema de produção estudado com impressão por se tratar de clientes que podem aumentar o volume de unidades de embalagens por produto, clientes como usinas de açúcar, fabricantes de ração animal e outros fabricantes em que as embalagens são impressas com a arte do cliente por tipo de produto a ser embalado.

Um aspecto importante a partir da análise da variabilidade é o fato dos cenários 2, 3, 4, 5 e 6 apresentarem um índice de baixa produtividade e um volume de produtos fabricado por família abaixo da média para a maioria das famílias dos produtos.

Já os cenários 7, 8, 9 e 10 demonstram uma redução da variabilidade, embora com volume ainda abaixo da média na maioria das famílias de produtos o que se altera a partir do cenário 11.

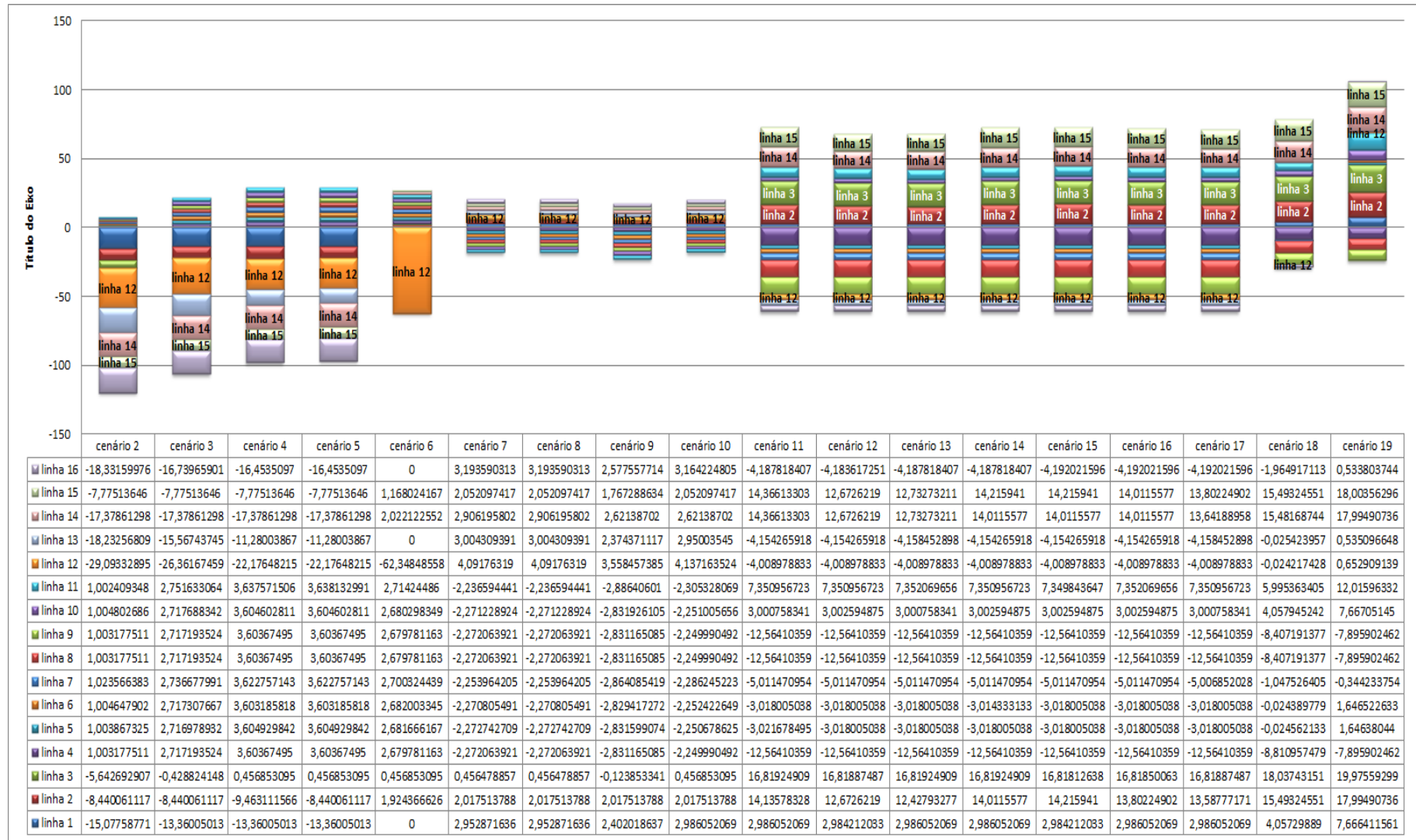
Nos cenários 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 há um aumento da variabilidade do volume fabricado dos produtos acima da média de produção o que indica ganho de produtividade, de modo a validar as propostas de mudanças do sistema de produção sugeridas no escopo da presente dissertação.

Desse modo, os cenários 18 e 19 representam os ajustes realizados a partir dos turnos de trabalho definidos por recurso de manufatura, mantendo a variabilidade do volume produzido dos produtos acima da média de produção.

O indicador S/N, contudo, mostra que há a possibilidade de ganho, sem dúvida, significativo no âmbito do volume produzido dos produtos de praticamente todas as famílias de produtos, principalmente as famílias de produtos com processo de impressão, mantendo um fator de carga mais adequado quanto ao uso dos recursos de manufatura.

Cabe, como mencionado ajustar o modelo à prática operacional da fábrica o que certamente de reduzir os ganhos da ordem de – 20% o que ainda torna os ganhos a partir das mudanças sugeridas significativo. Cabe, portanto, a criação e a manutenção de uma sistemática de trabalho que deve permitir a manutenção e o controle efetivo do desempenho do sistema de produção de acordo com o previsto a partir do presente trabalho.

Figura 5.49 – Variabilidade do sistema de produção (S/N). Fonte: Próprio autor.



5.14 – Considerações finais

De acordo com a Figura 5.50 a taxa de abastecimento de 46,553 unidades por minuto e a taxa de produção de 29,496 unidades por minuto demonstra o baixo desempenho do sistema a partir da relação de transformação de 63,4%. As Figuras 5.51, 5.52 e 5.53 mostram os resultados pontualmente para os processos de fabricação tecelagem, impressão e corte & costura. A Figura 5.54, cenário 3, a partir da mesma taxa de abastecimento de 46,553 unidades por minuto apresenta a taxa de produção de 38,423% com um resultado, após a 1ª alteração do *layout*, da relação de transformação de 82,54%. Há nesse caso ganho de desempenho a partir da 1ª mudança do *layout*.

A Figura 5.58, cenário 4, a partir da mesma taxa de abastecimento de 46,553 unidades por minuto apresenta a taxa de produção de 41,684% com um resultado, após a 2ª alteração do *layout*, da relação de transformação de 89,54%. Há nesse caso ganho acumulado de desempenho a partir da 1ª e da 2ª mudança do *layout*. A Figura 5.62, cenário 5, a partir da mesma taxa de abastecimento de 46,553 unidades por minuto apresenta a taxa de produção de 41,953% com um resultado, após a 1ª e a 2ª alteração do *layout* em conjunto com a 1ª alteração do procedimento do *setup* do processo de impressão, da relação de transformação de 90,12%. No processo de impressão o ganho quanto as unidades processadas houve uma alteração de 13,54% para 14,10%, ou seja, um ganho de 0,56%. Há nesse caso ganho acumulado de desempenho a partir da 1ª e da 2ª mudança do *layout* e da 1ª mudança do procedimento do *setup*.

Contudo, a taxa de ocupação da máquina extrusora no cenário 2 é de 68,81% e do cenário 5 de 77,52%, com aumento da ordem de 8,71%. Em função dos resultados dos cenários anteriores no cenário 6 à taxa de abastecimento foi alterada para 66,157 unidades por minuto, um aumento de 42,11%. A Figura 5.66 mostra o aumento da taxa de abastecimento e consequentemente a taxa de produção de 60 unidades por minuto. A Figura 5.70 mostra o ajuste da taxa de abastecimento para 77 unidades por minuto do cenário 7 e a taxa de produção para 55 unidades por minuto, ou seja, uma relação de 71,43% e um aumento da porcentagem de processamentos dos produtos no processo de impressão da ordem de 45,23%.

As mudanças do *layout* e do procedimento do *setup* permitiram um aumento do volume de produtos produzidos. A partir dos cenários anteriores o ajuste do tamanho do lote de impressão no cenário 11, Figura 5.74, mostra os resultados a partir da taxa de abastecimento de 63,334 unidades por minuto e da taxa de produção de 57,920 unidades por minuto com um volume de produtos no processo de impressão da ordem de 48,31%.

Outra variável importante no contexto do processo de fabricação impressão é o tamanho do lote de fabricação. A Figura 5.78 do cenário 12 mostra a redução da taxa de produção de 57,920 unidades por minuto no cenário 11 para 53,167 unidades por minuto no cenário 12 (redução de 8,20%), além da redução do volume de produtos impressos de 48,31% no processo 11 para 43,68% (redução de 9,6%) no cenário 12. No cenário 13, de acordo com a Figura 5.82 a alteração do tamanho do lote influencia de modo acumulado, com menor intensidade do que no cenário 12. De acordo com a Figura 5.86, cenário 14, a redução do tamanho do lote altera a taxa de produção de 53,167 unidades por minuto no cenário 13 para 57,254 unidades por minuto no cenário 14 com ganho de 9,5% a partir do aumento da porcentagem de produtos impressos de 43,57% para 47,71%.

O dimensionamento dos cartões *kanban* nos cenários 15, 16 e 17 mostra a partir das Figuras 5.90, 5.94 e 5.98 os resultados da Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Resultados dos cenários 15, 16 e 17 – Famílias 2, 7 e 8. Fonte: Próprio autor.

Indicador	Cenário 15	Cenário 16	Cenário 17
Taxa de abastecimento	63,334 unid./min.	63,334 unid./min.	63,334 unid./min.
Taxa de produção	57,465 unid./min.	56,822 unid./min.	56,15 unid./min.
Porcentagem - impressão	47,9%	47,31%	46,55%
Ocupação impressora COMT	24,78%	24,42%	24,8%
Ocupação impressora PADANE	24,82%	24,47%	24,83%
Corte e Costura Chinesa	28,09101%	27,51254%	26,83259%
Corte e Costura Vitra	33,96397%	33,46669%	32,87991%
Corte e Costura Taubate	38,57512%	38,13925%	37,52506%
Corte e Costura Supra	42,53565%	42,17142%	41,56110%
<i>Work in Process</i>	5.378	6.175	6.985
Produção	51.200	50.000	48.500
% (WIP / Produção)	10,5%	12,35%	14,4%

A alteração da frequência de solicitação dos cartões *kanban* entre a área de corte e costura e impressão não exerce uma influência negativa no desempenho do sistema se definida de acordo com o fluxo de produção do sistema de manufatura de modo a manter o equilíbrio, entre o volume em unidades solicitado pelo processo seguinte ao processo precedente de modo a adequar o nível de estoque entre eles.

A Tabela 5.1 mostra o aumento do *work in process* de 10,5% para 14,4% do cenário 15 para o cenário 17 com a redução da frequência de requisição dos cartões *kanban*.

As Figuras 5.102 e 5.106 mostram os resultados da simulação computacional dos cenários 18 e 19 respectivamente e as Tabelas 5.2 e 5.3 um resumo geral dos resultados dos cenários.

Tabela 5.2 – Porcentagem de processamento das unidades de embalagem por família de produtos e por processo de fabricação com a variação da ocupação do recurso abastecedor por cenário (Processo Embalagem). Fonte: Próprio autor.

Recursos	Cenários (% volume processado)														
	2	3	4	5	6	7	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Extrusão	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tecelagem	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Laminação	87,5	90,3	90,8	90,9	73,1	65,4	63,7	66,7	66,4	64,2	64,3	64,3	64,8	63,8	64,3
Impressora	20	15,4	13,5	14,1	41,1	45,2	48,3	43,7	43,6	47,7	47,9	47,3	46,5	47,2	47,3
Corte & Costura	41,3	45	43,8	44,1	63,4	70,1	71,8	69,2	69,2	71,4	71,5	71,2	70,8	71,4	69,2
Corte Lençol B.	57,2	53,6	54,7	54,3	36,6	21,2	20	21,8	21,8	20,2	20,1	20,4	20,6	20,1	21,8
Operação M. C.	57,2	53,6	54,7	54,3	36,6	21,2	20	21,8	21,8	20,2	20,1	20,4	20,6	20,1	21,8
Enroladeira	0,33	0,34	0,52	0,52	0,00	2,05	1,9	2,1	2,1	1,95	1,9	1,96	1,99	2,64	2,11
Embalagem	48,4	63,6	69,9	56,6	93	91,1	96,5	88,6	88,4	95,4	95,7	94,6	93,3	78,9	105

- Do cenário 2 ao cenário 5 – taxa de abastecimento atual do sistema de produção.

De acordo com a Tabela 5.2 é possível avaliar que a porcentagem do volume de unidades dos produtos fabricados processados em cada processo não se altera significativamente a partir do cenário 6.

Desse modo, a taxa de abastecimento de 63,334 unidades por minuto do cenário 11 ao cenário 17, de 61,9 unidades por minuto do cenário 18 e 82,5 unidades por minuto do cenário 19 demonstra que o cenário 18 com os turnos de trabalho manteve o desempenho do sistema de produção dentro do previsto com a taxa de abastecimento mais adequada sem causar saturação do sistema quanto ao volume de material em processo movimentado, o que pode ser considerado também, quanto a ocupação dos recursos mantida dentro dos padrões desejados de acordo com a Tabela 5.3. No caso da ocupação dos recursos, no cenário 18, o fator de carga da ordem de 78,98% para o tipo de indústria estudado é bem razoável.

A dúvida quanto a operação do sistema de produção no mundo real é quanto ao controle e manutenção do fluxo de produção uniforme como idealizado a partir do modelo de simulação computacional, o que somente será exequível, como exposto se a empresa buscar estabelecer como meta uma sistemática de programação da produção eficiente e eficaz dos processos de fabricação, além de manter no quadro o número de 20 “abastecedores” com a função de atender a fábrica como um todo quanto ao processo de “puxar” a produção mantendo os níveis de estoques de segurança ao longo do processo adequadamente e o nivelamento do número de cartões *kanban* e a frequência de abastecimento desses cartões de acordo com a demanda entre os processos de impressão e corte e costura.

Tabela 5.3 – Porcentagem de ocupação dos recursos de manufatura por cenário. Fonte: Próprio autor.

Recursos	Cenários (% ocupação dos recursos)														
	2	3	4	5	6	7	11	12	13	14	15	16	17	18	19
C. e Cost. Chinesa	7,0	9,5	9,8	10,0	23,6	25,8	28,0	24,6	24,6	27,8	28,1	27,5	26,8	22,5	29,0
C. e Cost. Supra	10,2	14,4	15,2	15,4	29,4	31,7	34,6	30,4	30,3	33,9	34,0	33,5	32,9	27,1	35,8
C. e Cost. Taubate	12,9	18,9	20,2	20,5	34,1	36,5	39,4	35,2	35,0	38,4	38,6	38,1	37,5	31,7	42,0
C. e Cost. Vitra	15,5	23,3	25,0	25,3	38,2	40,6	43,4	39,4	39,2	42,5	42,5	42,2	41,6	36,0	47,5
Corte lencol e box	28,1	34,3	38,0	38,0	34,2	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	15,9	23,0
Embalagem 001	48,4	63,6	69,9	56,6	93,0	91,1	96,5	88,6	88,4	95,4	95,7	94,7	93,3	78,9	105
Enroladeira F06	0,2	0,2	0,4	0,4	0,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,1	2,2
Extrusora 01	68,8	77,5	77,5	77,5	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	79,2	105
Imp. COMT	6,6	6,6	6,3	6,6	23,8	25,6	31,1	20,4	19,4	24,5	24,8	24,4	24,8	19,8	26,4
Imp. PADANE	6,6	6,6	6,3	6,6	23,8	25,6	31,1	20,4	19,4	24,6	24,8	24,5	24,8	20,0	26,6
Laminadora	45,0	59,8	65,5	65,5	69,9	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	50,4	67,8
Operação manual	28,1	34,3	38,0	38,0	34,2	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	15,9	23,0
Tear 01	6,0	6,0	6,0	6,0	16,6	18,9	18,9	18,9	18,9	19,0	18,9	18,9	18,9	12,5	17,9
Tear 02	11,5	11,5	11,6	11,6	30,1	33,5	33,5	33,4	33,3	33,3	33,3	33,4	33,5	25,1	32,7
Tear 03	16,7	16,7	16,6	16,6	39,7	42,8	42,8	42,9	43,1	42,7	43,0	42,9	42,9	37,3	47,3
Tear 04	6,1	8,4	8,4	8,4	7,5	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	4,6	7,6
Tear 05	11,8	16,1	16,0	16,0	14,5	13,0	13,0	13,0	13,0	12,9	12,9	13,0	13,0	9,2	13,1
Tear 06	16,6	22,8	22,7	22,7	20,4	18,4	18,5	18,4	18,5	18,5	18,5	18,4	18,5	13,8	18,6
Tear 07	20,8	28,1	28,2	28,2	25,6	23,1	23,1	23,4	23,1	23,1	23,2	23,4	23,3	18,4	24,0
Tear 08	24,5	32,8	32,9	33,1	30,0	27,5	27,3	27,7	27,5	27,6	27,6	27,4	27,5	23,1	29,6
Tear 09	27,7	37,2	37,2	37,3	34,5	31,6	31,4	31,2	31,4	31,5	31,2	31,0	31,0	18,5	35,3
Tear 10	30,5	40,6	40,9	40,5	37,8	34,6	34,5	34,2	34,6	34,5	34,6	34,6	34,3	18,5	40,8
Tear 11	32,9	43,6	43,6	43,8	41,1	37,6	37,7	37,6	37,5	37,5	37,7	37,6	37,2	37,4	46,5
Tear 12	34,9	46,3	45,9	46,0	43,5	40,0	40,0	39,9	40,0	40,1	39,9	40,0	40,3	41,9	58,9

De acordo com a Tabela 5.3 o cenário 18, com os turnos de trabalho definidos por recurso de manufatura, demonstra a partir da ocupação do recurso extrusora (restrição ou gargalo do processo de fabricação) uma ocupação de 79,2%, bem razoável com um fator de carga de 79,98%. O resultado do cenário 18 indica a exequibilidade do plano de produção proposto a partir da simulação computacional para o sistema de produção estudado. Devendo obviamente, como proposto, manter a mão de obra de abastecimento dimensionada em 20 colaboradores os quais devem ser comprometidos com a manutenção do fluxo de produção o mais contínuo possível, apoiados pela estrutura do PCP (Planejamento e Controle da Produção) responsável pela sistemática da programação da produção (*Scheduling*) em contrapartida com o controle do sistema a partir do apontamento do processo de fabricação on-line, em tempo real com as intervenções necessárias a partir das anomalias que possam vir a ocorrer, pontualmente ou em função de descontrole o que não pode em nenhuma hipótese ser permitido.

Por fim, o cenário 19 demonstra o nível de saturação do sistema que operou no seu limite enquanto o cenário 18 demonstra parâmetros de operação do sistema mais compatível com a prática operacional, devendo obviamente ser considerado as perdas potenciais da ordem de aproximadamente 20% dos resultados apontados para este cenário. Contudo, cabe na prática validar os dados *in loco* na manufatura objeto do estudo do presente trabalho.

Figura 5.50 – Desempenho do sistema de produção – cenário 2. Fonte: Próprio autor.

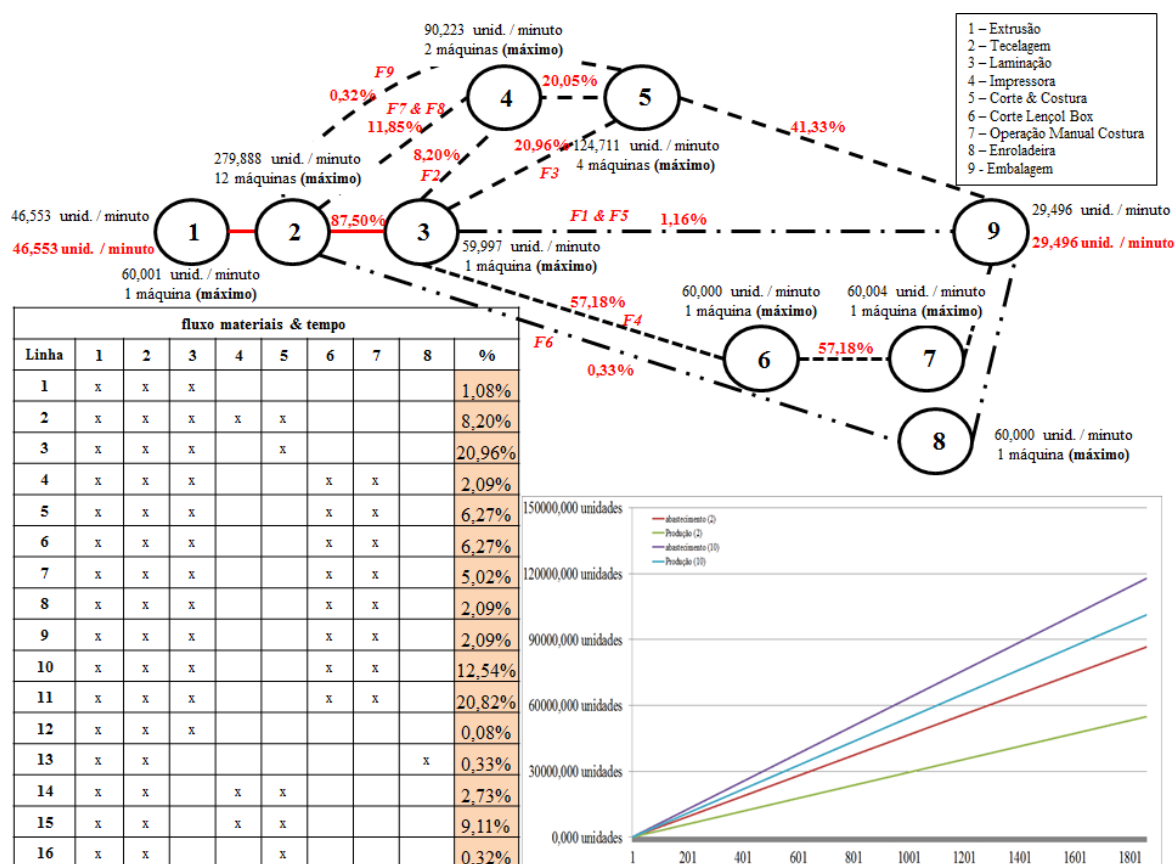


Figura 5.51 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 2. Fonte: Próprio autor.

