

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

**Antônio Marcos Gravena Lemos**

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE  
PRODUÇÃO PBC - *PERIOD BATCH CONTROL* EM UMA CÉLULA DE  
MANUFATURA SEMIRREPETITIVA.**

**ORIENTADOR**

**Prof. Dr. Walther Azzolini Junior**

Araraquara, SP - Brasil

2011

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

**Antônio Marcos Gravena Lemos**

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE  
ORDENS DE PRODUÇÃO PBC - *PERIOD BATCH CONTROL*  
EM UMA CÉLULA DE MANUFATURA SEMIRREPETITIVA.**

Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, como parte do requisito para obtenção do título em Engenharia da Produção. Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

**ORIENTADOR**

**Prof. Dr. Walther Azzolini Junior**

Araraquara, SP - Brasil

2011

Coordination Systems Production Order, Planning and Production Control.

**Ficha catalográfica preparada pelo Centro Universitário de Araraquara – UNIARA**

L576a Lemos, Antônio Marcos Gravena  
Aplicação do sistema de coordenação de ordens de produção PBC - *Period Batch Control* em uma célula de manufatura semirrepetitiva. / Antônio Marcos Gravena Lemos.  
– Araraquara: Centro Universitário de Araraquara-UNIARA, 2011.  
256 f.

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

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

1. PBC – *Period Batch Control*. 2. Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção. 3. Planejamento e Controle da Produção. I. Título.

CDU 62-1



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP  
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

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

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:

---

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior  
Orientador – UNIARA

---

Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes  
UFSCAR – São Carlos-SP

---

Prof. Dr. Josadak Astorino Marçola  
UNIARA – Araraquara-SP

**Araraquara, 24 de junho de 2011**



**A DEUS,**

**a quem este trabalho foi entregue  
quando me pareceu que nada  
mais poderia ser feito,quem me  
conferiu força e sabedoria em  
cada momento.**

***IN MEMORIAN***

Ao meu pai, **Delmir Pereira de Lemos**, que, com sabedoria, fez da vida o seu referencial teórico e das circunstâncias o seu campo de prova e, no dia-a-dia, soube, a seu modo simples, demonstrar competência.

## **À MINHA FAMÍLIA**

Pela paciência, compreensão e respeito para com meus sonhos, em especial minha mãe, Luzia Marli de Souza Lemos, símbolo de fé, esperança e da certeza de que a vida vale a pena, minha referência de vida, nosso “porto-seguro”. A você mãe, dedico mais esta fase da minha vida.

## **HOMENAGEM ESPECIAL**

Ao Professor Doutor **Walther Azzolini Junior**, grande responsável por minha conquista, por sua contribuição, orientação segura e comprometida, que implicou por revelar sua paixão pedagógica, sua visão tenaz de pesquisador, sua paciência, sua força pessoal e sua capacidade de crer no potencial das pessoas, o que elevou ainda mais minha admiração e respeito.

## AGRADECIMENTOS

À UNIARA, através da reitoria, na pessoa do Ilustríssimo Dr. Luiz Felipe Cabral Mauro que sempre acredita e investe em seus funcionários, dando a mim a oportunidade de mais esta etapa.

Aos colaboradores da Uniara, que muito me incentivaram, em especial à Secretaria do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* na pessoa da Luciana Paula O. da Silva por seu carinho e paciência para com os alunos do programa.

Ao Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, por toda atenção, sugestão, contribuição, co-orientação e paciência, possibilitando-me assim amplitude de conhecimento.

A Diretoria da Empresa ZF Sachs, na pessoa do senhor George Palma Mesquita, dos colaboradores Luis Aparecido Paioli, Jose Orlando de Souza, Marcio Roberto de Oliveira, Alessandro Célio de Oliveira e todos os demais colaboradores que contribuíram de modo incansável para que este projeto fosse realizado

Ao meu amigo Ricardo Mauro, pelo apoio e generosidade com que sempre compartilhou informações, conhecimentos e críticas. Ao Walter Medeiros Mauro Junior, por entender minhas ausências quando se fizeram necessárias.

A todos que de forma direta e indireta contribuíram para este acontecimento.