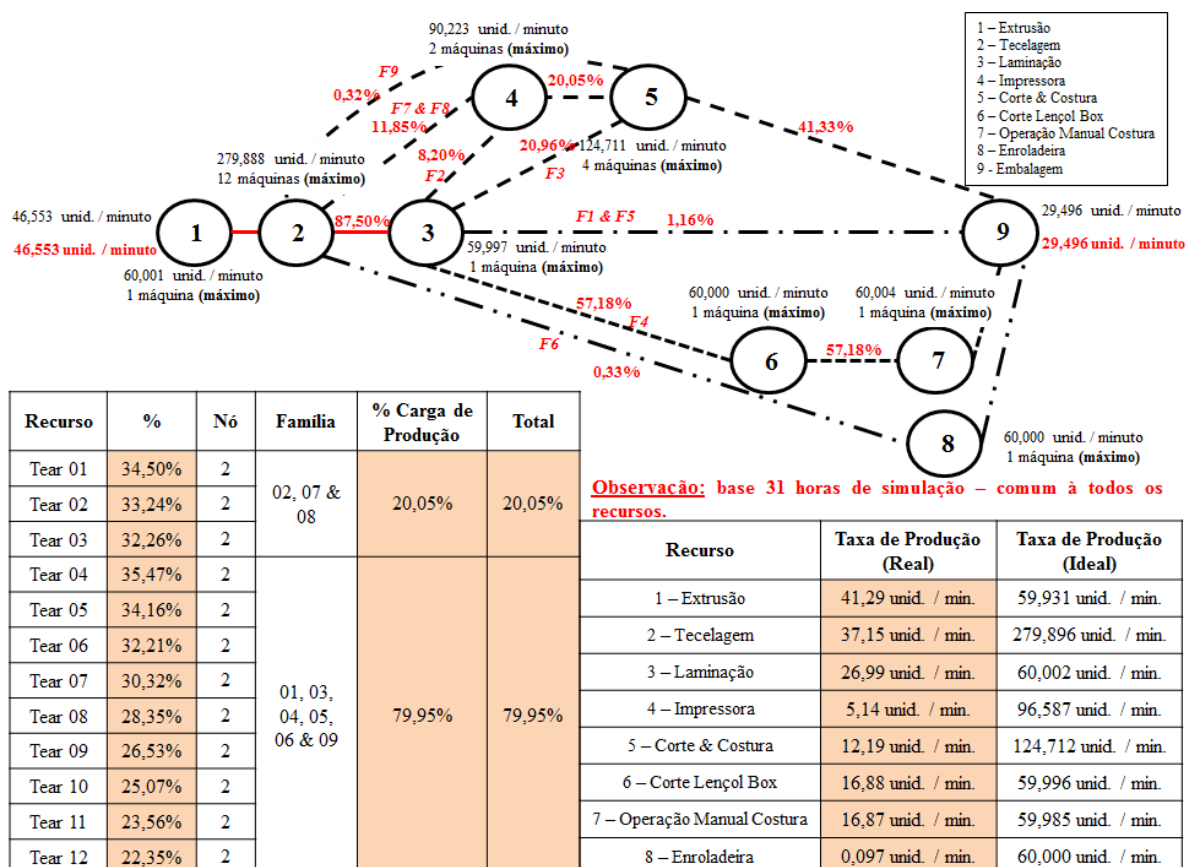
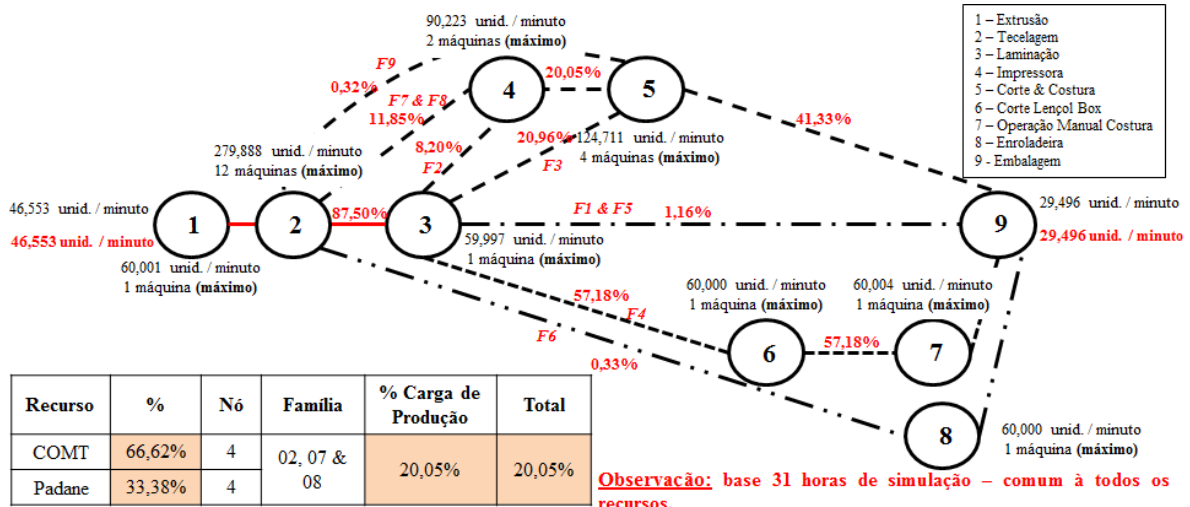
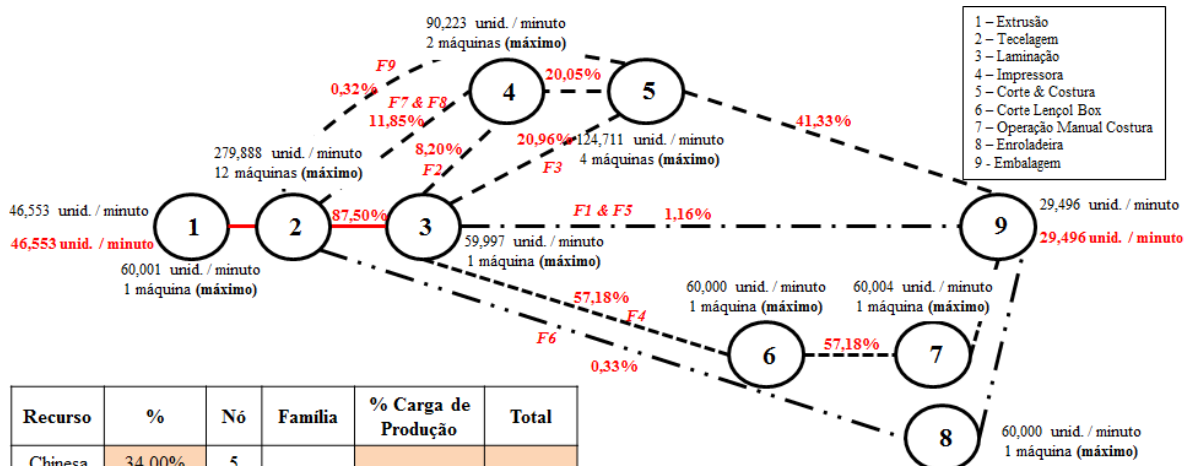


Figura 5.52 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 2. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	41,29 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	37,15 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	26,99 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,14 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	12,19 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	16,88 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	16,87 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,097 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.53 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 2. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	41,29 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	37,15 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	26,99 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,14 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	12,19 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	16,88 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	16,87 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,097 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.54 – Desempenho do sistema de produção – cenário 3. Fonte: Próprio autor.

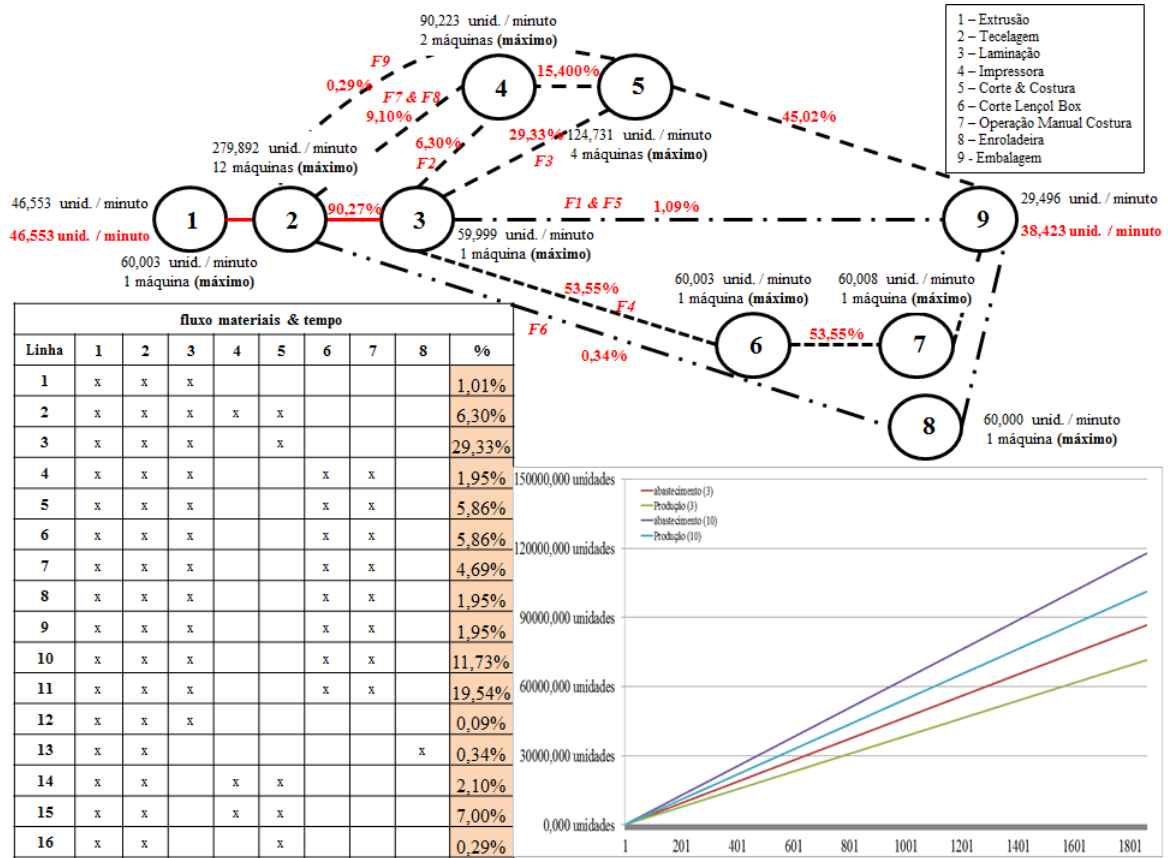


Figura 5.55 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 3. Fonte: Próprio autor.

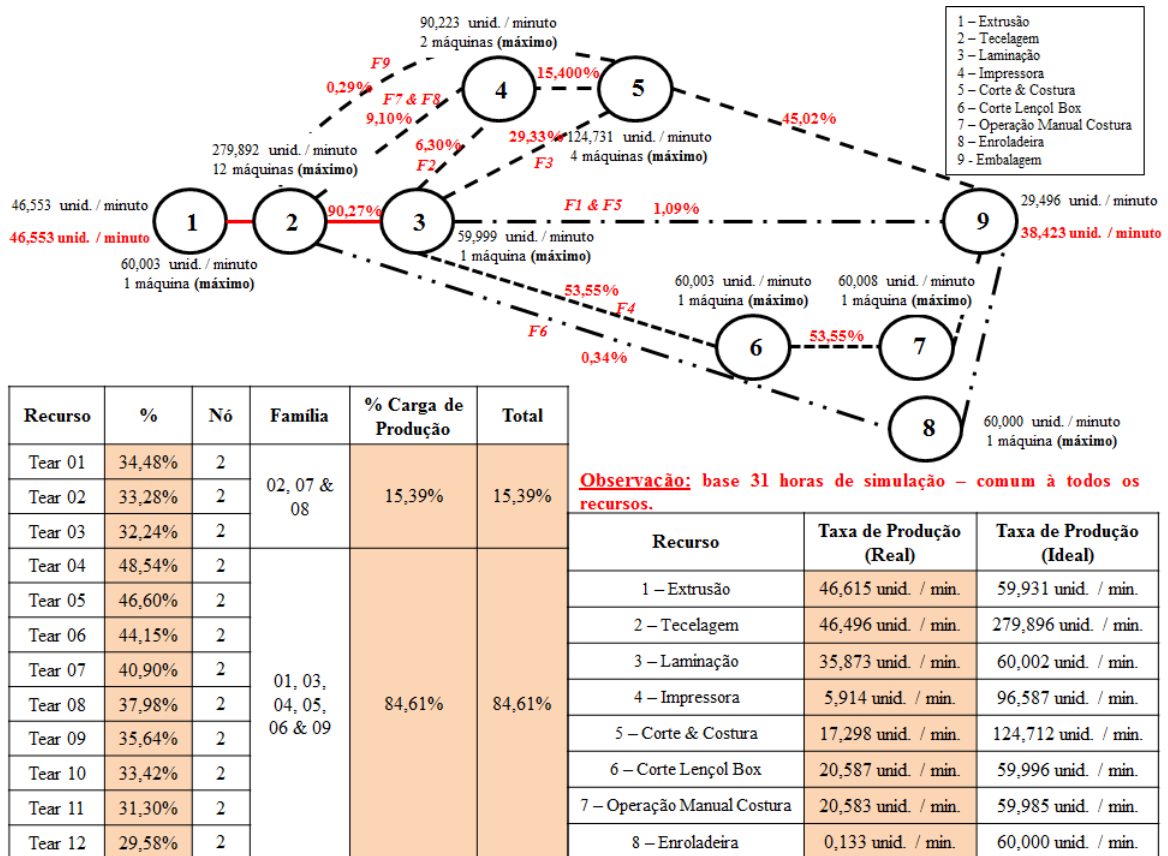
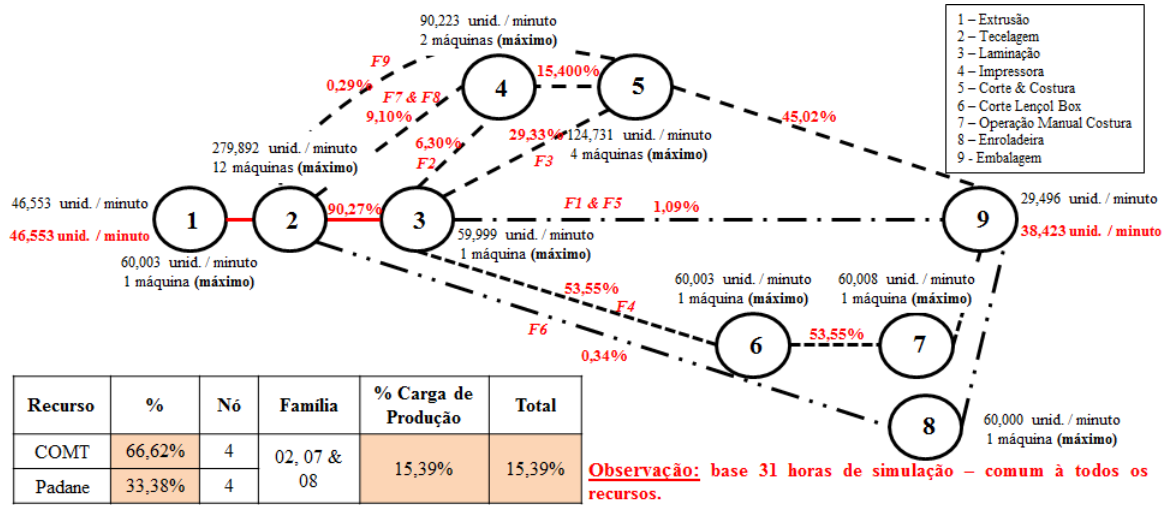
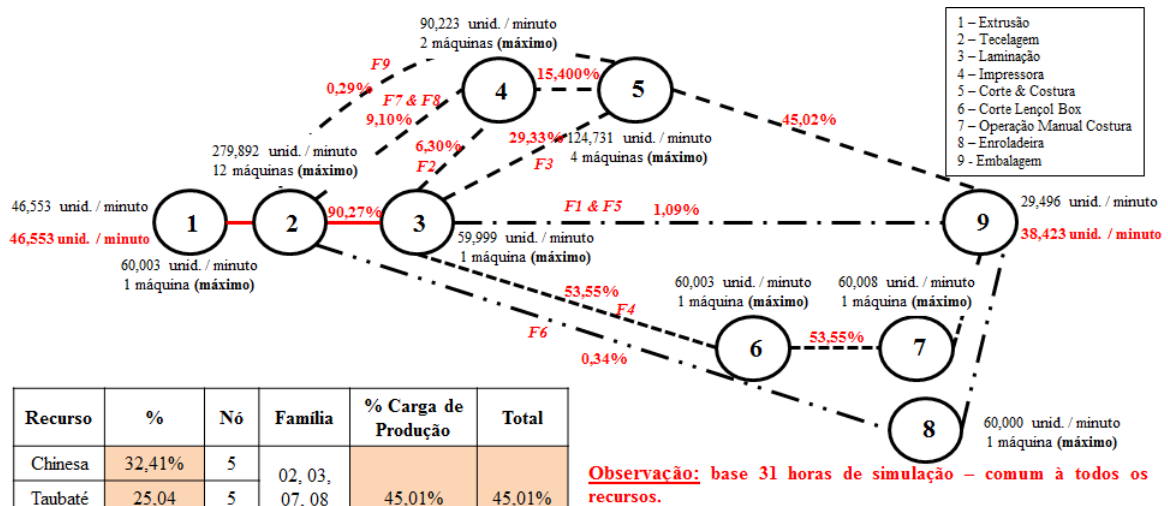


Figura 5.56 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 3. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,615 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,496 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	35,873 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,914 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	17,298 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	20,587 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	20,583 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,133 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.57 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 3. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,615 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,496 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	35,873 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,914 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	17,298 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	20,587 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	20,583 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,133 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.58 – Desempenho do sistema de produção – cenário 4. Fonte: Próprio autor.

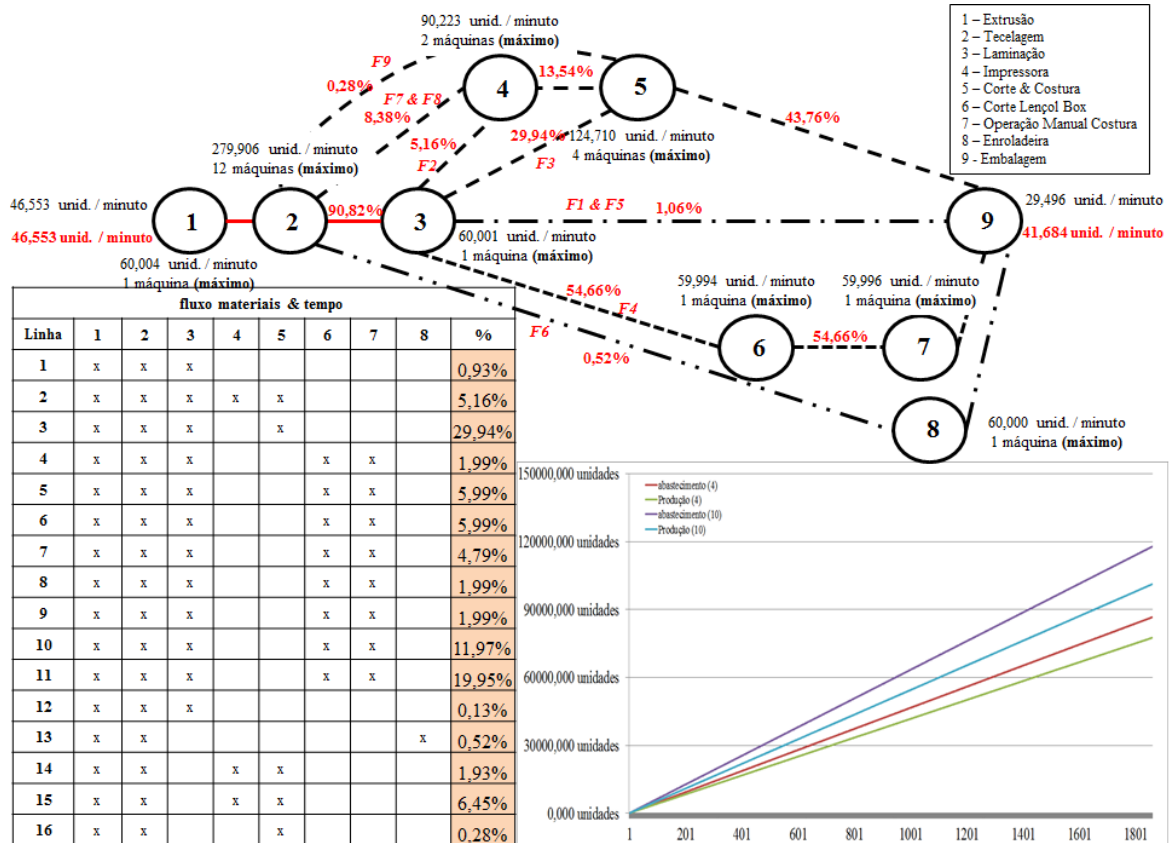


Figura 5.59 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 4. Fonte: Próprio autor.

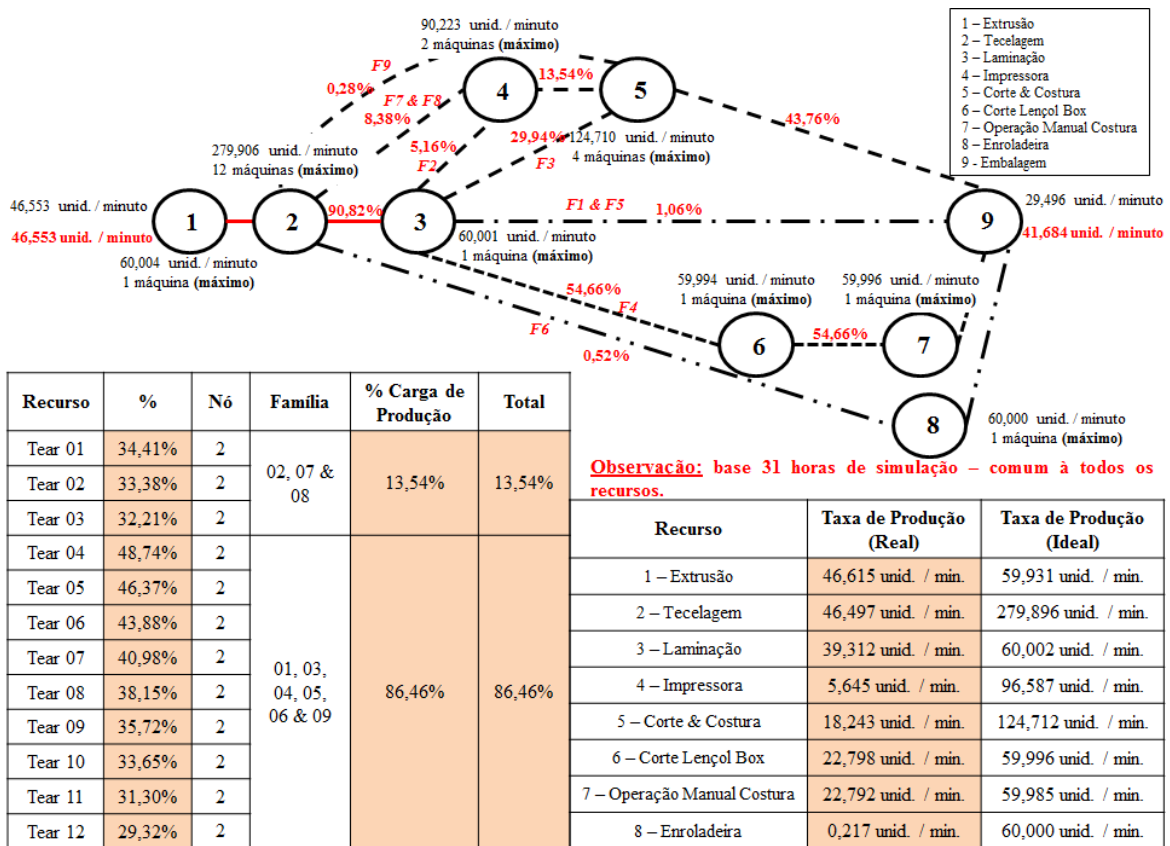
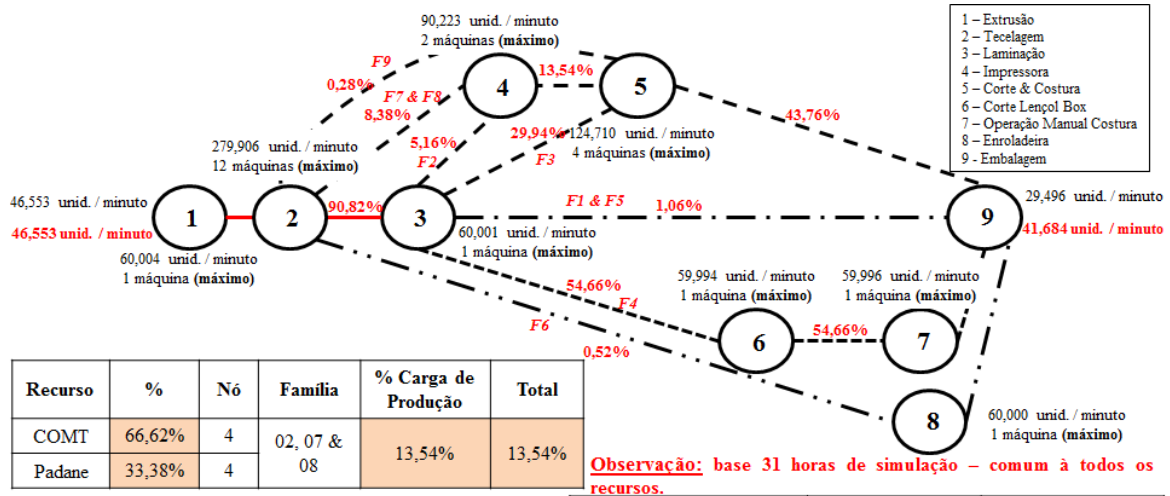
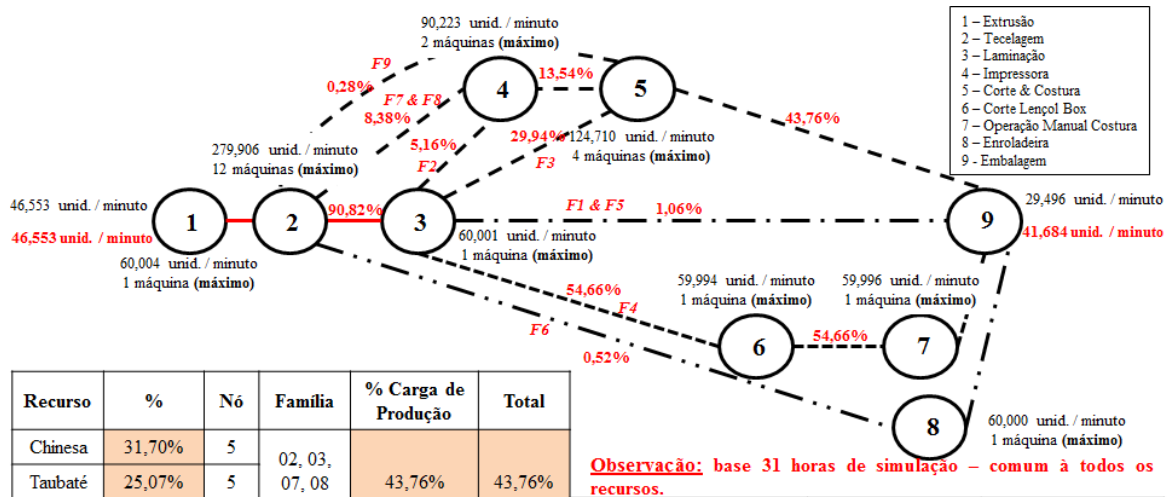


Figura 5.60 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 4. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,615 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,497 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	39,312 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,645 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	18,243 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	22,798 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	22,792 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,217 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.61 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 4. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,615 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,497 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	39,312 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,645 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	18,243 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	22,798 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	22,792 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,217 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.62 – Desempenho do sistema de produção – cenário 5. Fonte: Próprio autor.

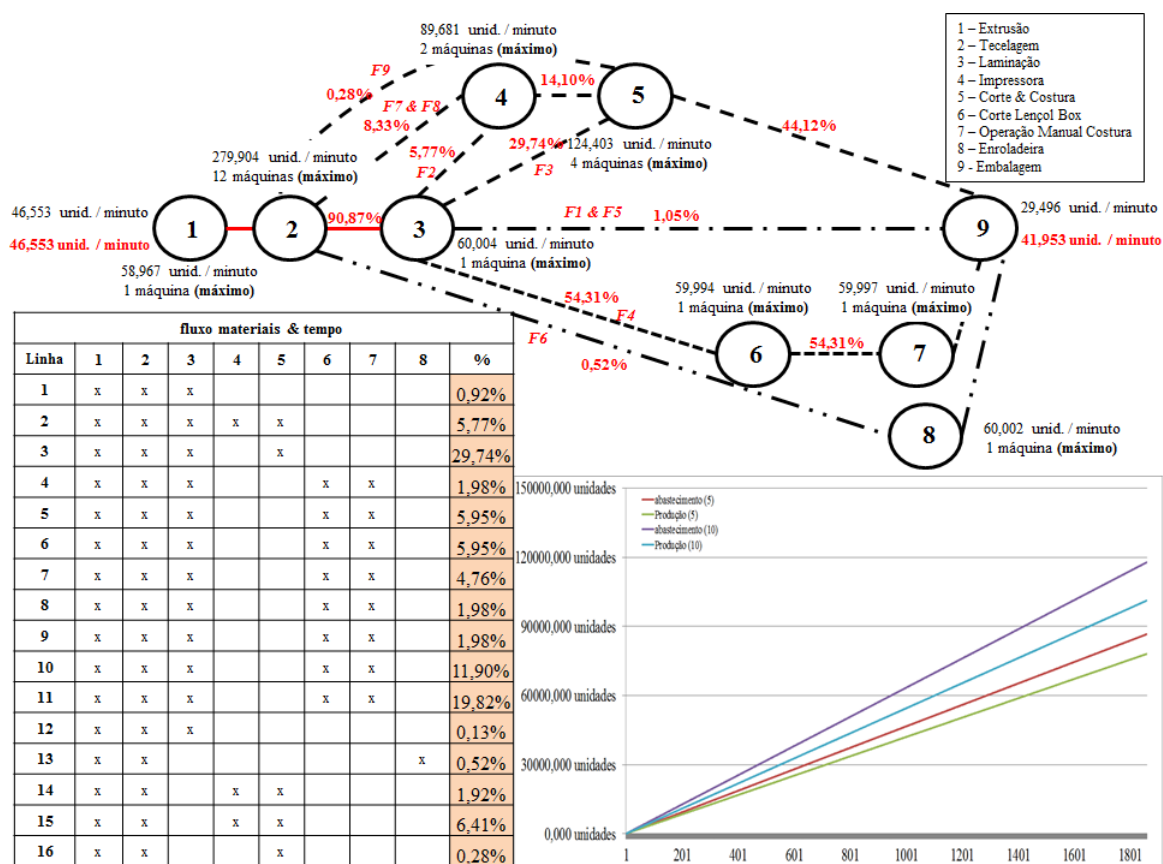


Figura 5.63 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 5. Fonte: Próprio autor.

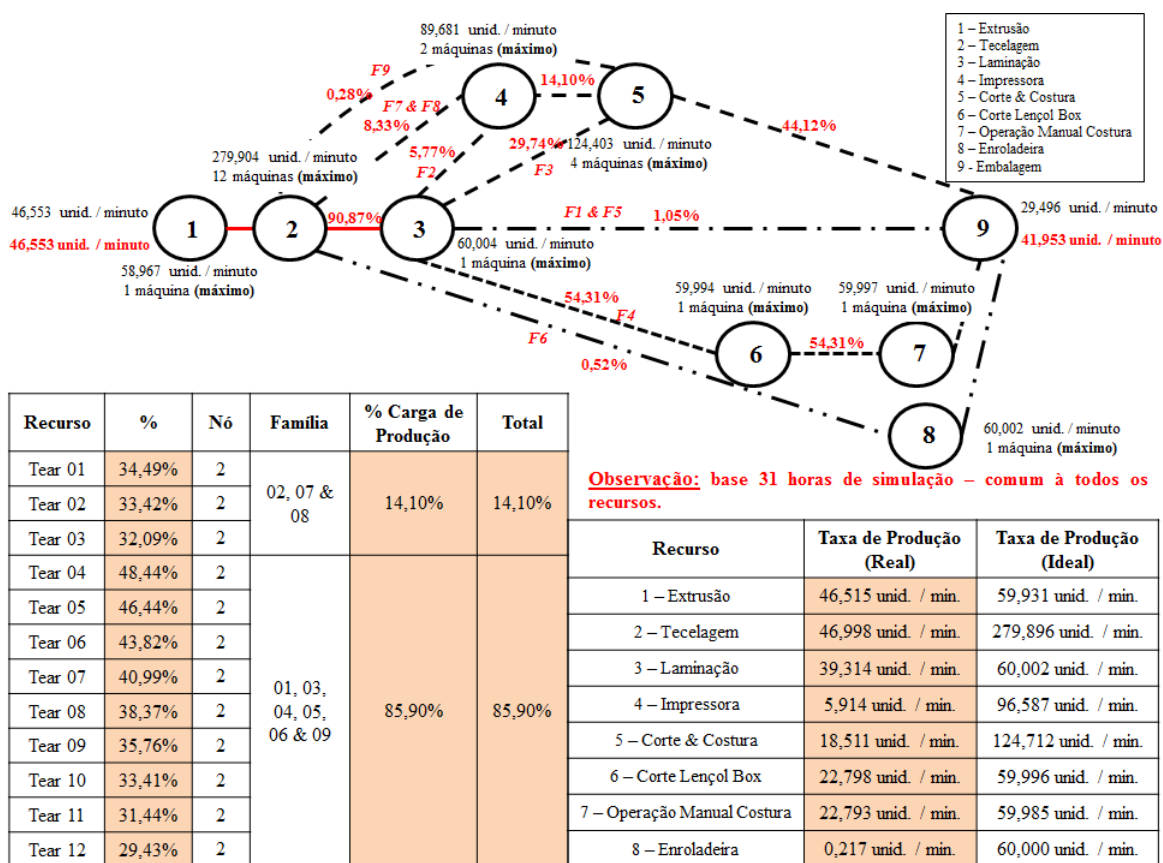
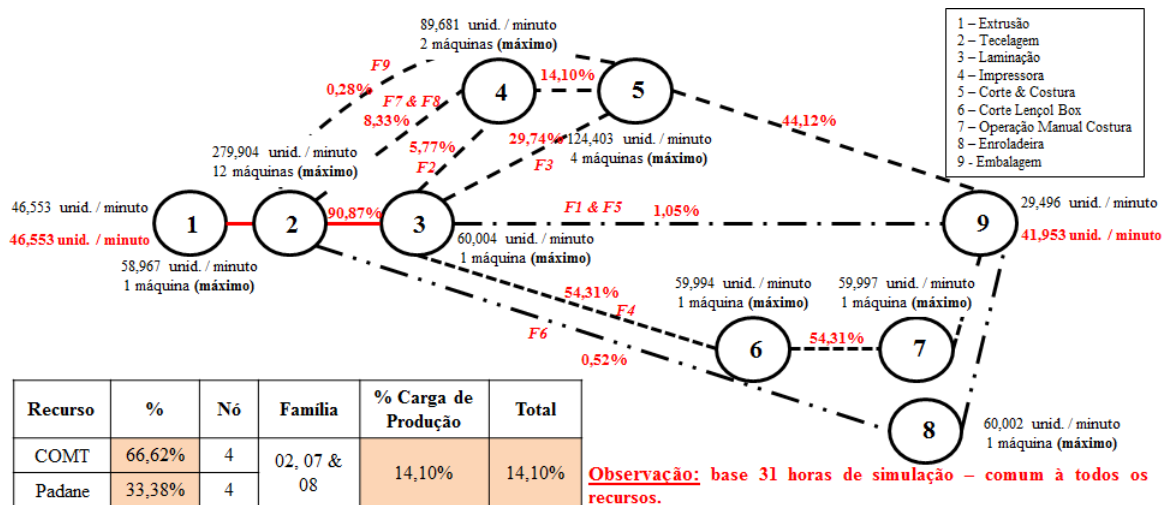
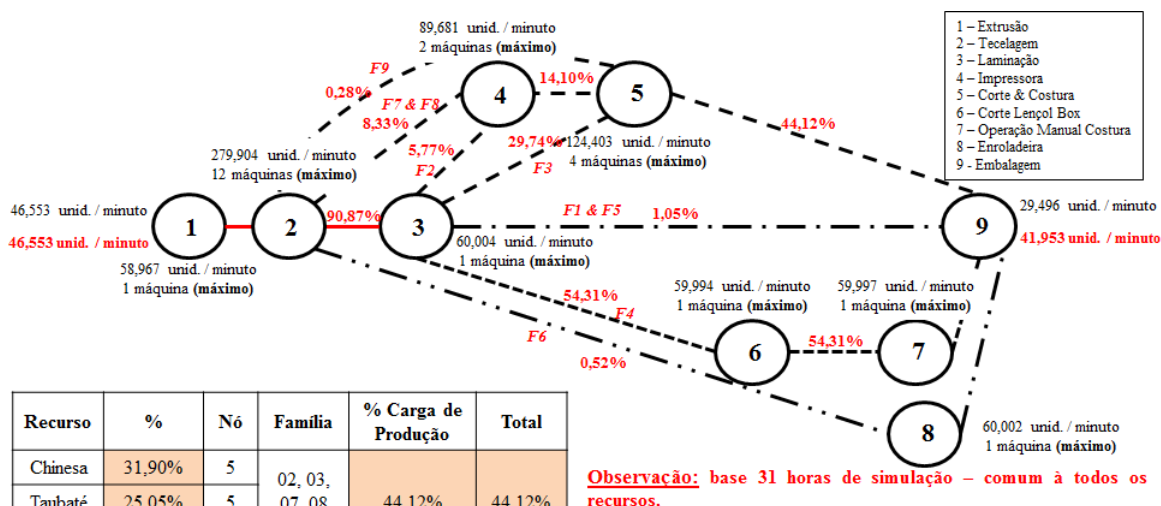


Figura 5.64 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 5. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,515 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,998 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	39,314 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,914 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	18,511 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	22,798 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	22,793 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,217 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.65 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 5. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	46,515 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	46,998 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	39,314 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	5,914 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	18,511 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	22,798 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	22,793 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,217 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.66 – Desempenho do sistema de produção – cenário 6. Fonte: Próprio autor.

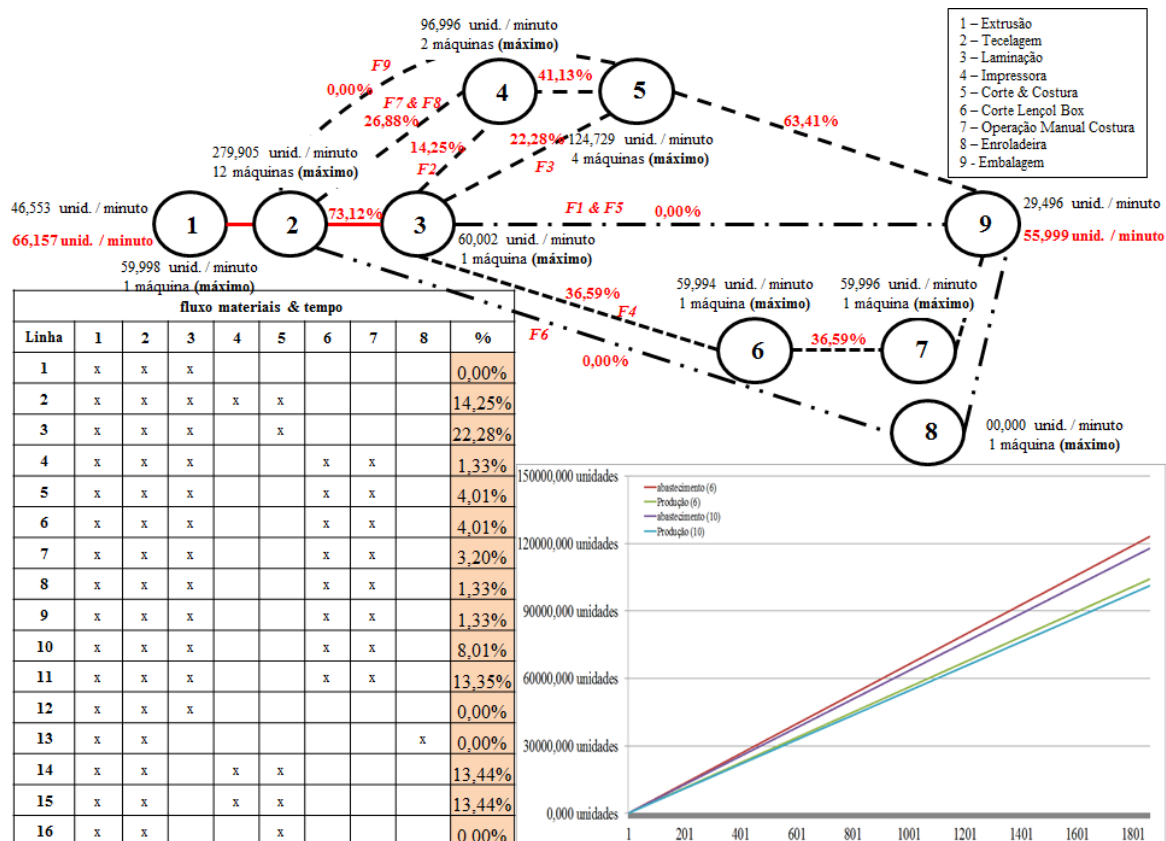


Figura 5.67 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 6. Fonte: Próprio autor.

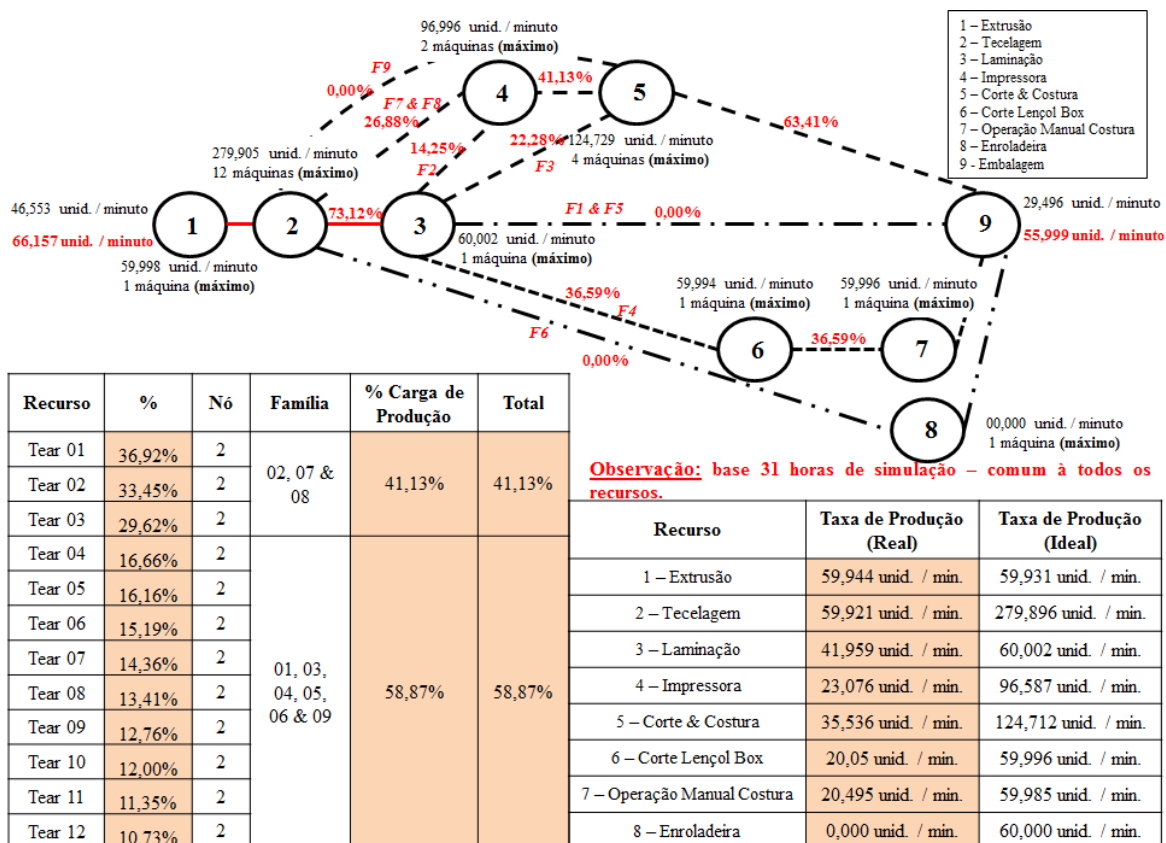
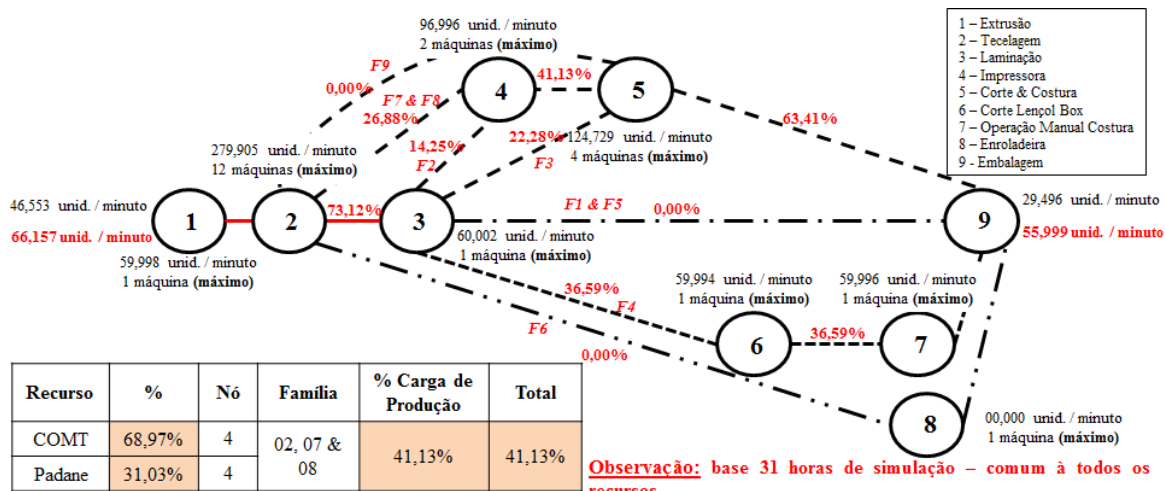
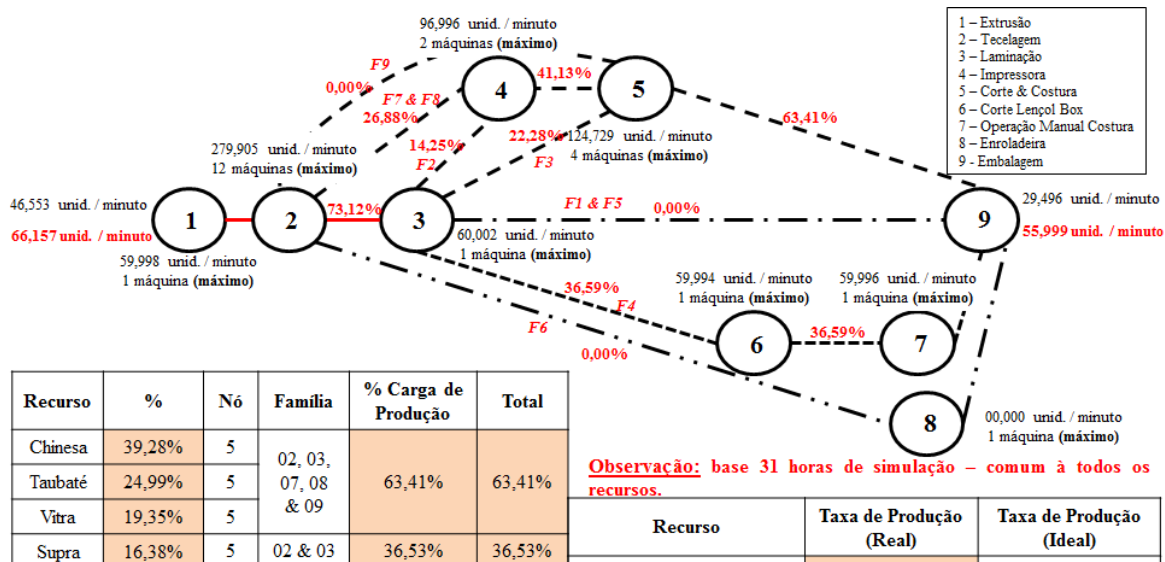


Figura 5.68 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 6. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,944 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,921 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	41,959 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	23,076 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	35,536 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	20,05 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	20,495 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,000 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.69 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 6. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,944 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,921 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	41,959 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	23,076 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	35,536 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	20,05 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	20,495 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	0,000 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.70 – Desempenho do sistema de produção – cenário 7. Fonte: Próprio autor.