“Se você não estiver dando ao mundo o melhor de si, para qual mundo  
você está se guardando?”  
K. M. Keith

Esta dissertação desenvolvida a partir do objeto de estudo Empresa do setor de autopeças **“ZF do Brasil Ltda. – Divisão ZF Sachs”** 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 e a co-orientação do Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes da Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Produção e líder do grupo de pesquisa PLACOP – Grupo de Pesquisa em Planejamento e Controle da Produção.

## RESUMO

O projeto de pesquisa do presente trabalho se propôs a estudar o fluxo de produção e o sistema de coordenação de ordens de uma das células de manufatura de uma indústria do setor de autopeças.

Desse modo foi realizada uma revisão bibliográfica voltada aos principais sistemas de coordenação de ordens de produção e a aderência dos sistemas identificados, a partir da classificação do fluxo de produto e do nível de repetitividade, à manufatura.

Quanto ao objeto de estudo foi realizada uma descrição do processo de elaboração do Plano Mestre de Produção da empresa e do sistema de coordenação das ordens de produção assim como a identificação das restrições do fluxo de produto na célula objeto de estudo através de dois eventos *kaizen*: **1)** de processo e de **2)** *setup*.

A partir da identificação das restrições e da classificação da célula quanto ao nível de repetitividade foi desenvolvido e proposto um procedimento de ordenação das ordens de produção e alocação de tarefas com base na lógica do sistema de coordenação de ordens de produção PBC – *Period Batch Control* com um critério de seqüenciamento de minimização do tempo de *setup* que considera a relação do tempo de *setup* com o tempo total de fluxo, limitado a um fator máximo de 10%. Inicialmente foi configurado um protótipo desenvolvido em planilhas eletrônicas que deu origem a dois aplicativos: **1)** algoritmo desenvolvido em *Acess* e **2)** algoritmo desenvolvido em *Delphi*.

Com uma base de dados do plano mestre de produção do período de um mês fornecido pela empresa foi realizado um processo de simulação a fim de validar a proposta na empresa e o resultado comparado com o modelo adaptado para o *software* inglês, especialista em programação da produção, *Preactor* 11.0.

**Palavras-chave:** PBC – *Period Batch Control*, Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção, Planejamento e Controle de Produção.



## ABSTRACT

The researched project for this actual essay has proposed to study the production flow as well as the production orders coordination system from one of the auto-parts sector manufacturing cells.

A bibliographic review was performed, aiming for the key production order coordination systems and the assembling of the identified systems, based from the classification of product flow and repetitive level of the manufacture.

As for the plan of study, a description was made for the company's Master Plan development process and the production orders coordination system, as well as restriction identifications concerning product flow on the studied objective cell, through two kaizen events: **1)** from process and **2)** setup.

From identifying these restrictions and proper cell classification regarding the repetition level, a procedure was proposed to organize the production orders and tasks allocations based on the system's coordination and production orders PBC – Period Batch Control along with a sequential criterion for minimization of setup time which considers the setup time relation to the total flow, limited to a maximum 10% factor. Initially, a prototype was configured, developed through electronic worksheets, generating two applications: **1)** algorithms developed through Access and **2)** algorithms developed through Delphi.

With the master production plan database dating from a month provided by the company, a simulation process was performed for the purpose of validating both the company's proposal and the compared results from the adapted english software model, specialized in production programming, Preactor 11.0.

**Key-words:** PBC – Period Batch Control 1, Production Orders Coordination System 2, Planning and Production Control 3.

## Lista de Figuras

Figura 1.1 – Produção de Veículos de 1957 a 2009 no Brasil.....	04
Figura 1.2 – Desempenho da Indústria de Autopeças no ano de 2010....	06
Figura 1.3 – Grau de Diversificação e Distinção nos Níveis de Repetição dos Sistemas de Produção Discretos.....	09
Figura 1.4 – Nível de Repetição dos Sistemas de Produção e o Sistemade Planejamento e Controle da Produção.....	09
Figura 2.1 – Função Processo e Função Operação.....	18
Figura 2.2 – Função Processo (Estrutura) e Função Operação (Infraestrutura).....	18
Figura 2.3 – Sistemas de PCP, Estratégias de PCP e Sistema de Coordenação de Ordens de Produção.....	21
Figura 2.4 – Diferenças entre os Fluxos de Processamento <i>Job shop</i> e <i>Flow shop</i> .....	22
Figura 2.5 – As Quatro Categorias do Modelo Toyota.....	26
Figura 2.6 – Alguns Ícones Definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor.....	32
Figura 2.7 – O sistema de Puxar elimina a Necessidade de se Programar todas as Operações.....	33
Figura 2.8 – Estrutura Lógica do Funcionamento do PBC na Indústria de Calçados.....	45
Figura 2.9 – Exemplo de Aplicação do PBC.....	45
Figura 2.10 – Grau de Diversificação e Distinção nos Níveis de Repetição dos Sistemas de Produção Discretos.....	67
Figura 3.1 – Cenário de Atendimento à Demanda da Empresa Objeto de Estudo.....	82
Figura 3.2 – Divisão dos Produtos Acabados por Grupo de Células de Manufatura Repetitiva Dedicadas.....	83
Figura 3.3 – Fluxo de Informações do Processo de Atendimento à Demanda.....	92
Figura 3.4 – Fluxo de Informações do Planejamento da Produção.....	93