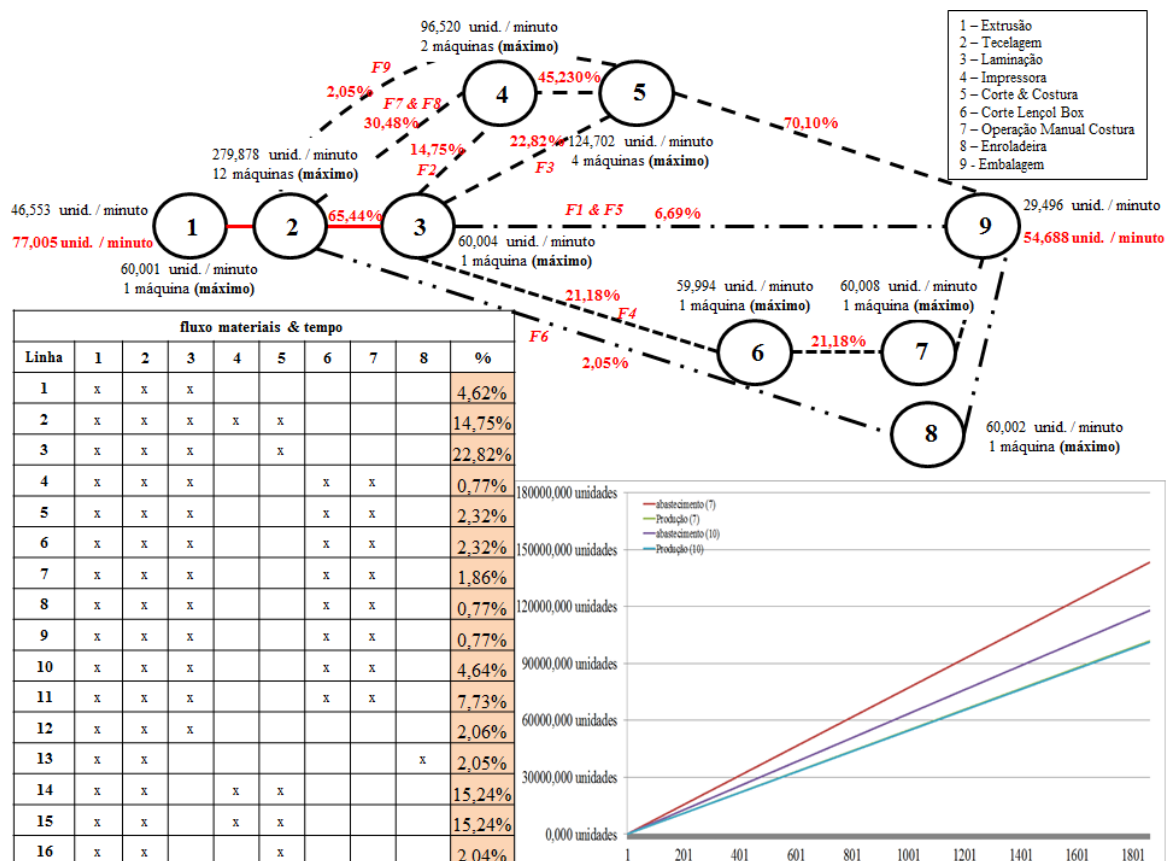


Figura 5.71 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 7. Fonte: Próprio autor.

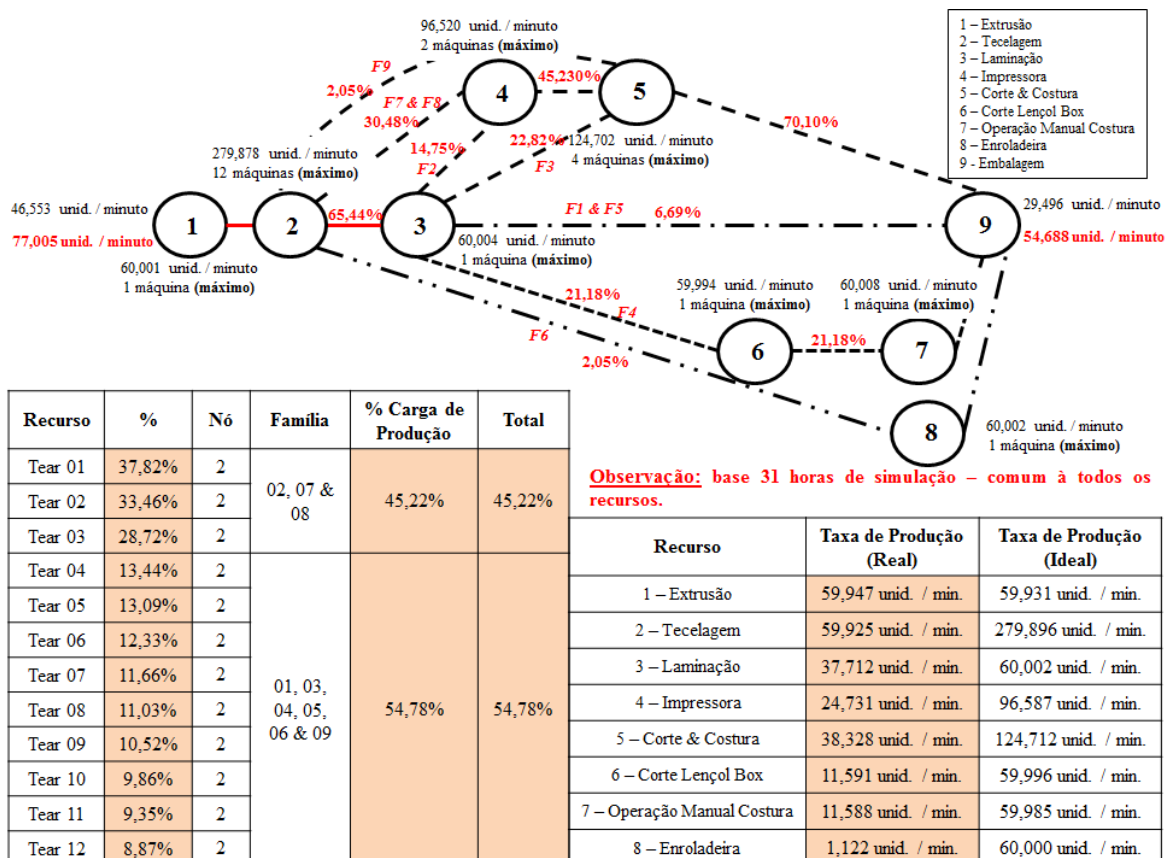
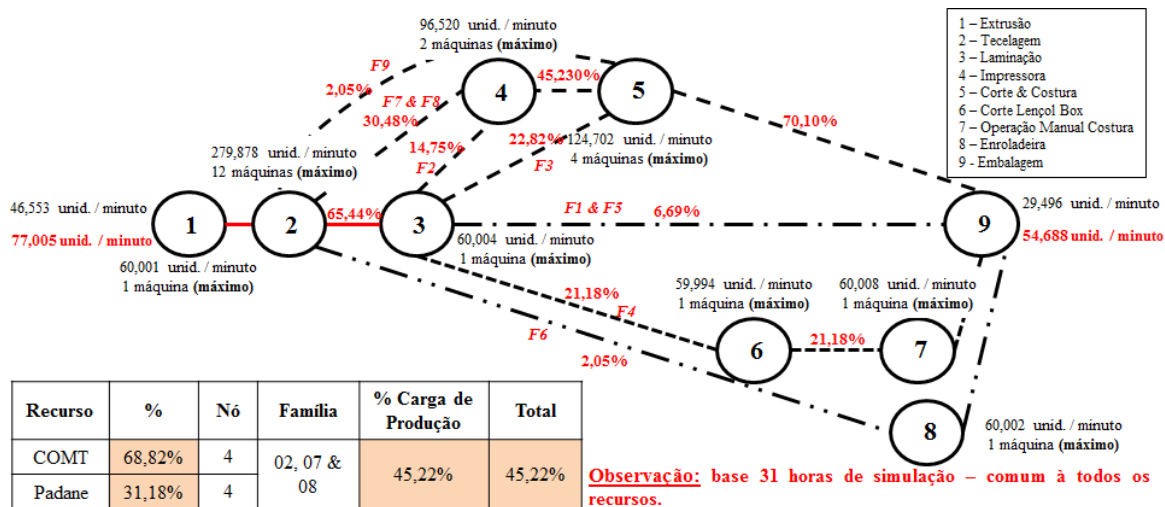
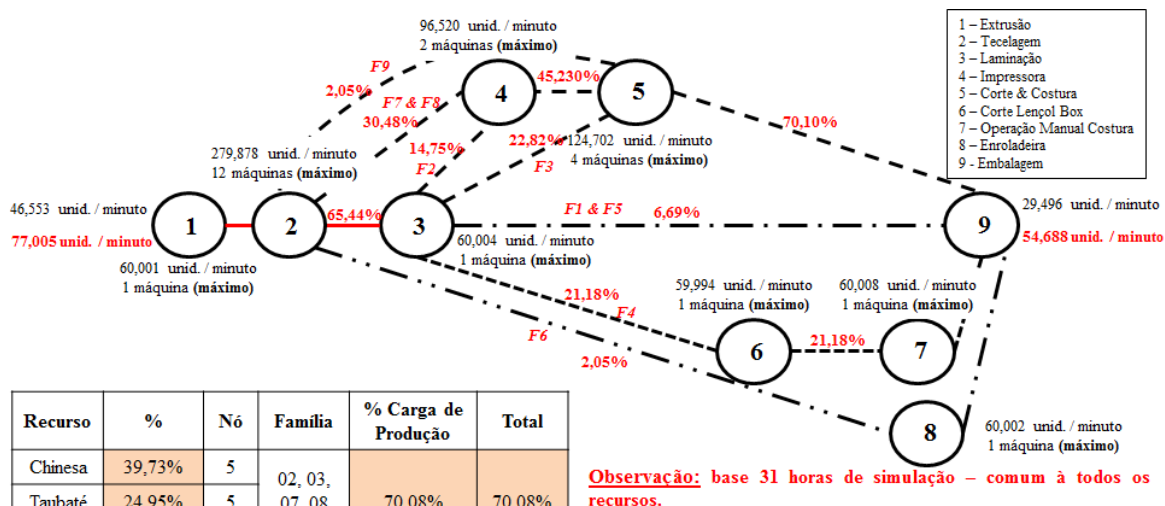


Figura 5.72 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 7. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,947 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,925 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	37,712 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	24,731 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	38,328 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,591 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,588 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,122 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.73 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 7. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,947 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,925 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	37,712 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	24,731 unid. / min.	96,587 unid. / min.
5 – Corte & Costura	38,328 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,591 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,588 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,122 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.74 – Desempenho do sistema de produção – cenário 11. Fonte: Próprio autor.

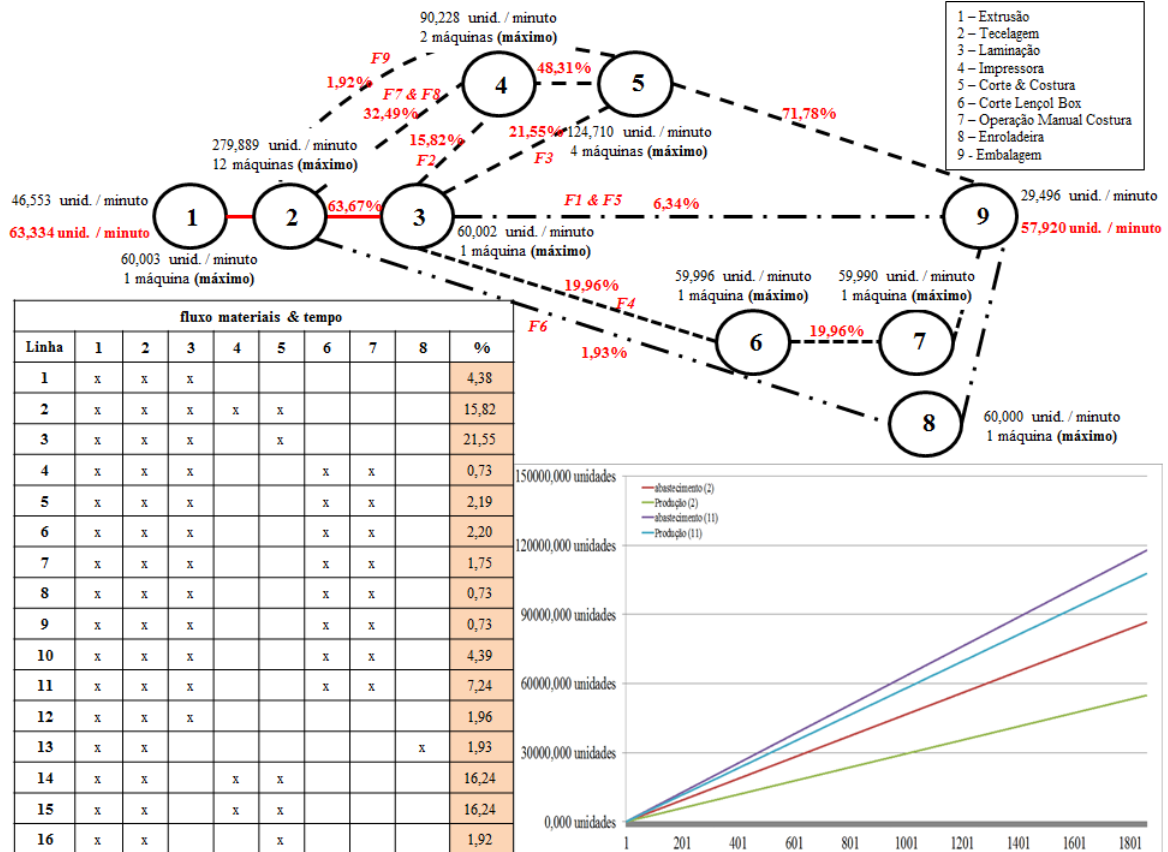


Figura 5.75 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 11. Fonte: Próprio autor.

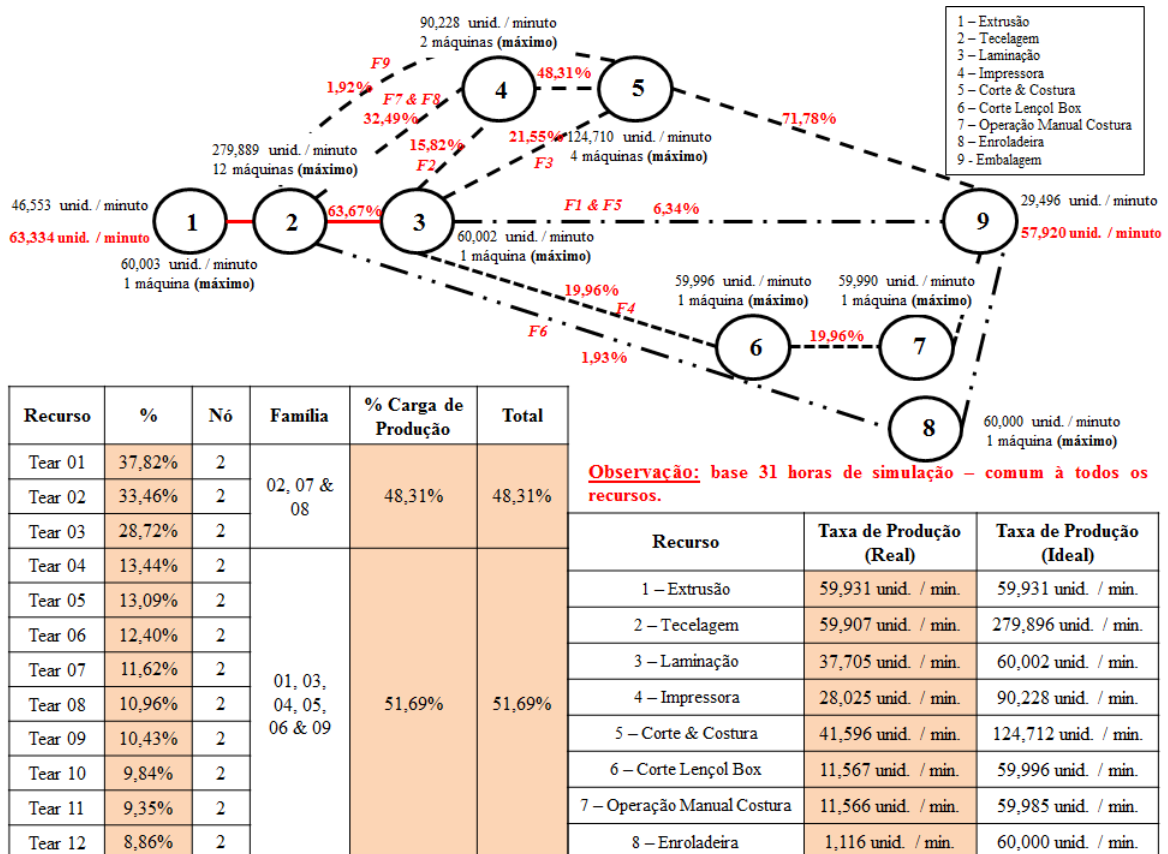
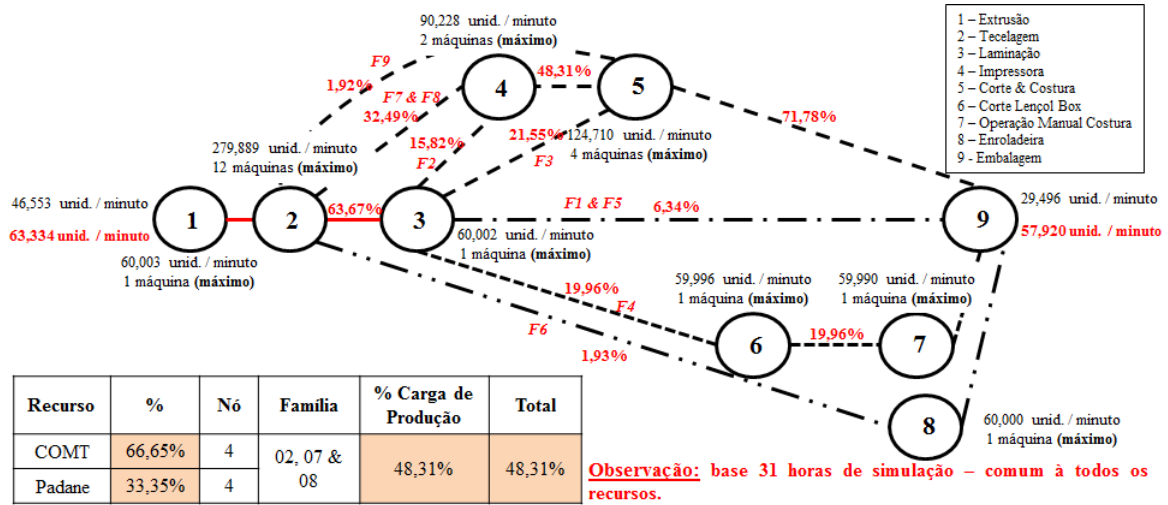
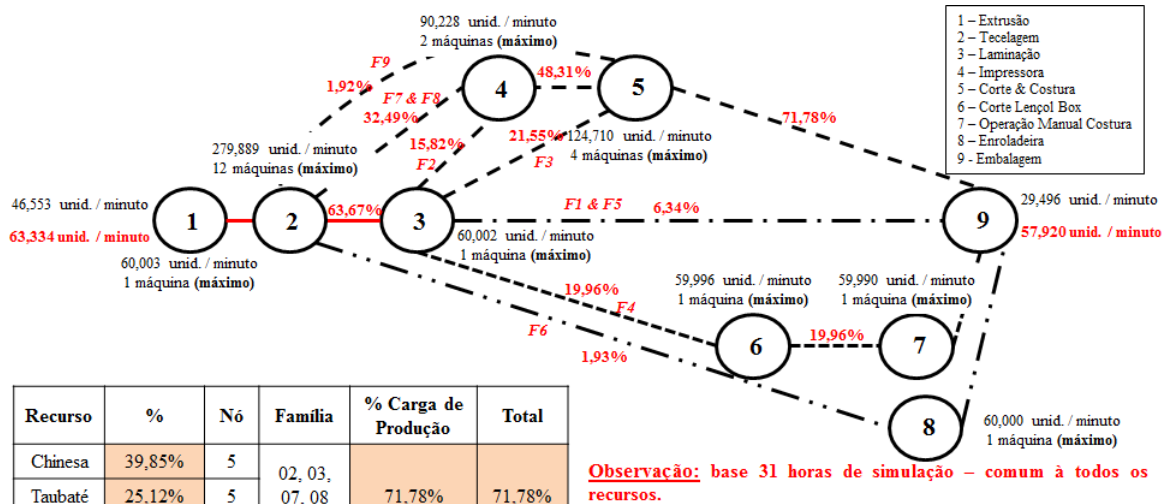


Figura 5.76 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 11. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,907 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	28,025 unid. / min.	90,228 unid. / min.
5 – Corte & Costura	41,596 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,567 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.77 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 11. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,907 unid. / min.	279,896 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	28,025 unid. / min.	90,228 unid. / min.
5 – Corte & Costura	41,596 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,567 unid. / min.	59,996 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,985 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.78 – Desempenho do sistema de produção – cenário 12. Fonte: Próprio autor.

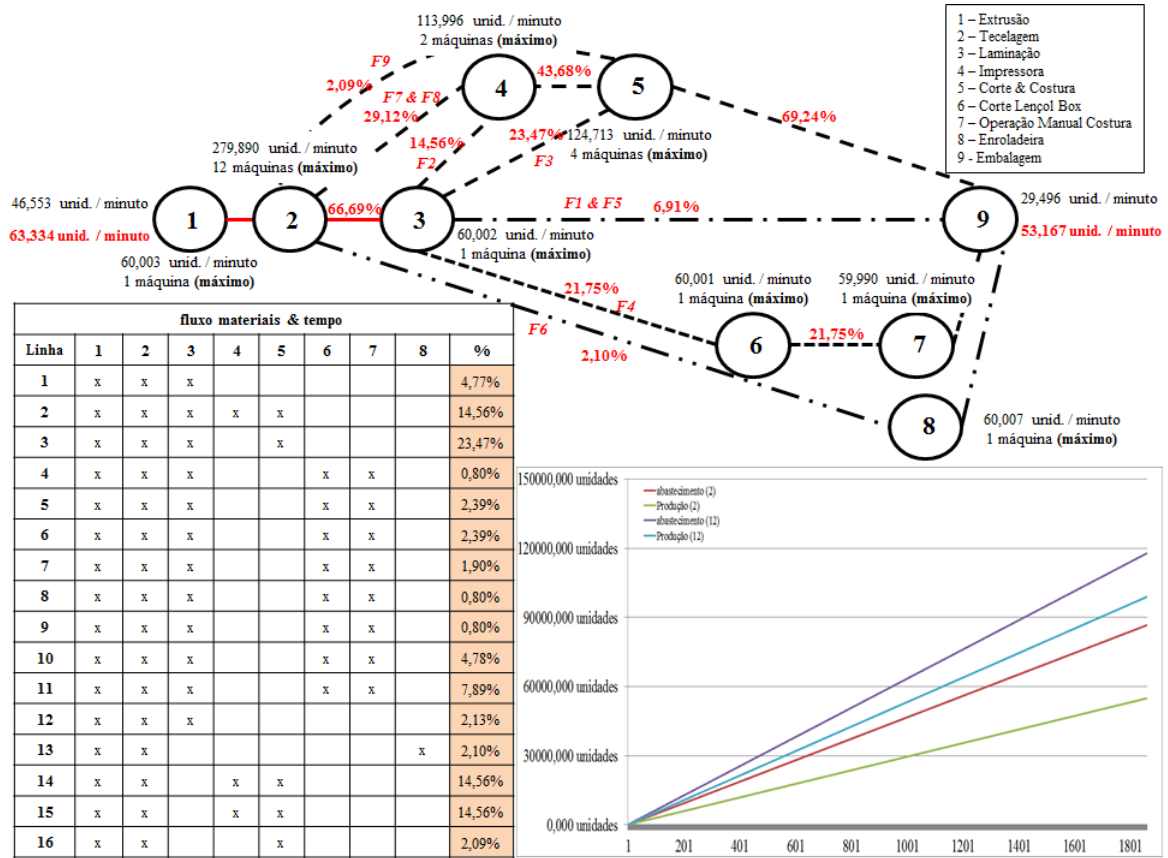


Figura 5.79 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 12. Fonte: Próprio autor.

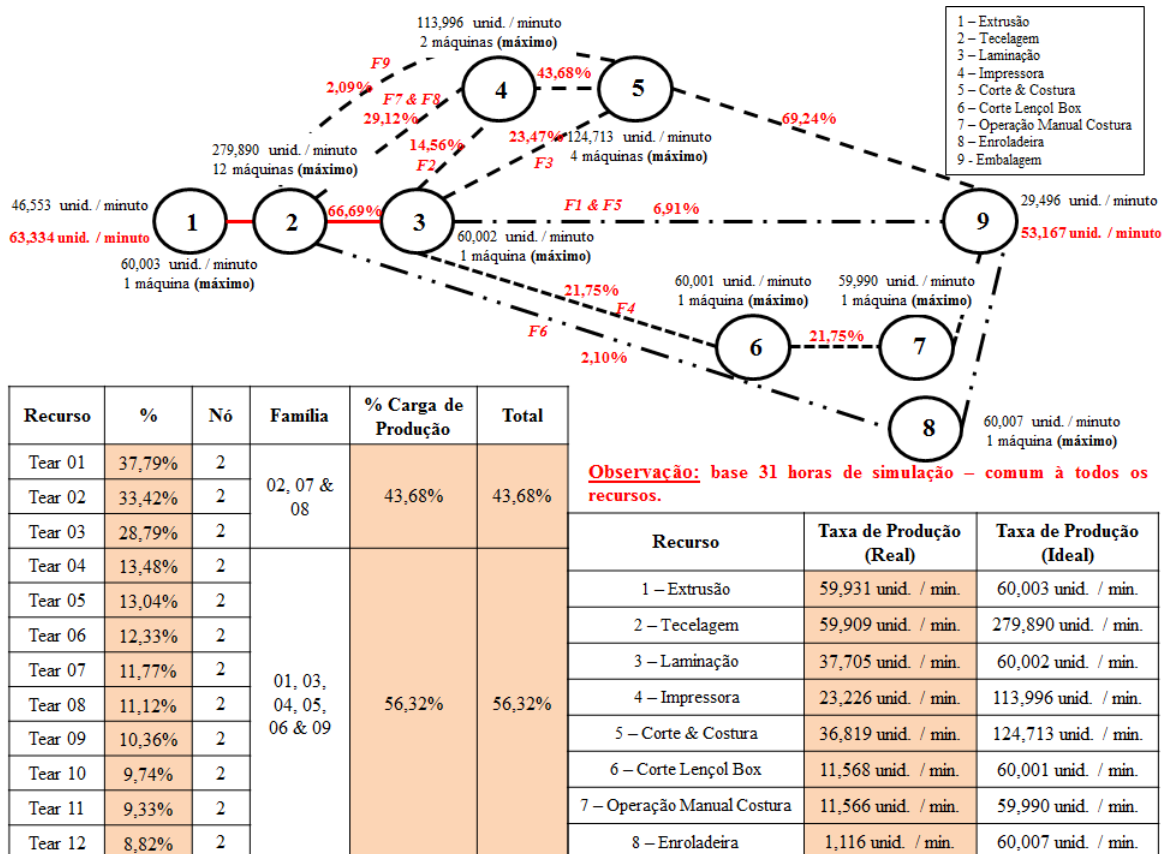
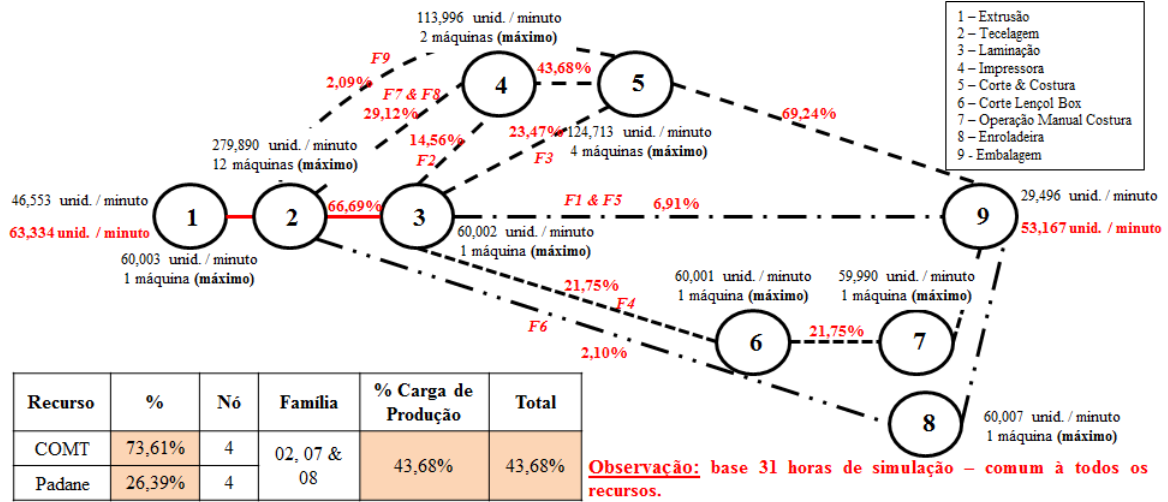
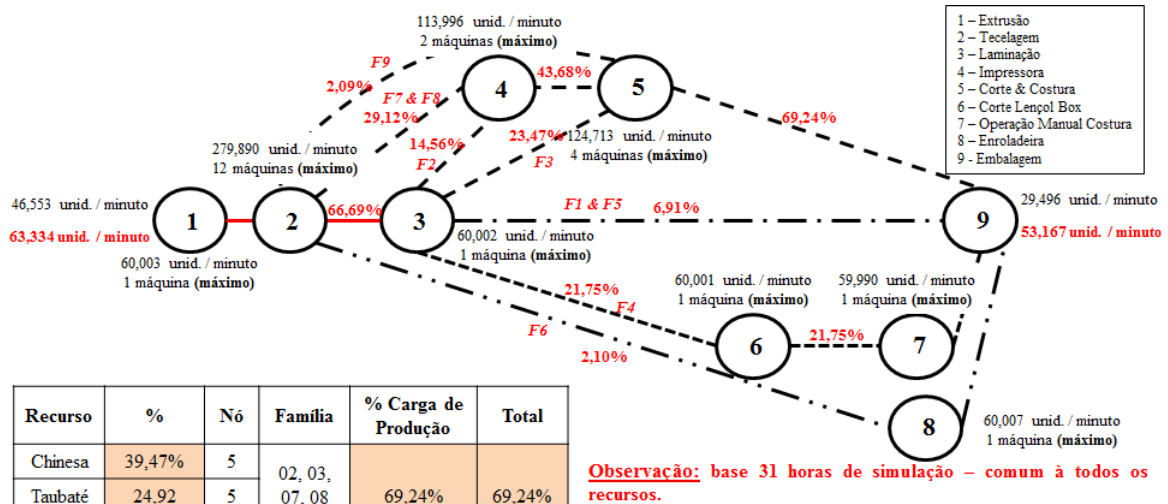


Figura 5.80 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 12. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,909 unid. / min.	279,890 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	23,226 unid. / min.	113,996 unid. / min.
5 – Corte & Costura	36,819 unid. / min.	124,713 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,007 unid. / min.

Figura 5.81 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 12. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,909 unid. / min.	279,890 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	23,226 unid. / min.	113,996 unid. / min.
5 – Corte & Costura	36,819 unid. / min.	124,713 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,007 unid. / min.

Figura 5.82 – Desempenho do sistema de produção – cenário 13. Fonte: Próprio autor.

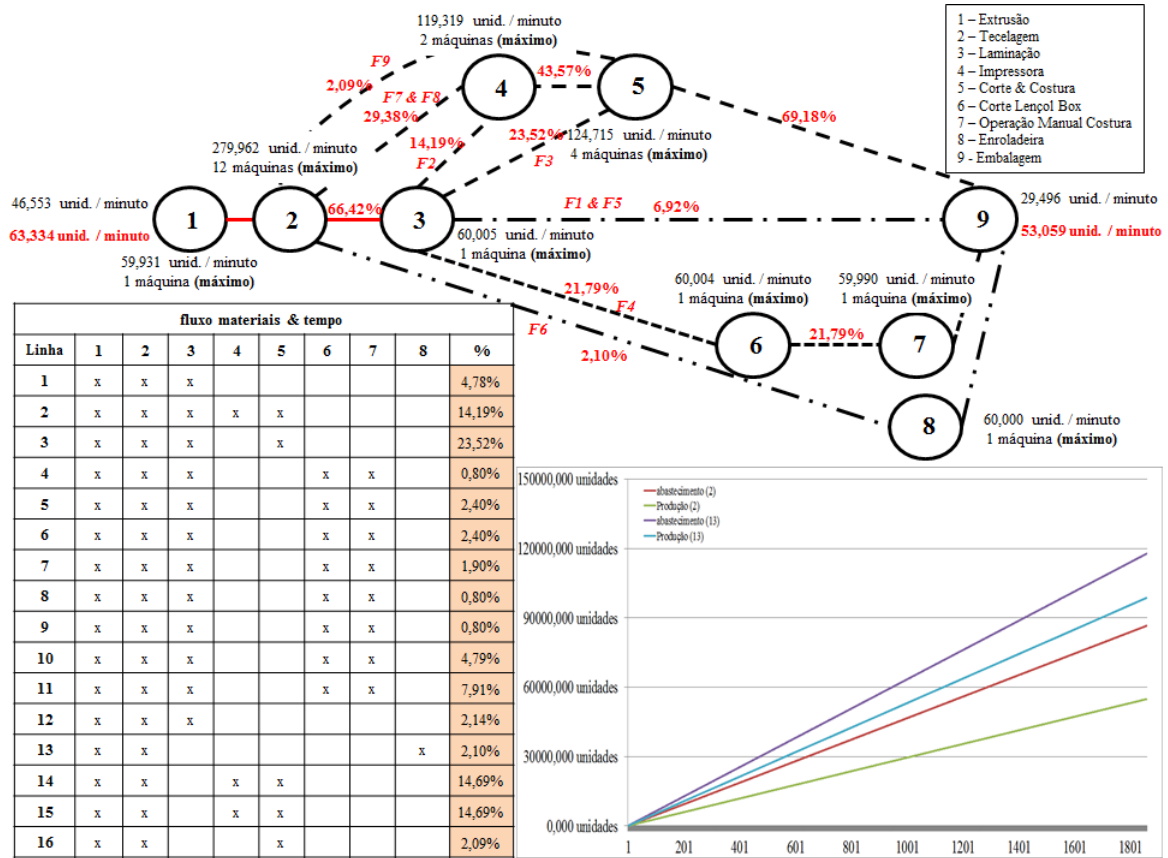


Figura 5.83 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 13. Fonte: Próprio autor.

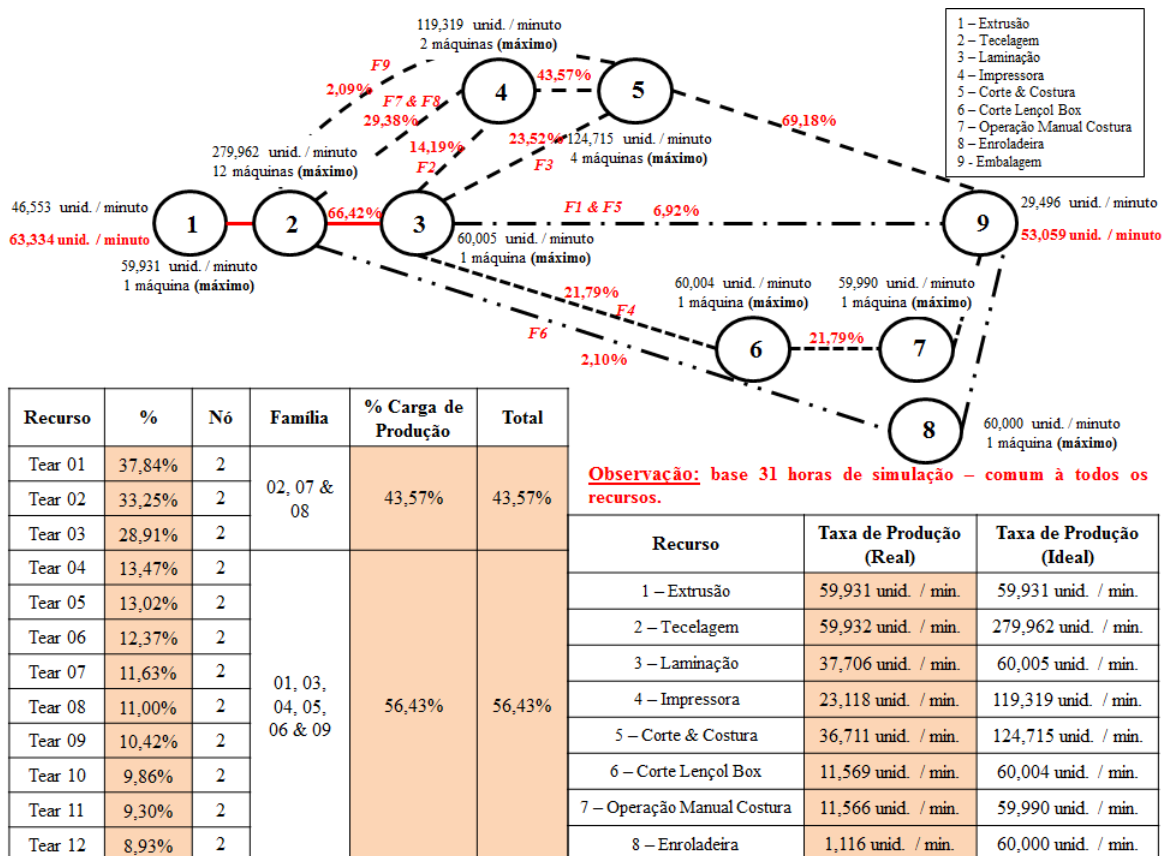
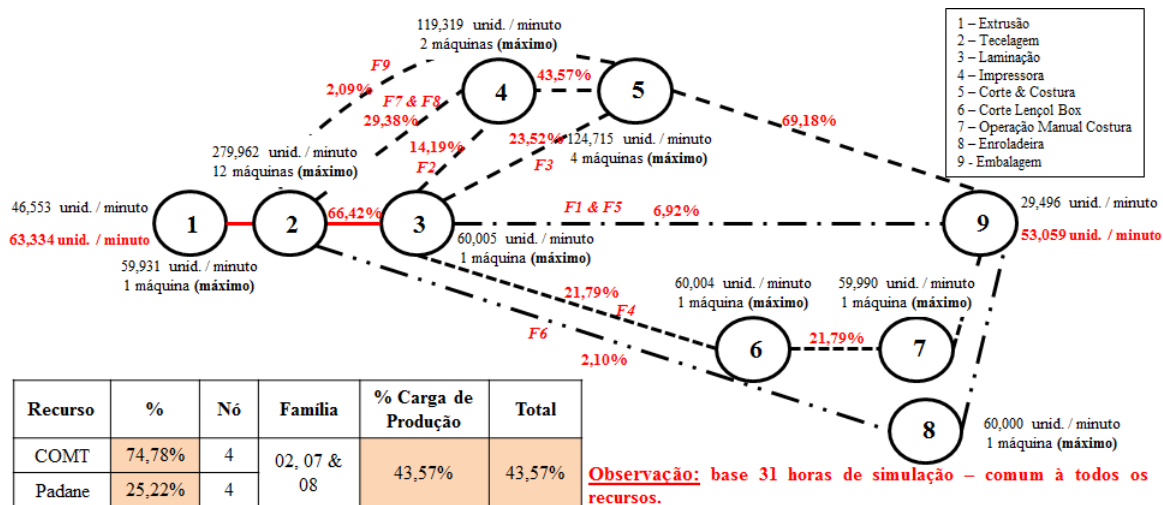
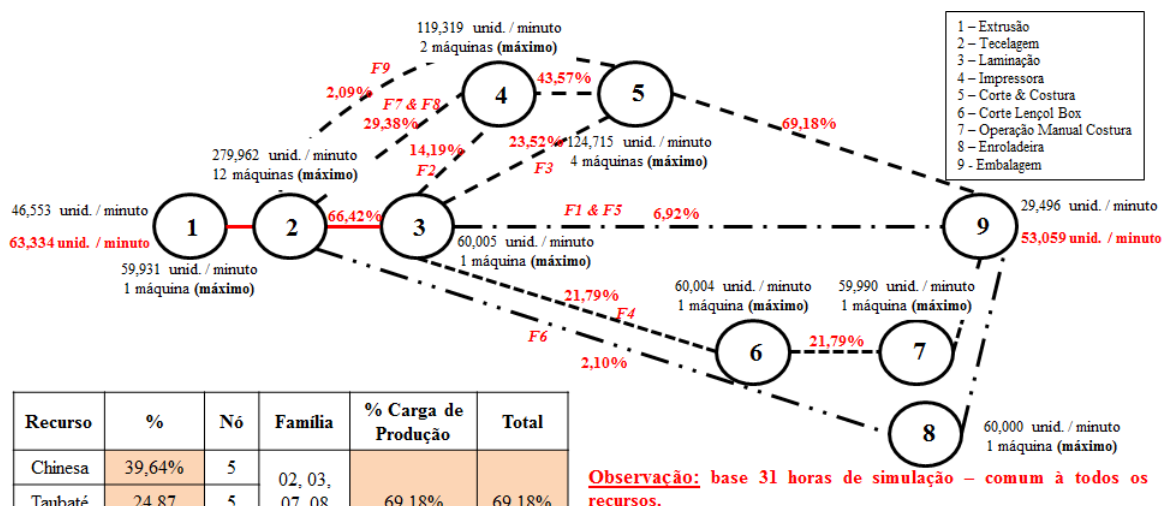


Figura 5.84 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 13. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,932 unid. / min.	279,962 unid. / min.
3 – Laminação	37,706 unid. / min.	60,005 unid. / min.
4 – Impressora	23,118 unid. / min.	119,319 unid. / min.
5 – Corte & Costura	36,711 unid. / min.	124,715 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,569 unid. / min.	60,004 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.85 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 13. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	59,931 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,932 unid. / min.	279,962 unid. / min.
3 – Laminação	37,706 unid. / min.	60,005 unid. / min.
4 – Impressora	23,118 unid. / min.	119,319 unid. / min.
5 – Corte & Costura	36,711 unid. / min.	124,715 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,569 unid. / min.	60,004 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.86 – Desempenho do sistema de produção – cenário 14. Fonte: Próprio autor.