Figura 3.5 – Detalhamento do Planejamento da Produção.....	93
Figura 3.6 – Lista de Tarefas a partir das Prioridades das Montadoras.....	94
Figura 3.7 – <i>Input</i> do Sistema de Atendimento à Demanda do Mercado de Reposição.....	94
Figura 3.8 – Plano de Atendimento à Demanda do Mercado de Reposição.....	95
Figura 3.9 – <i>Input</i> do Sistema de Atendimento à Demanda do Mercado de Exportação.....	95
Figura 3.10 – Plano de Produção Semanal.....	96
Figura 3.11 – Plano de Produção Diário.....	96
Figura 3.12 – Execução do Plano de Produção.....	97
Figura 3.13 – Integração do Fluxo de Informações do Atendimento à Demanda com os Fornecedores.....	97
Figura 3.14. Fluxo numa Célula em Linha com <i>Overflow</i> e Contra Fluxo.....	131
Figura 4.1 – Sistema de trabalho 6 x 1 e 6 x 2.....	132
Figura 4.2 – <i>Layout</i> Celular da ZF Sachs unidade Araraquara.....	134
Figura 4.3 – Sistema de Planejamento e Controle da Produção <i>versus</i> nível de repetição dos sistemas de produção.....	134
Figura 4.4 – Disco de embreagem.....	138
Figura 4.5 – Célula DGM02 e o disco de embreagem produzido na célula.....	139
Figura 4.6 – Estrutura de materiais do produto.....	140
Figura 4.7 – Platô de embreagem.....	141
Figura 4.8 – Gráfico de percentual de demanda.....	143
Figura 4.9 – Gráfico de Percentual de Demanda por <i>Part Number</i> 430WGTZ.....	143
Figura 4.10 – Fluxograma de Processo da DGM02.....	144
Figura 4.11 – Mapa do Fluxo de Valor Atual.....	148
Figura 4.12 – Mapa do Fluxo de Valor Futuro.....	149
Figura 4.13 – Rol de operações da célula DGM02 divididas em operação primária e operação secundária. ....	152

Figura 4.14 – Estimativa da quantidade a ser produzida na célula DGM02.....	152
Figura 4.15 – Análise de Tempo de Ciclo da célula DGM02 – item 49187001485C1.....	153
Figura 4.16 – Tomada de tempo do recurso giro livre da célula DGM 02	153
Figura 4.17 – Montagem da mola de torção da célula DGM 02.....	154
Figura 4.18 – Montagem do conjunto da célula DGM 02.....	154
Figura 4.19 – Simulação do fluxo de produção da célula DGM02.....	155
Figura 4.20 – Ajuste do tempo da operação 10 de 11.42 segundos para 29.93 segundos da 2ª operação.....	155
Figura 4.21 – Visual do <i>layout</i> anterior da Célula DGM02.....	156
Figura 4.22 – Jornada e trabalho e <i>takt time</i> a partir do plano mestre de produção.....	157
Figura 4.23 – Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 01.....	158
Figura 4.24 – Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 02.....	158
Figura 4.25 – Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 03.....	159
Figura 4.26 – Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 04.....	159
Figura 4.27 – <i>Layout</i> anterior da célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ).....	160
Figura 4.28 – <i>Layout</i> posterior da célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ).....	160
Figura 4.29 – Cronoanálise das atividades da Célula DGM02.....	161
Figura 4.30 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 01.....	163
Figura 4.31 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 02.....	163
Figura 4.32 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 03....	164
Figura 4.33 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 04.....	164
Figura 4.34 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 05....	165
Figura 4.35 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 06....	165
Figura 4.36 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 07....	166
Figura 4.37 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 08.....	166
Figura 4.38 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 09.....	167