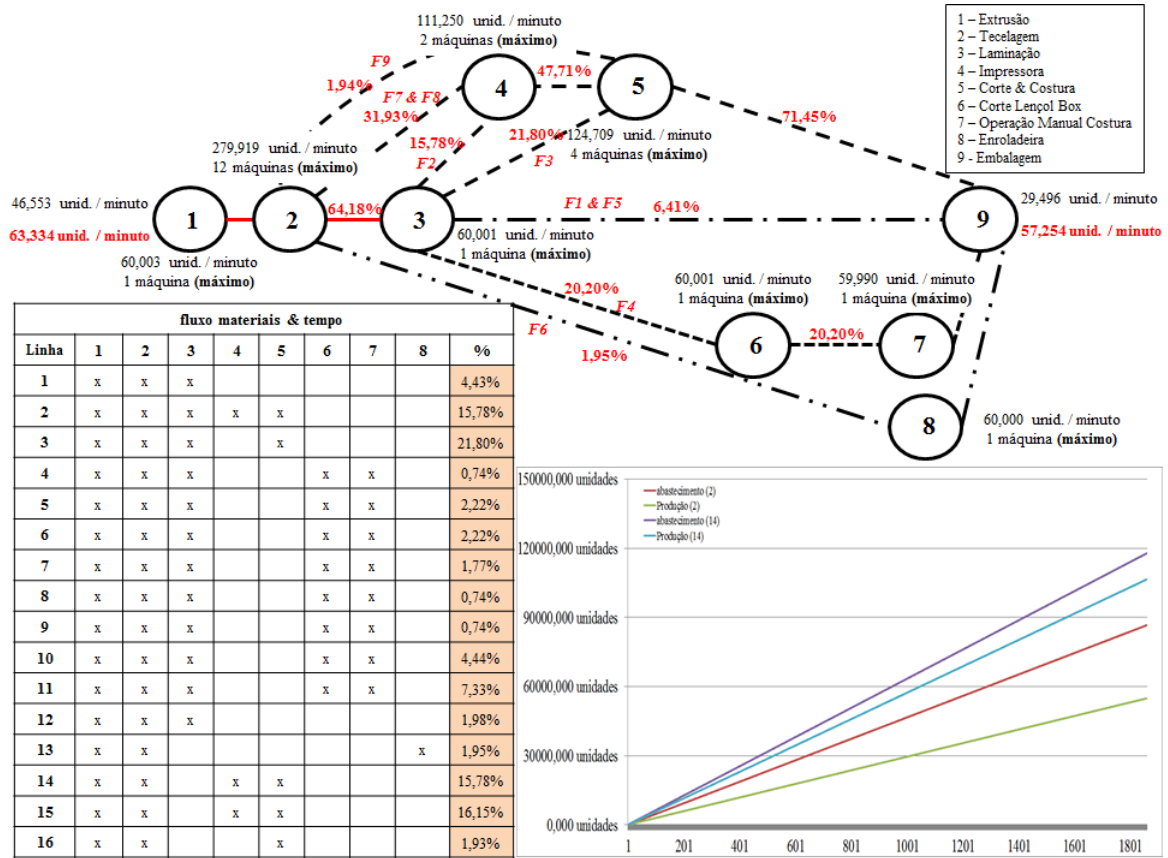


Figura 5.87 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 14. Fonte: Próprio autor.

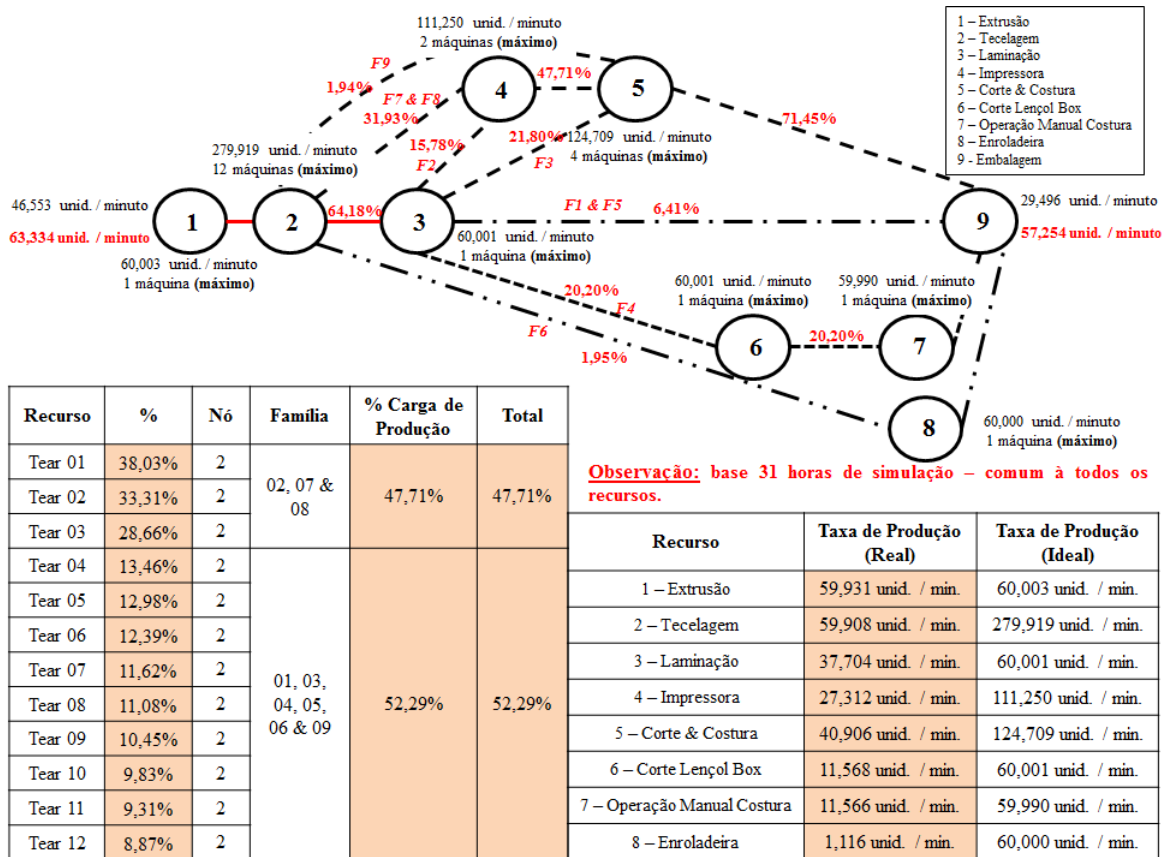
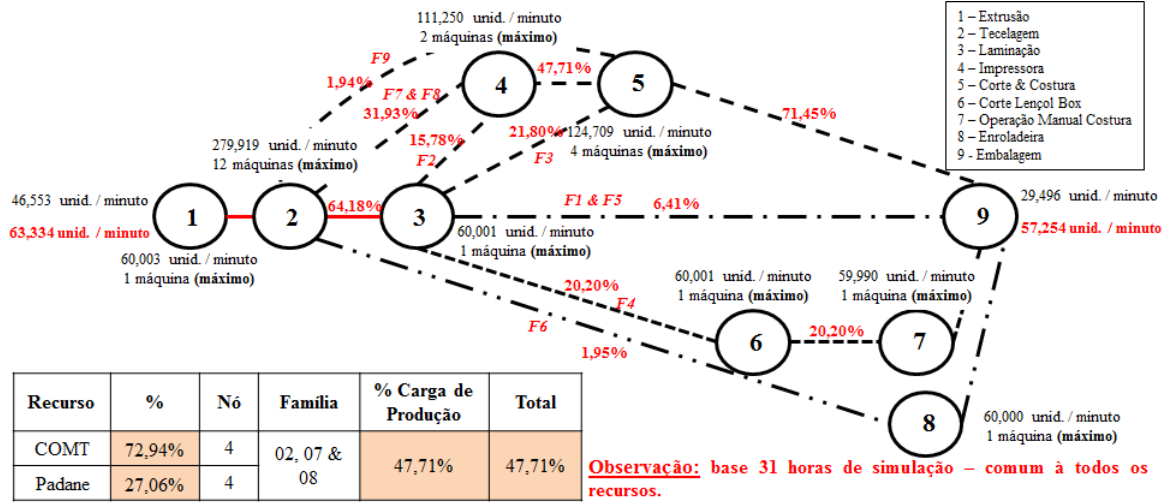
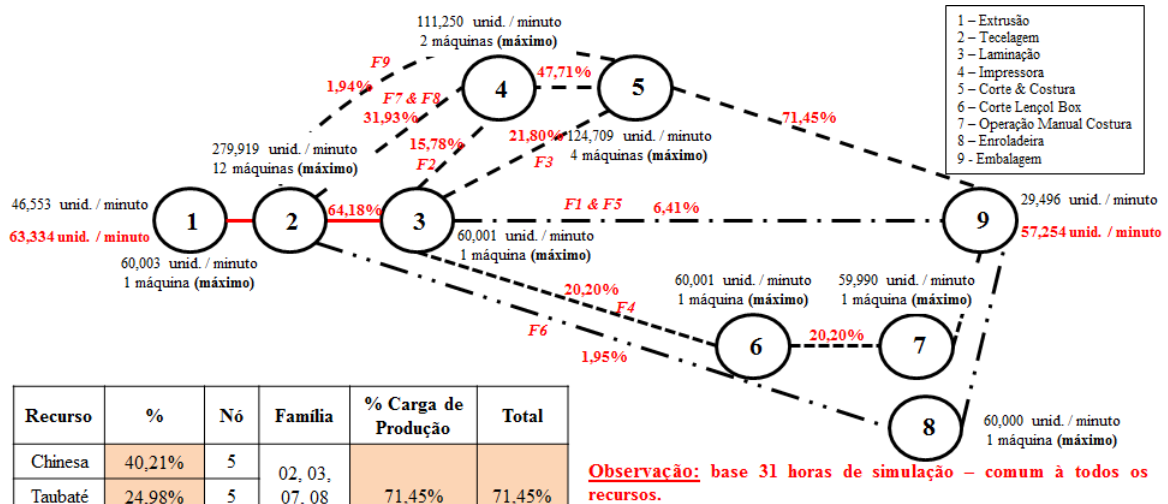


Figura 5.88 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 14. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,919 unid. / min.
3 – Laminação	37,704 unid. / min.	60,001 unid. / min.
4 – Impressora	27,312 unid. / min.	111,250 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,906 unid. / min.	124,709 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.89 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 14. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,919 unid. / min.
3 – Laminação	37,704 unid. / min.	60,001 unid. / min.
4 – Impressora	27,312 unid. / min.	111,250 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,906 unid. / min.	124,709 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.90 – Desempenho do sistema de produção – cenário 15. Fonte: Próprio autor.

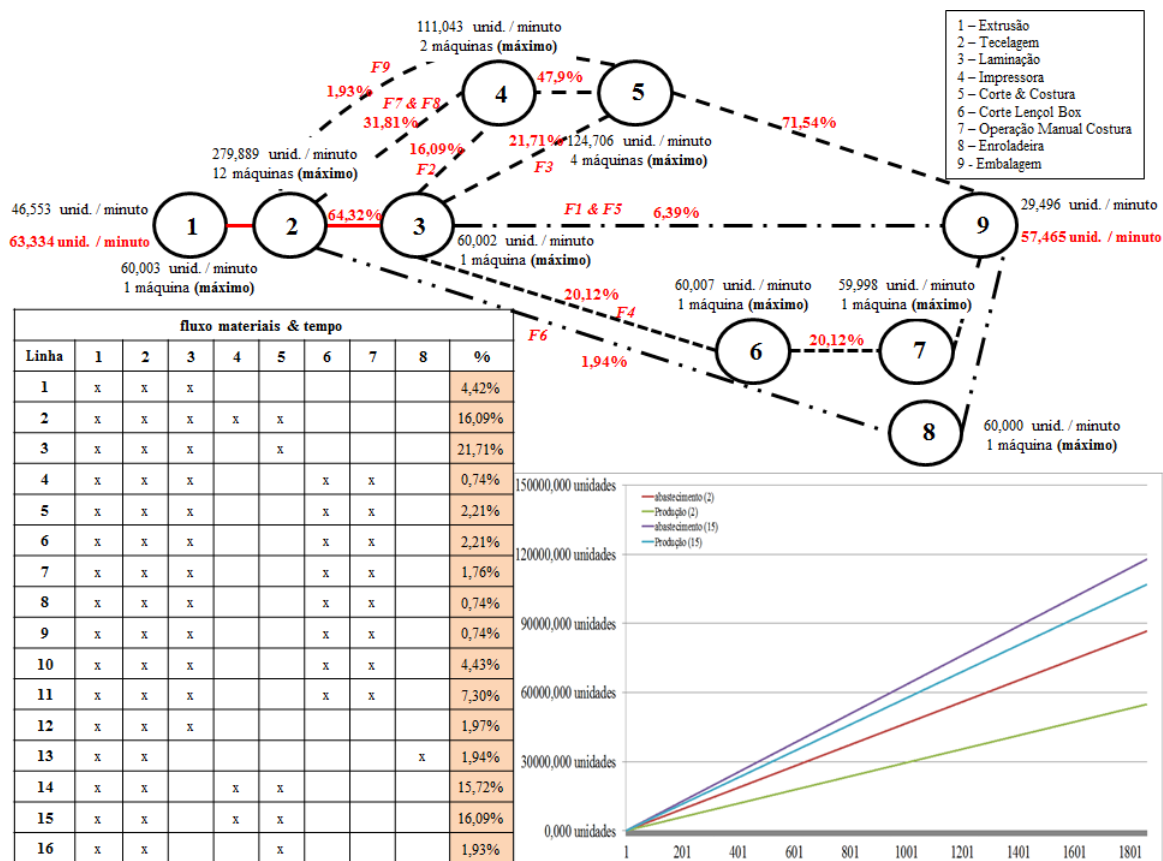


Figura 5.91 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 15. Fonte: Próprio autor.

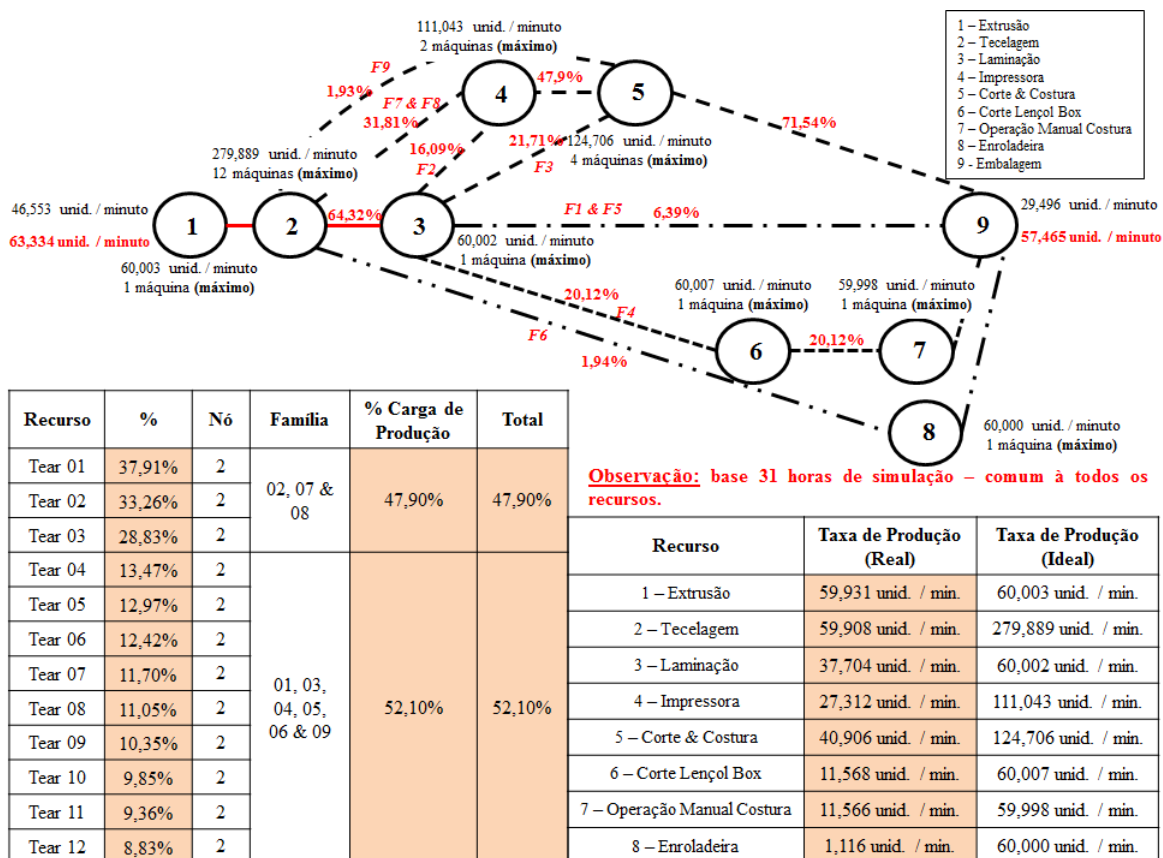
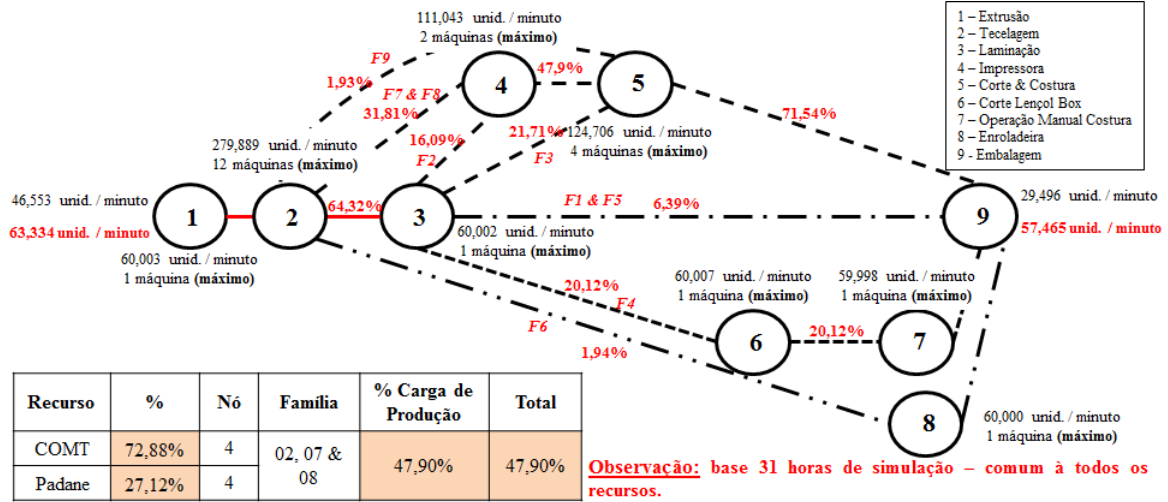
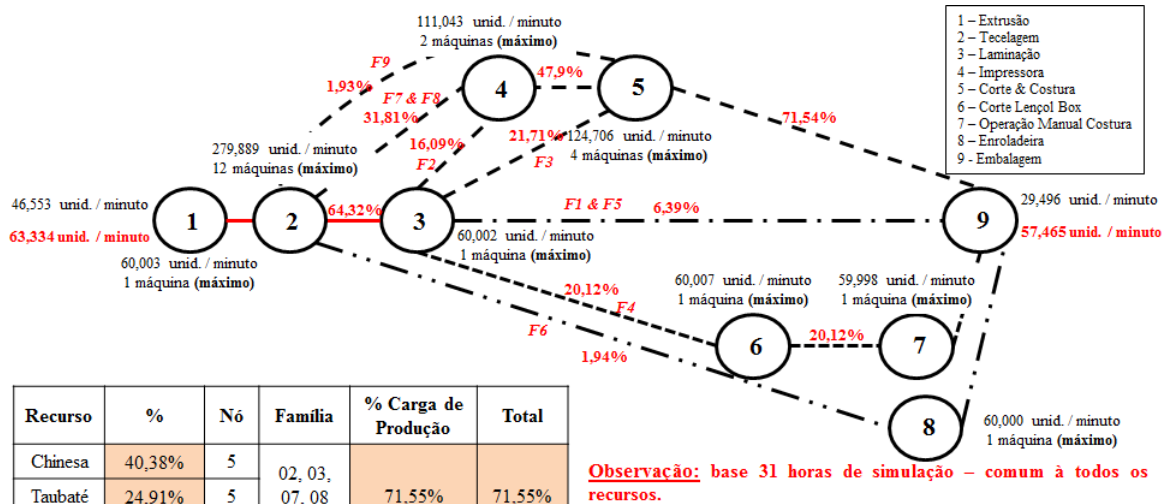


Figura 5.92 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 15. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,889 unid. / min.
3 – Laminação	37,704 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	27,312 unid. / min.	111,043 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,906 unid. / min.	124,706 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,007 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,998 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.93 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 15. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,889 unid. / min.
3 – Laminação	37,704 unid. / min.	60,002 unid. / min.
4 – Impressora	27,312 unid. / min.	111,043 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,906 unid. / min.	124,706 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,007 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,998 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.94 – Desempenho do sistema de produção – cenário 16. Fonte: Próprio autor.

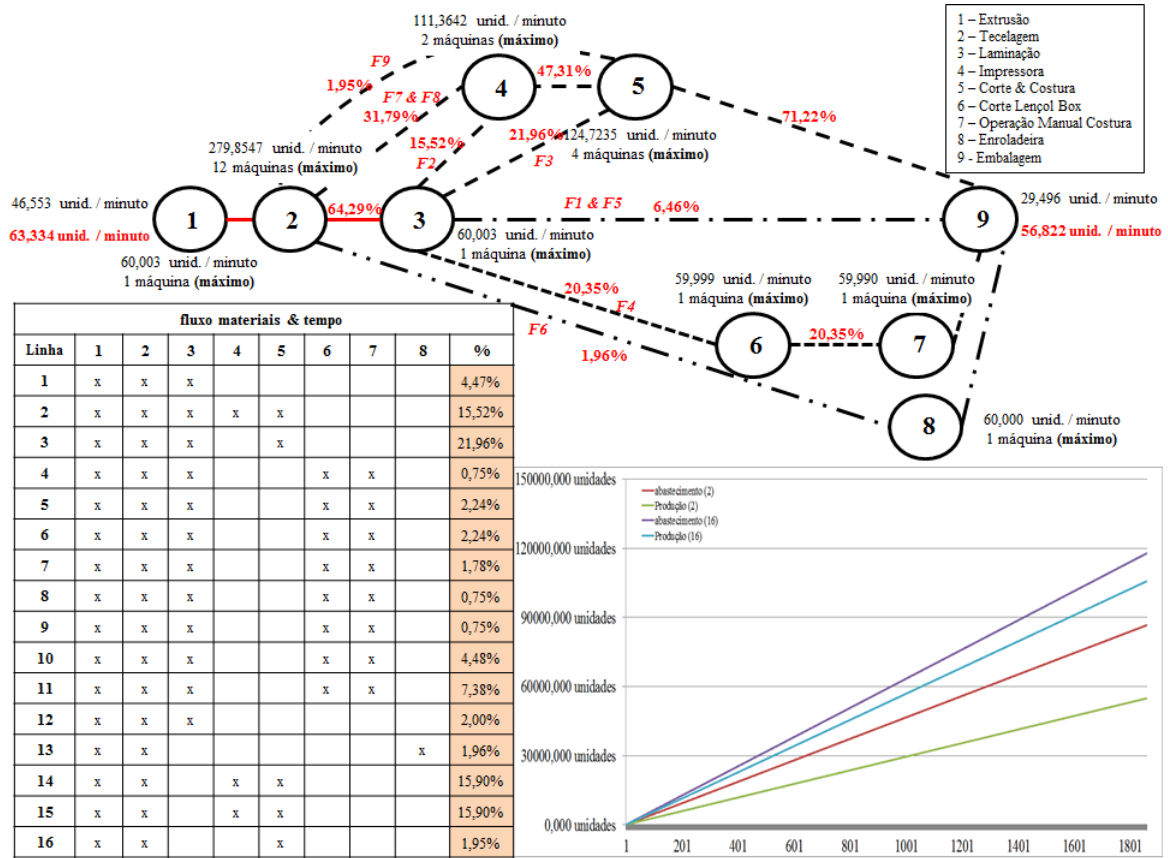


Figura 5.95 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 16. Fonte: Próprio autor.

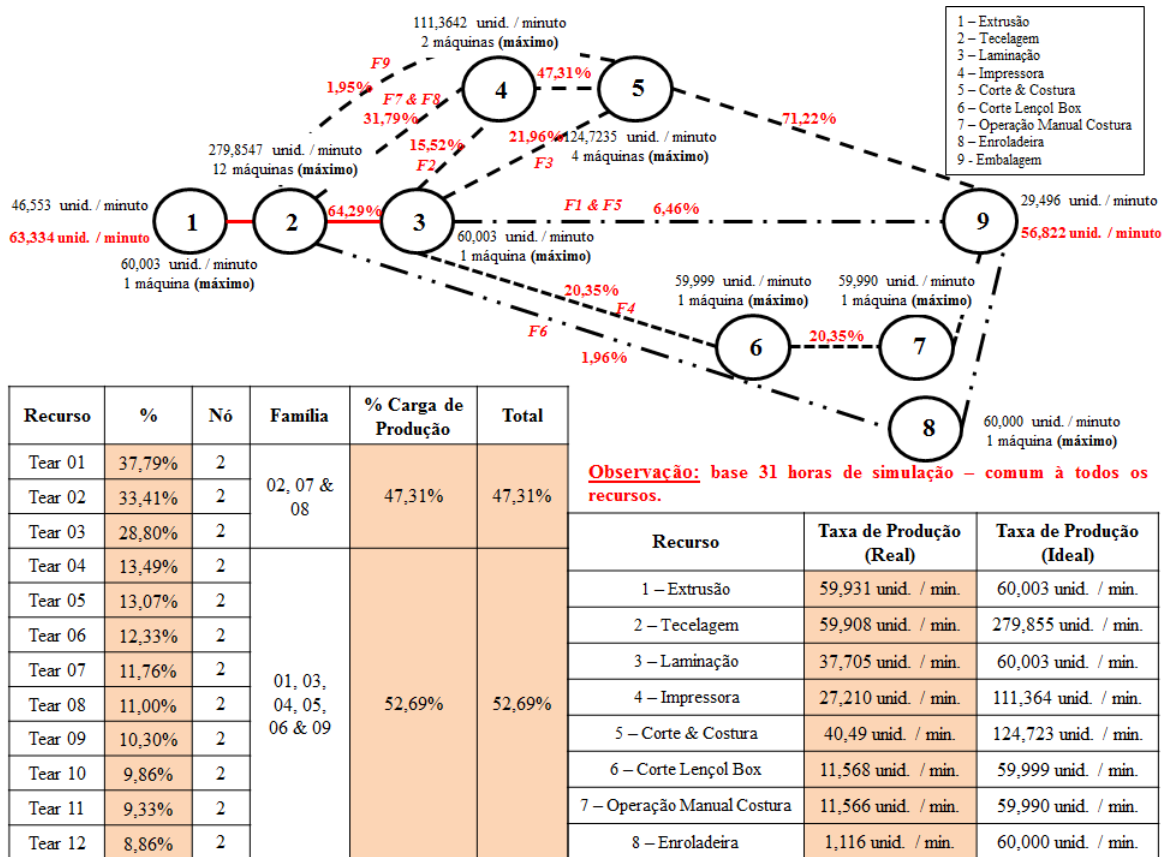
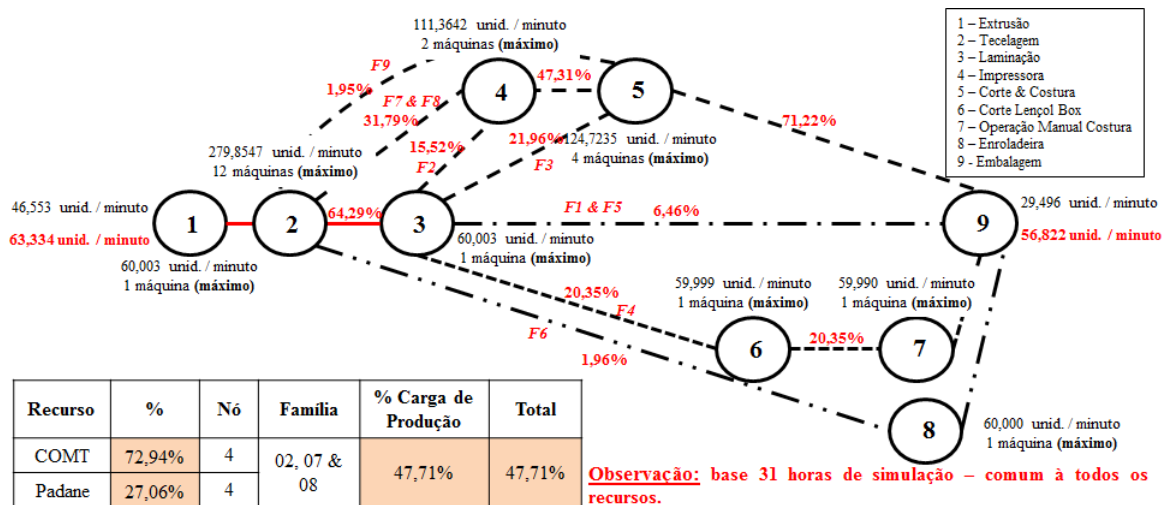
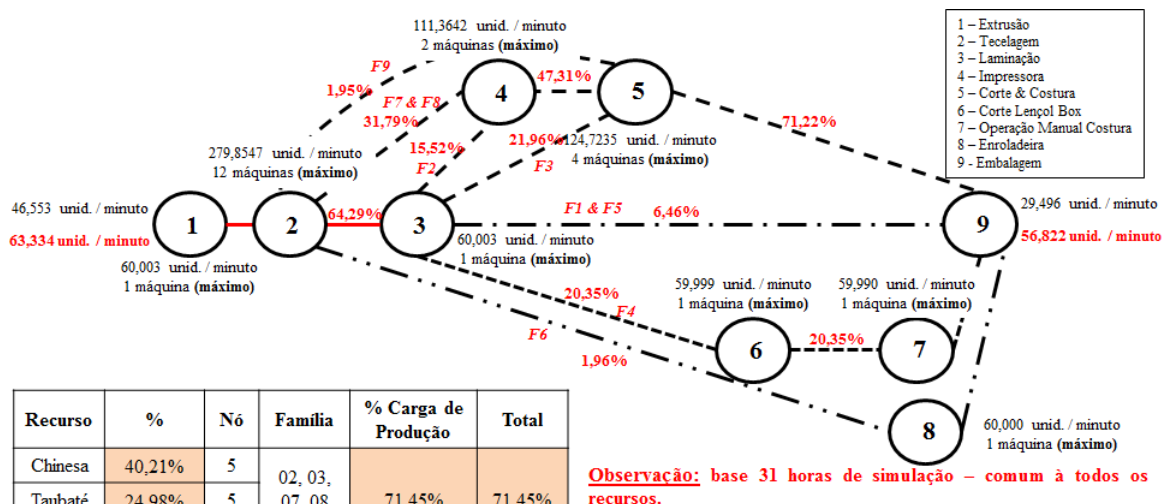


Figura 5.96 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 16. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,855 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,003 unid. / min.
4 – Impressora	27,210 unid. / min.	111,364 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,49 unid. / min.	124,723 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	59,999 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.97 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 16. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,908 unid. / min.	279,855 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,003 unid. / min.
4 – Impressora	27,210 unid. / min.	111,364 unid. / min.
5 – Corte & Costura	40,49 unid. / min.	124,723 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	59,999 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	60,000 unid. / min.

Figura 5.98 – Desempenho do sistema de produção – cenário 17. Fonte: Próprio autor.

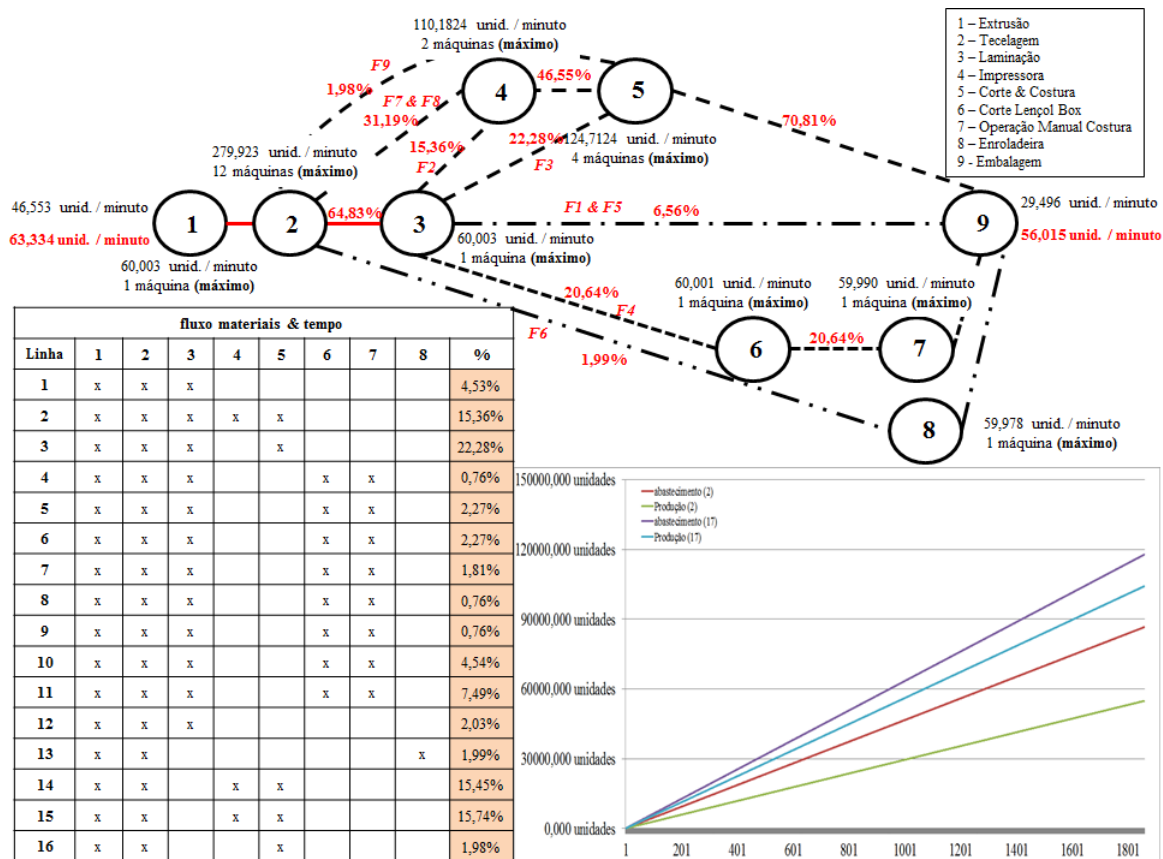


Figura 5.99 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 17. Fonte: Próprio autor.

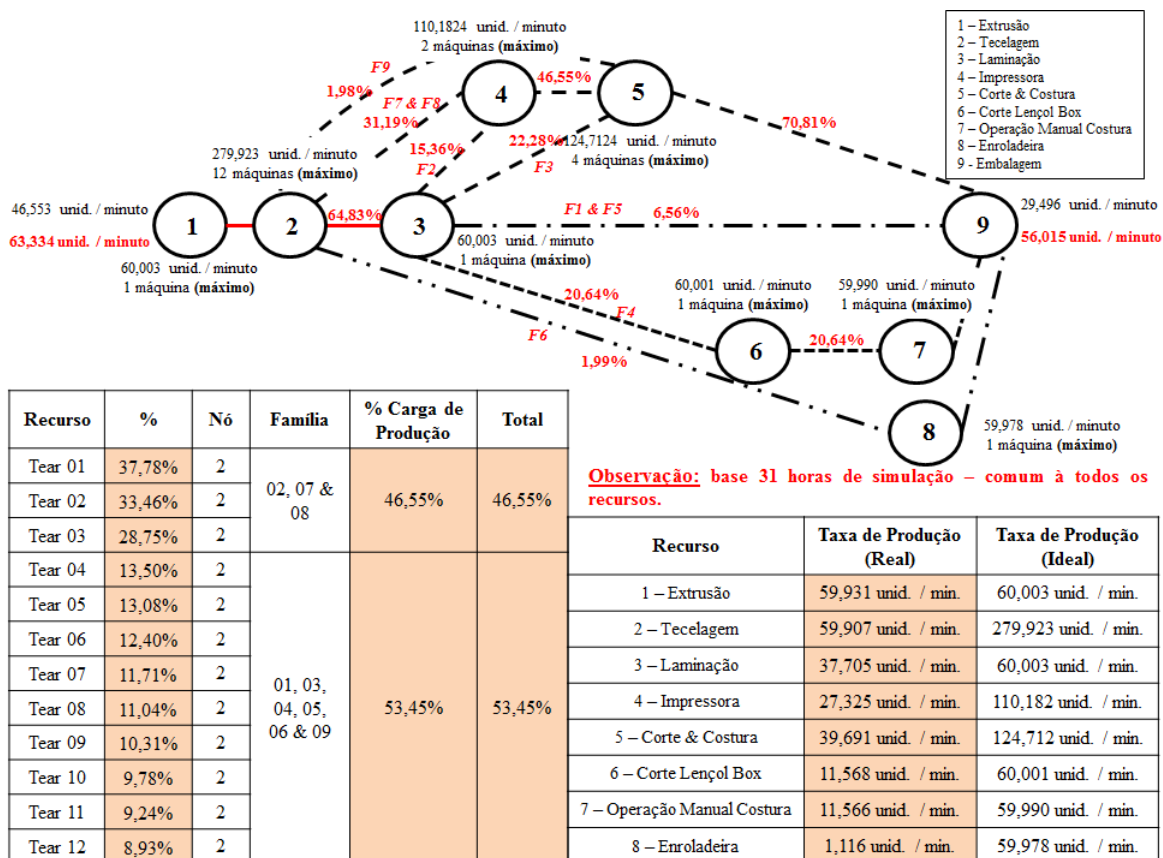
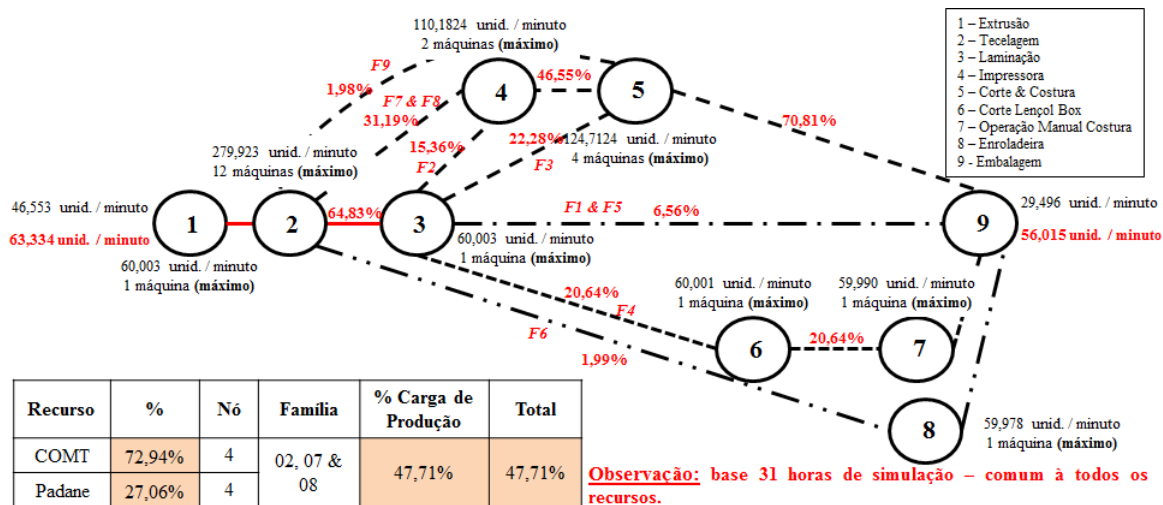
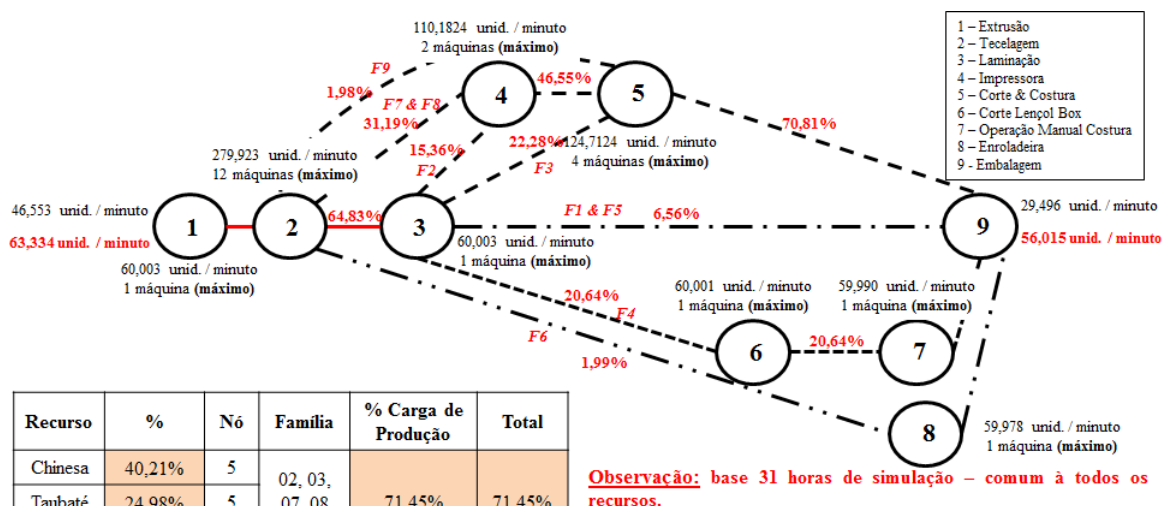


Figura 5.100 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 17. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,907 unid. / min.	279,923 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,003 unid. / min.
4 – Impressora	27,325 unid. / min.	110,182 unid. / min.
5 – Corte & Costura	39,691 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	59,978 unid. / min.

Figura 5.101 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 17. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	59,931 unid. / min.	60,003 unid. / min.
2 – Tecelagem	59,907 unid. / min.	279,923 unid. / min.
3 – Laminação	37,705 unid. / min.	60,003 unid. / min.
4 – Impressora	27,325 unid. / min.	110,182 unid. / min.
5 – Corte & Costura	39,691 unid. / min.	124,712 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	11,568 unid. / min.	60,001 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	11,566 unid. / min.	59,990 unid. / min.
8 – Enroladeira	1,116 unid. / min.	59,978 unid. / min.

Figura 5.102 – Desempenho do sistema de produção – cenário 18. Fonte: Próprio autor.

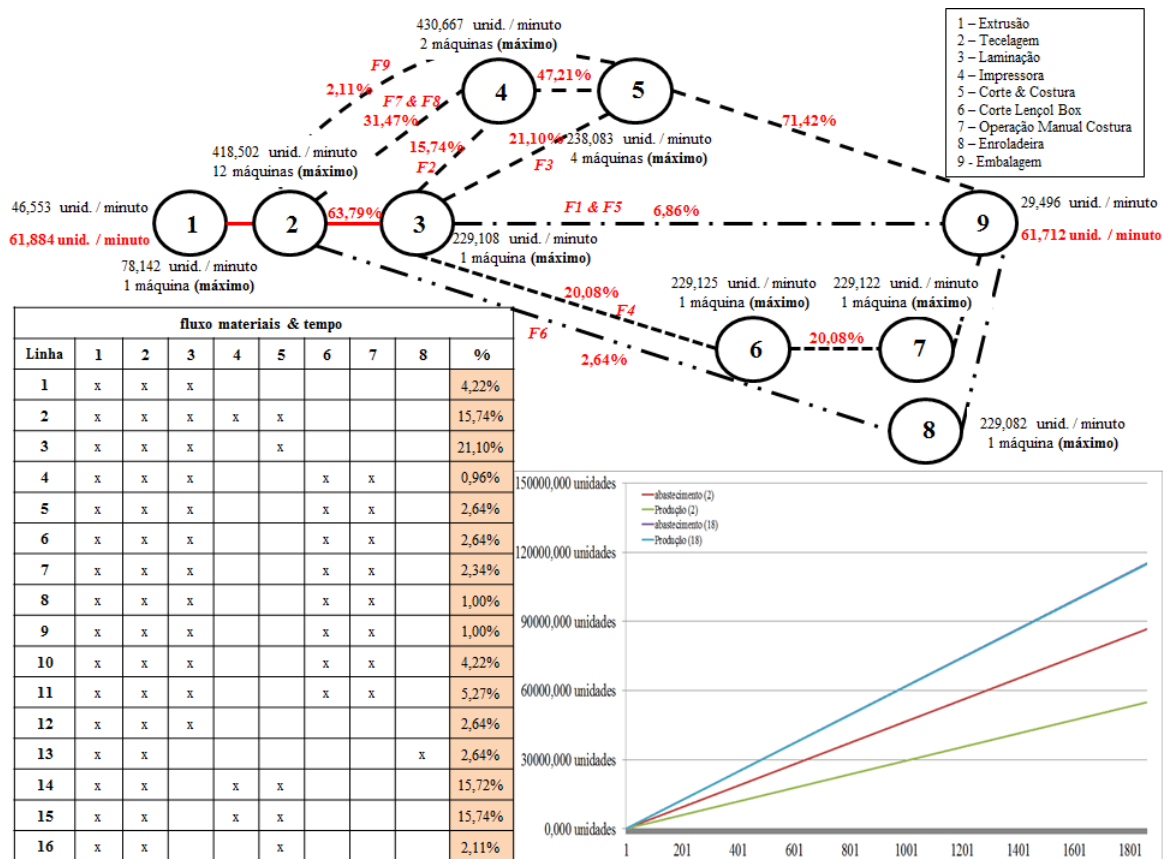


Figura 5.103 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 18. Fonte: Próprio autor.