Figura 4.39 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 10.....	167
Figura 4.40 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 11.....	168
Figura 4.41 – Tempo de ciclo ponderado da Célula DGM02.....	168
Figura 4.42 – 1ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.....	169
Figura 4.43 – 2ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.....	169
Figura 4.44 – 3ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02 (Aprovado).....	170
Figura 4.45 – 4ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.....	170
Figura 4.46 – Visual do <i>layout</i> atual da Célula DGM02.....	171
Figura 4.47 – Pendências da Célula DGM02.....	172
Figura 4.48 – Acompanhamento do tempo de <i>setup</i> Célula DGM02.....	173
Figura 4.49 – <i>Setup</i> para 350GTZ da Célula DGM02.....	174
Figura 4.50 – <i>Setup</i> para 430WGTZ da Célula DGM02.....	174
Figura 4.51 – Organização de ferramental e dispositivo da Célula DGM02.....	175
Figura 4.52 – Plano de Ação em andamento ( <i>Kaizen de Setup</i> ).....	175
Figura 4.53 – Cronoanálise depois das adequações realizadas na célula DGM02 ( <i>Kaizen de Setup</i> ).....	176
Figura 4.54 – Resultados obtidos após as adequações realizadas na célula DGM02 ( <i>Kaizen de Setup</i> ).....	176
Figura 4.55 – Acompanhamento de <i>setup</i> 10/2010 a 02/2011 da Célula DGM02.....	177
Figura 4.56 – Distribuição normal dos tempos de <i>setup</i> da Célula DGM0.....	177
Figura 4.57 – Plano de Ação ( <i>Kaizen de Processo</i> ).....	178
Figura 4.58 – Plano de Ação ( <i>Kaizen de Setup</i> ).....	179
Figura 4.59 – Família de produtos versus fluxo de produção.....	179
Figura 4.60 – Operação versus fluxo de produção.....	180
Figura 4.61 – Tempo em segundos por operação de cada fluxo.....	181
Figura 4.62 – Número de operadores necessários de acordo com os fluxos de produção com montagem de <i>kit</i> .....	181
Figura 4.63 – Produção diária da célula DGM02.....	182
Figura 4.64 – Atendimento à demanda da célula DGM02.....	183

Figura 4.65 – Produtividade da célula DGM02.....	183
Figura 4.66 – Média de tempo de <i>setup</i> da célula DGM02.....	184
Figura 4.67 – Métricas de Processo.....	185
Figura 4.68 – Capacidade de Produção <i>versus</i> necessidade do plano.....	189
Figura 4.69 – Modelo PBC proposto.....	191
Figura 4.70 – Fluxograma do procedimento de sequenciamento proposto a partir do sistema de fluxo programado <i>Period Batch Control</i> – PBC.....	196
Figura 4.71 – Plano Mestre de Produção resumido do período 28/02 a 28/03/2011.....	199
Figura 4.72 – Cabeçalho da proposta da Planilha Eletrônica Parte I.....	206
Figura 4.73 – Cabeçalho da proposta da Planilha Eletrônica Parte II.....	207
Figura 4.74 – Lista de tarefa após a ordenação do modelo após a ordenação.....	207
Figura 4.75 – Base de dados utilizada.....	210
Figura 4.76 – Critérios de ordenação.....	210
Figura 4.77 – Resultado da Simulação.....	211
Figura 4.78 – <i>Makespan</i> da Simulação.....	211
Figura 4.79 – 2ª Simulação com os critérios <i>due date</i> e fluxo de produção.....	212
Figura 4.80 – Resultados da 2ª Simulação.....	212
Figura 4.81 – Base de dados utilizada.....	214
Figura 4.82 – Critérios de ordenação.....	214
Figura 4.83 – Resultado da Simulação.....	215
Figura 4.84 – Uso do recurso Antecipar Lote.....	215
Figura 4.85 – Resultado da simulação – <i>makespan</i> .....	216
Figura 4.86 – Uso da opção Antecipar Fluxo.....	216
Figura 4.87 – Resultado da simulação – <i>makespan</i> .....	217
Figura 4.88 – Antecipação do lote de 10% para 30%.....	217
Figura 4.89 – Resultado da simulação.....	218
Figura 4.90 – Base de dados utilizada.....	220