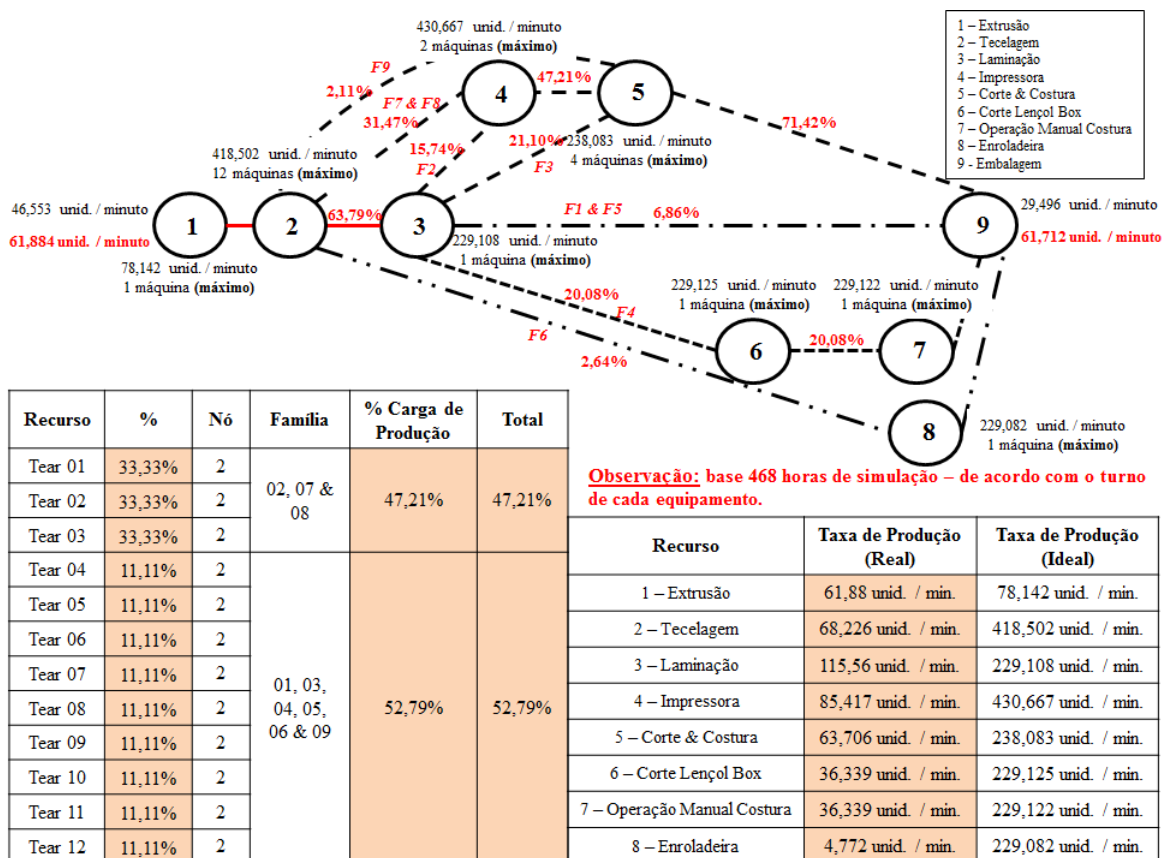
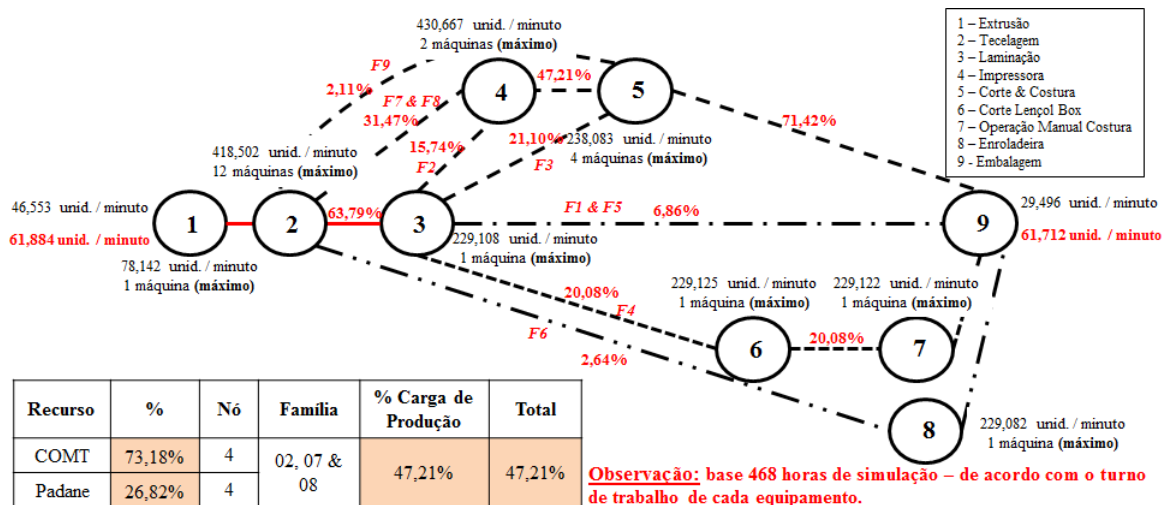
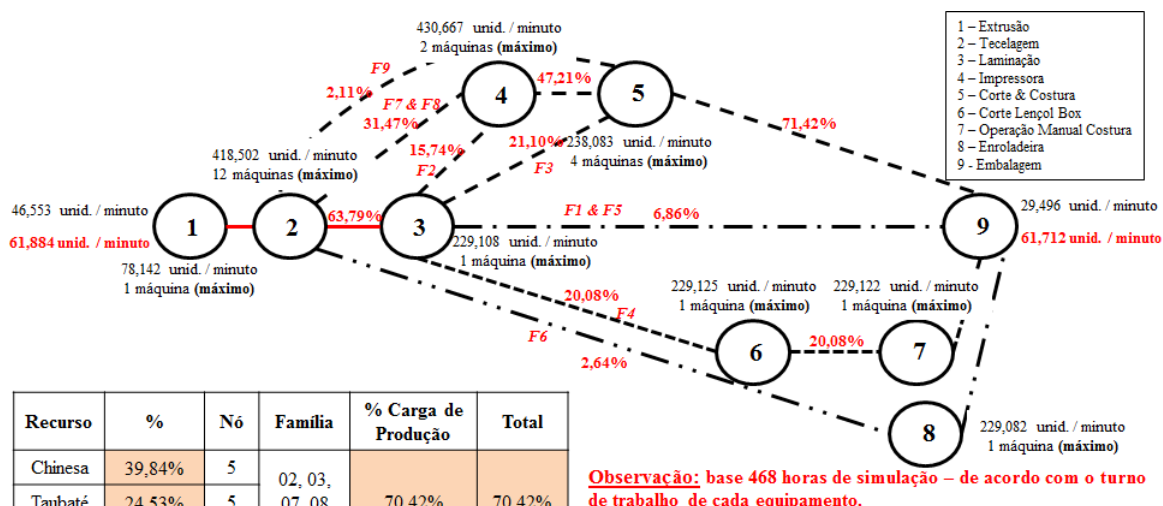


Figura 5.104 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 18. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	61,88 unid. / min.	78,142 unid. / min.
2 – Tecelagem	68,226 unid. / min.	418,502 unid. / min.
3 – Laminação	115,56 unid. / min.	229,108 unid. / min.
4 – Impressora	85,417 unid. / min.	430,667 unid. / min.
5 – Corte & Costura	63,706 unid. / min.	238,083 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	36,339 unid. / min.	229,125 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	36,339 unid. / min.	229,122 unid. / min.
8 – Enroladeira	4,772 unid. / min.	229,082 unid. / min.

Figura 5.105 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 18. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	61,88 unid. / min.	78,142 unid. / min.
2 – Tecelagem	68,226 unid. / min.	418,502 unid. / min.
3 – Laminação	115,56 unid. / min.	229,108 unid. / min.
4 – Impressora	85,417 unid. / min.	430,667 unid. / min.
5 – Corte & Costura	63,706 unid. / min.	238,083 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	36,339 unid. / min.	229,125 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	36,339 unid. / min.	229,122 unid. / min.
8 – Enroladeira	4,772 unid. / min.	229,082 unid. / min.

Figura 5.106 – Desempenho do sistema de produção – cenário 19. Fonte: Próprio autor.

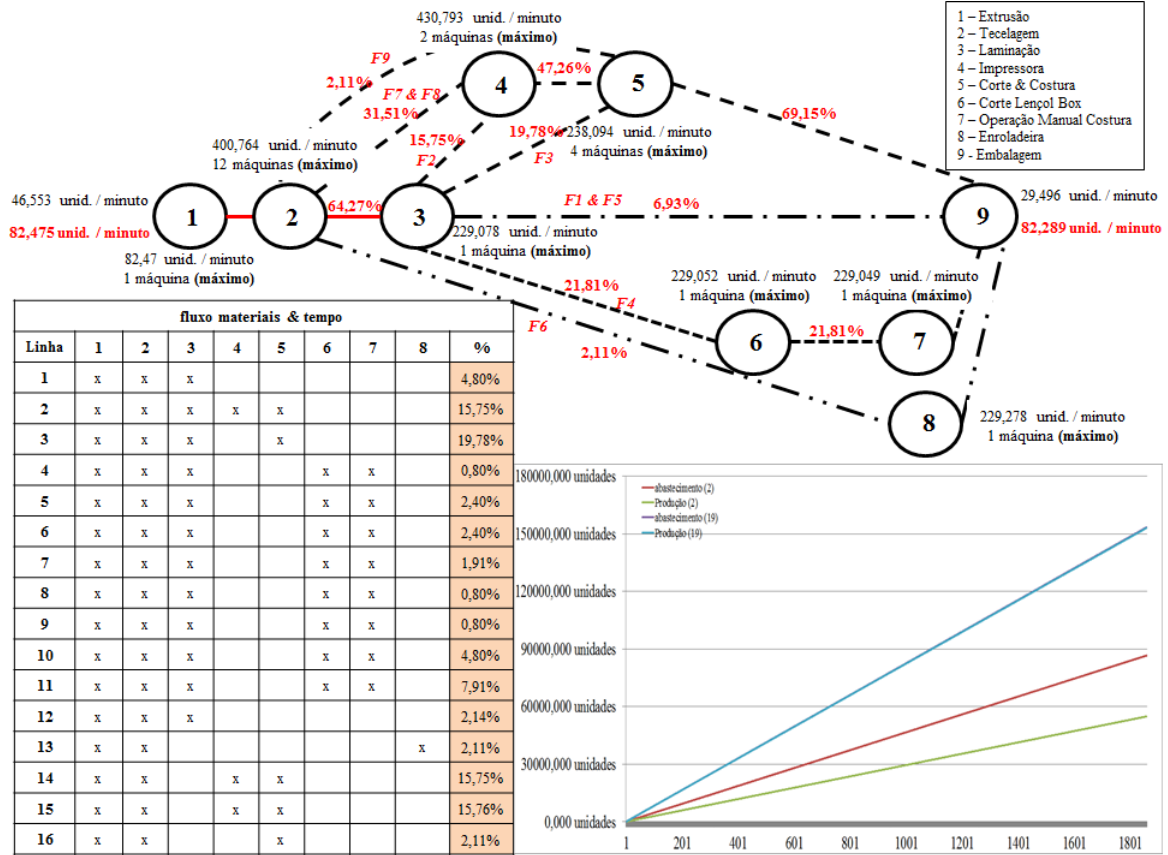


Figura 5.107 – Desempenho do sistema de produção. Processo tecelagem – cenário 19. Fonte: Próprio autor.

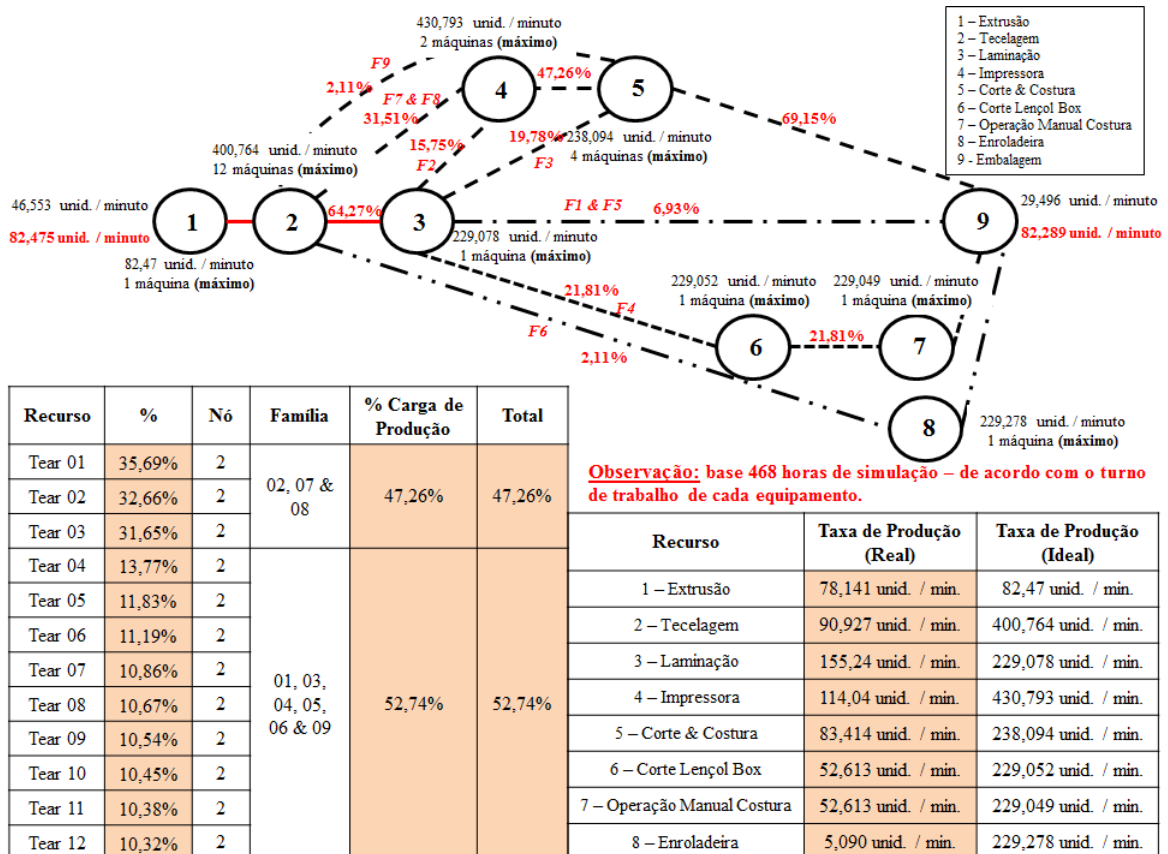
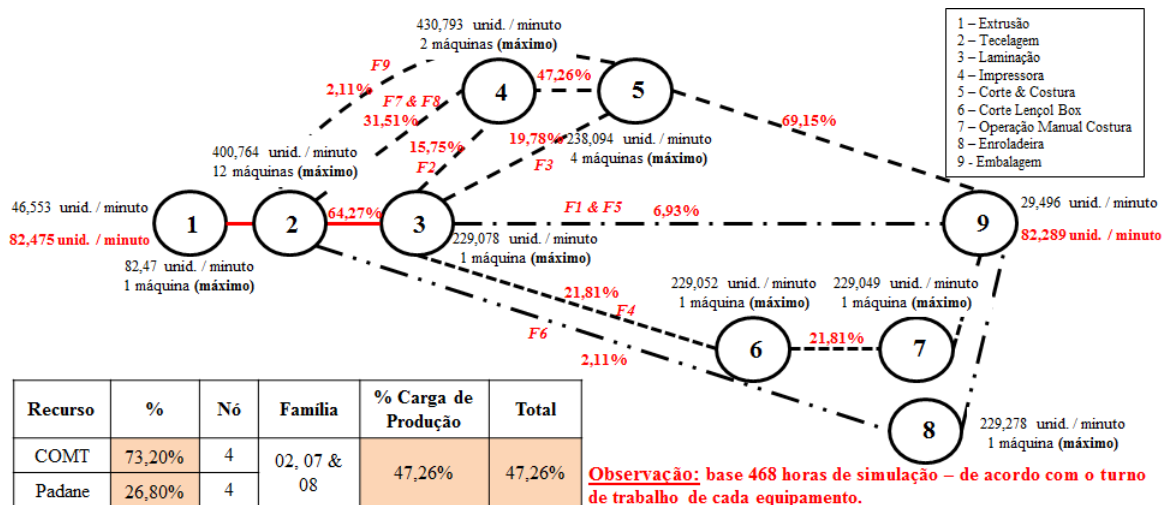
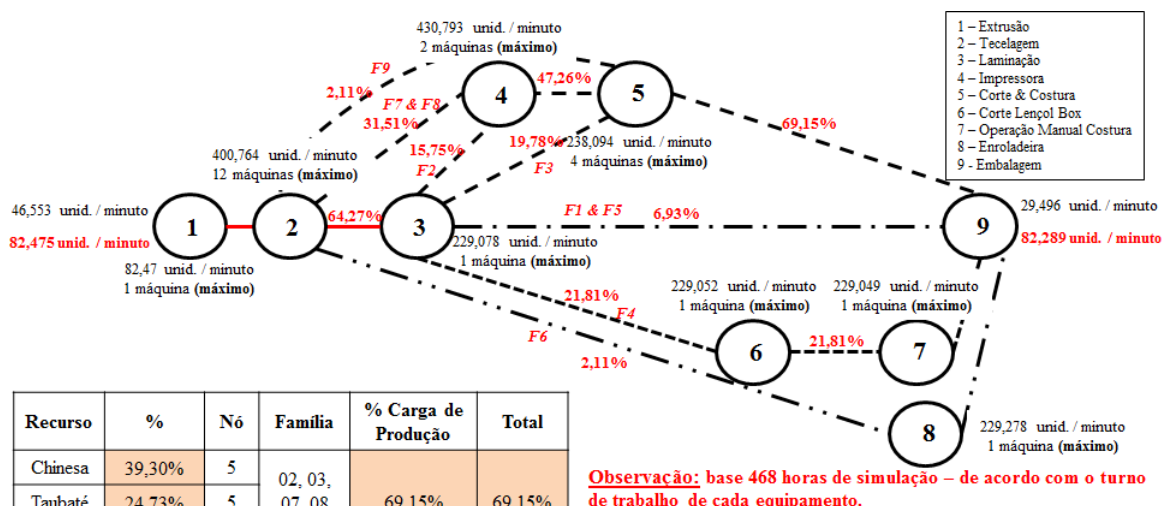


Figura 5.108 – Desempenho do sistema de produção. Processo impressão – cenário 19. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	78,141 unid. / min.	82,47 unid. / min.
2 – Tecelagem	90,927 unid. / min.	400,764 unid. / min.
3 – Laminação	155,24 unid. / min.	229,078 unid. / min.
4 – Impressora	114,04 unid. / min.	430,793 unid. / min.
5 – Corte & Costura	83,414 unid. / min.	238,094 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	52,613 unid. / min.	229,052 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	52,613 unid. / min.	229,049 unid. / min.
8 – Enroladeira	5,090 unid. / min.	229,278 unid. / min.

Figura 5.109 – Desempenho do sistema de produção. Processo Corte Costura – cenário 19. Fonte: Próprio autor.



Recurso	Taxa de Produção (Real)	Taxa de Produção (Ideal)
1 – Extrusão	78,141 unid. / min.	82,47 unid. / min.
2 – Tecelagem	90,927 unid. / min.	400,764 unid. / min.
3 – Laminação	155,24 unid. / min.	229,078 unid. / min.
4 – Impressora	114,04 unid. / min.	430,793 unid. / min.
5 – Corte & Costura	83,414 unid. / min.	238,094 unid. / min.
6 – Corte Lençol Box	52,613 unid. / min.	229,052 unid. / min.
7 – Operação Manual Costura	52,613 unid. / min.	229,049 unid. / min.
8 – Enroladeira	5,090 unid. / min.	229,278 unid. / min.

5.11 – Conclusões

A simulação computacional permite avaliar um sistema de produção minuciosamente sem a necessidade de fazer alterações *in loco* envolvendo elevados investimentos financeiros sem a certeza de que os resultados serão alcançados como esperado.

No entanto, a construção do modelo de simulação requer um amplo conhecimento do sistema de produção a ser estudados, além da obtenção dos dados da operação a fim de construir um modelo próximo do mundo real.

Nesse contexto, conhecimento do uso do *software* de simulação computacional, assim como das suas funcionalidades, é fundamental para que o resultado a ser alcançado realmente seja exequível e com boa precisão e qualidade dos dados a serem gerados.

Além do que o tratamento estatístico dos dados a partir dos dados gerados é fundamental para a validação desses mesmos dados e das suas análises as quais somente serão consideradas com o aval da estatística.

É evidente que se trata de um enorme desafio uma vez que, para o objeto do estudo do presente trabalho, em função da ausência dos dados requereu em torno de 2 anos para o apontamento dos dados e mapeamento do fluxo de valor com uma equipe de aproximadamente 5 profissionais, o que confirma a complexidade dessa etapa do processo e conseqüentemente a mais importante, pois sem os dados não se constrói um modelo de simulação computacional que se torne na simulação cópia fiel do sistema real na operação.

Após o apontamento dos dados e construção dos mapas do fluxo de valor atual o tempo decorrido para a construção do modelo de simulação computacional, teste e execução dos cenários, assim como da análise dos resultados e ponderação dos fatores de influência de acordo com o mundo real levou aproximadamente mais 12 meses de trabalho árduo a fim de finalizar o escopo da presente dissertação.

Nesse contexto, é possível concluir que os resultados foram satisfatórios embora com um excessivo esforço e trabalho árduo nos últimos quase 36 meses com o resultado de duas dissertações robustas quanto aos dados e análises geradas.

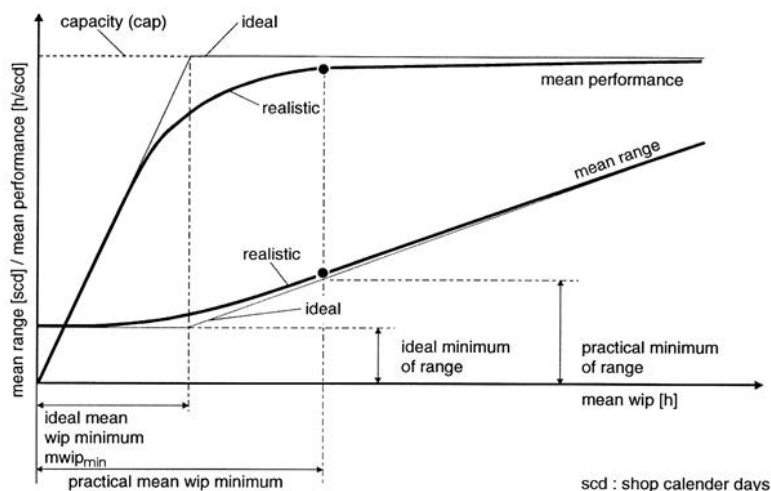
Tecnicamente constata-se que sistema de produção de indústrias têxteis de transformação é complexo e requer mão de obra capacitada tanto quanto ao controle e movimentação do sistema de produção quanto no controle das atividades relacionado à programação da produção efetiva a qual deve prever as núcias e restrições do sistema de produção a fim de manter o nível de produtividade sem prejudicar a qualidade e o prazo de entrega dos produtos acabados no mercado consumidor.

5.12 – Trabalhos futuros

Entre as possibilidades de trabalhos futuros há três que merecem destaque:

- 1) Adequar o modelo a partir dos ajustes a serem realizados na prática operacional e aplicar em conjunto heurísticas específicas para cada uma das restrições de operação, como por exemplo, heurísticas específicas para a programação da produção, uso da metodologia OEE de apontamento do desempenho do sistema produtivo e elaboração de um plano de controle e apontamento da produção com base na Teoria das Restrições.
- 2) Avaliar a partir dos resultados a metodologia de construção dos modelos de simulação computacional apresentada na literatura, além de validá-la em outras aplicações similares em sistemas de produção distintos.
- 3) Aplicar a teoria de controle no sistema a partir de Wiendahl et al (2000) de acordo com o controle automatizado do sistema de produção proposto pelo autor de acordo com a Figura 5.110.

Figura 5.110 – Curvas de desempenho logístico a partir da interdependência entre desempenho versus estoque em processo (WIP – *work in process*). Fonte: Wiendahl e Breithaupt.



Referência Bibliográfica

WIENDAHL, H. P.; BREITHAUPT, J. H. Automatic production control applying control theory. *International Journal of Production Economics*, v. 63, n. 1, p. 33-46, 2000.