Figura 4.91 – Cenário – regra <i>APS Minimize Overall Setup</i> – 1º grupo de ordens.....	221
Figura 4.92 – Destaque fluxo 1 no gráfico de <i>Gantt</i> .....	222
Figura 4.93 – Destaque demais famílias de produto no gráfico de <i>Gantt</i> .....	223
Figura 4.94 – Resultado da primeira etapa do sequenciamento utilizando a regra <i>APS Minimize Overall Setup</i> – com o 1º grupo de ordens.....	223
Figura 4.95 – Identificação da ordem de produção com atraso ( <i>APS Minimize Overall Setup</i> ).....	224
Figura 4.96 – Identificação das ordens de produção do Fluxo 10 – além da ordem 20 a ordem 66 tem o fluxo 10 ( <i>APS Minimize Overall Setup</i> ).....	225
Figura 4.97 – Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre utilizando a regra <i>APS Minimize Overall Setup</i> .....	226
Figura 4.98 – Resultado do Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre ( <i>APS Minimize Overall Setup</i> ).....	227
Figura 4.99 – Cenário – regra <i>APS Preferred Sequence</i> – 1º grupo de ordens.....	228
Figura 4.100 – Resultado da primeira etapa do sequenciamento utilizando a regra <i>APS Preferred Sequence</i> – com o 1º grupo de ordens.....	229
Figura 4.101 – Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre utilizando a regra <i>APS Preferred Sequence</i> .....	230
Figura 4.102 – Resultado do Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre ( <i>APS Preferred Sequence</i> ).....	230
Figura 4.103 – Programação flexível com produtos padronizados.....	240
Figura 4.104 – Esquema proposto de integração do PBC ZF Sachs Araraquara com seu principal fornecedor e principal cliente.....	241
Figura 4.105 – Esquema básico do PBC.....	244
Figura 4.106 – <i>Lead time</i> (L) da ordem do cliente <i>versus</i> o tempo de processamento T.....	248

Figura 4.107 – Sistema PBC em um processo de produção de três  
estágios..... 248



## Lista de Quadros e Tabelas

Tabela 1.1 – Frota estimada de auto Veículos.....	03
Tabela 3.1 – Colaboradores da Empresa.....	84
Tabela 3.2 – Figuras da Descrição das Etapas de Elaboração e Execução do Plano Mestre de Produção.....	92
Quadro 4.1 – Evento <i>kaizen</i> de fluxo.....	147
Tabela 4.1. – Descrição do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02 a partir das Figuras 4.30 a 4.45.....	162
Tabela 4.2 – Cálculo do tamanho do lote.....	204
Tabela 4.3 – Cálculo e relação das variáveis do modelo proposto.....	204
Tabela 4.4 – Participação na demanda dos itens de acordo com o F.I	205
Tabela 4.5 – Matriz assimétrica dos tempos de <i>setup</i> em minutos.....	206
Tabela 4.6 – Resultados da simulação do modelo desenvolvido em <i>Excel</i> .....	208
Tabela 4.7 – Parâmetro do modelo desenvolvido no Peactor.....	219
Tabela 4.8 – Resultados obtidos.....	231
Tabela 4.9 – Cenários gerados no aplicativo desenvolvido em <i>Delphi</i> pelo programador.....	232
Tabela 4.10 – Comparação entre os <i>softwares</i> desenvolvidos em <i>Acess</i> e <i>Delphi</i> .....	234
Tabela 4.11 – Avaliação de alguns mecanismos para a coordenação da cadeia.....	251

## Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>Siglas</b>	<b>Significados</b>
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIC.....	<i>Associated Industrial Consultants</i>
AM.....	<i>Aftermarket</i>
ANFAVEA.....	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
APICS.....	Associação para a Gestão de Operações ( <i>Association for Operations Management</i> )
APS.....	<i>Advanced Planning Scheduling</i>
ATO.....	<i>Assembly-to-order</i>
BSC.....	<i>Base Stock Control</i>
BTO.....	<i>Buy-to-order</i>
CAPES.....	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CLF.....	<i>Continuous Line Flow</i>
CNPq.....	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DBR.....	<i>Drum-Buffer-Rope</i> (Tambor-Pulmão Corda)
EBQ.....	<i>Economic Batch Quantity</i>
EDD.....	<i>Earliest Due Date</i>

ERP.....	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EOM.....	Mercado Montadoras
ETO.....	<i>Engineering-to-order</i>
F.I.....	Fator de Impacto
FIFO.....	<i>First In, First Out</i>
FINEP.....	Financiadora de Estudos e Projetos
FKS.....	<i>Flexible Kanban System</i>
GT.....	<i>Group Technology</i>
HRM.....	Gestão de Pessoas ( <i>Human resource management</i> )
JIT.....	<i>Just in Time</i>
LEAN.....	Enxuta
MCC.....	<i>Material Conversion Classification</i>
MCT.....	Ministério da Ciência e Tecnologia
MEC.....	Ministério da Educação e Cultura
MFV.....	Mapeamento do Fluxo de Valor
MPS.....	Programa Mestre de Produção ( <i>Master Production Schecule</i> )
MRP.....	<i>Material Requirements Planning</i>
MRPII.....	<i>Material Resources Planning</i>
MTO.....	<i>Make-to-order</i>
MTS.....	<i>Make-to-stock</i>
MIT.....	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OEE.....	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global do Equipamento)
OPT.....	Tecnologia de Produção Otimizada ( <i>Optimized Production Technology</i> )

PBC.....	<i>Period Batch Control</i>
PCP.....	Planejamento e Controle da Produção <i>(Planning and Production Control)</i>
PIB.....	Produto Interno Bruto
PLACOP.....	Grupo de Pesquisas em Planejamento e Controle da Produção - UFSCAR
PNPD.....	Programa Nacional de Pós-Doutorado
PPEP.....	Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
SAP R3.....	Sistema Integrado de Gestão Empresarial <i>(software)</i>
SBC.....	<i>Standart Batch Control System</i>
SCO.....	Sistemas de Coordenação de Ordens
SFC.....	Controle de chão de fábrica <i>(Shop Floor Control)</i>
SGBD.....	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
Sindipeças.....	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
STP.....	Sistema Toyota de Produção
S&OP.....	<i>Sales and Operations Planning</i>
TA.....	Tempo de Ciclo Total
TI.....	Tecnologia da Informação
TIMPROD.....	Grupo de Pesquisa em Tecnologias de Informação para a Integração da

Manufatura, com ênfase à Programação  
da Produção

TQM.....	Gestão da Qualidade ( <i>Total Quality Management</i> )
TOC.....	<i>Theory of Constraints</i>
TOP.....	<i>Takt-time</i> x <i>One-piece flow</i> x Puxado
TPM.....	Gestão da Manutenção ( <i>Total Productive Maintenance</i> )
TR.....	Tempo de Resposta
UFSCAR.....	Universidade Federal de São Carlos
UNIARA.....	Centro Universitário de Araraquara
VSM.....	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP.....	<i>Work - In-Process</i>

## Sumário

1 Setor Automobilístico no Brasil e a Proposta da Dissertação.....	01
1.1 Contextualização.....	01
1.1.1 O Setor Automobilístico no Brasil.....	02
1.2 Nível de Repetição, Distinção, Diversificação e Diferenciação....	07
1.3 Projetos <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
1.4 Cenário.....	11
1.5 Problemática.....	12
1.6 Hipóteses.....	13
1.7 Objetivo Geral.....	14
1.8 Objetivo Específico.....	14
1.9 Justificativa.....	15
1.10 Método.....	15
2 Revisão Bibliográfica.....	17
2.1 Introdução.....	17
2.2 O Sistema Toyota de Produção, e a Manufatura Enxuta.....	22
2.3 Manufatura Enxuta.....	23
2.3.1 Fundamentos.....	23
2.3.2 Princípios.....	24
2.3.3 Categorias dos desperdícios na manufatura a partir do modelo Toyota de produção.....	28
2.3.4 Sistema de produção empurrado e sistema de produção puxado.....	31
2.4 Planejamento e Controle da Produção: Visão Geral.....	34
2.5 Sistema de PCP e Sistema de Coordenação de Ordens.....	36
2.6 O Processo de Programação da Produção.....	41
2.7 Sistema <i>Period Batch Control (PBC)</i> .....	43
2.8 Sistema de Coordenação de Ordens <i>Kanban</i> do <i>Just in Time</i> .....	48
2.8.1 Regras do sistema de coordenação de ordens <i>kanban</i> .....	49

2.8.2	Tipos do sistema de coordenação de ordens <i>kanban</i> .....	50
2.8.3	A dinâmica do sistema de coordenação de ordens <i>kanban</i> .....	52
2.8.4	<i>Kanban</i> – sequenciamento da produção.....	54
2.8.5	Ponto de puxar.....	54
2.8.6	Determinação do número de <i>kanban</i> para sistemas alternativos de retirada.....	56
2.9	Sistema de Coordenação de Ordens de Produção – Tambor-Pulmão-Corda ( <i>Drum-Buffer-Rope</i> ) – Teoria das Restrições (TOC).....	58
2.10	Fatores Decisivos na Escolha dos Sistemas de PCP.....	62
2.11	Desafios para o PCP.....	67
2.11.1	<i>Mix</i> elevado de produtos e componentes.....	68
2.11.2	Combinação de sistemas.....	69
2.11.3	Crescimento da demanda.....	70
2.11.4	Instabilidade da demanda e dos processos e o Sistema puxado.....	72
2.11.5	Flexibilidade e o Sistema puxado.....	75
2.11.6	Processo puxador – Programação e nivelamento do fluxo de valor.....	79
3	Sistema de Planejamento e Controle da Produção da Empresa Objeto de Estudo.....	81
3.1	Introdução.....	81
3.2	Sistema de Informação da Empresa (PCP).....	84
3.2.1	Colaborador (4) ZF Sachs – Coordenador de logística..	84
3.2.1.1	Caracterização da demanda atendida pela empresa.....	84
3.2.1.2	Estrutura do departamento de logística.....	85
3.2.1.3	A validação do plano mestre de produção.....	86
3.2.1.4	Análise do plano mestre de produção por família de produto.....	99

3.2.1.4.1	Análise no plano mestre de produção da linha disco leve.....	99
3.2.1.4.2	Análise no plano mestre de produção da linha disco pesado / intermediário.....	105
3.2.1.4.3	Problemas na planilha do plano mestre de produção.....	108
3.2.1.5	Distorções do fluxo de informações do planejamento e controle da produção.....	109
3.3	Fluxo de Informações.....	110
3.3.1	Pontos relevantes.....	110
3.3.2	Revisão do plano mestre de produção como departamento de suprimentos.....	111
3.3.3	Sistema de coordenação de ordens.....	113
3.3.3.1	Considerações do processo de revisão do plano mestre de produção.....	115
3.3.4	Planejamento e programação da produção.....	117
3.3.4.1	Dimensionamento do nível de estoque dos itens.....	119
3.3.4.2	Conferência do estoque físico na fábrica.....	128
3.3.4.3	Controle do nível de inventário.....	129
3.4	Dificuldades de Desempenho de uma Célula de Manufatura.....	130
4	Melhoria de Desempenho de uma Célula de Manufatura usando Padronização e o Sistema PBC – <i>Period Batch Control</i> .....	132
4.1	Célula de Manufatura DGM02.....	132
4.1.1	Introdução.....	132
4.2	Proposta de Melhorias com base numa nova padronização das atividades da célula DGM02.....	145
4.3	Mapa do Fluxo de Valor Atual.....	146
4.4	Definir o Fluxo de Valor do Estado futuro da célula, ou seja, estabelecer um novo padrão .....	146
4.5	Plano de ação de implantação do estado futuro.....	147



4.6 <i>Kaizen</i> .....	150
4.6.1 Introdução.....	150
4.6.2 <i>kaizen</i> de processo.....	150
4.6.3 <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> .....	172
4.6.4 Adequações do processo a partir dos eventos <i>kaizen</i> realizados.....	178
4.7 Treinar os operadores na nova sistemática.....	181
4.8 Indicadores de desempenho da célula DGM02.....	182
4.8.1 Métricas de Processo (Eficiência Global da Célula) – Avaliação de resultados.....	184
4.9 Realizar o monitoramento diário da produção do 1º turno para ter uma avaliação da proposta .....	185
4.10 Controle da Produção atual na célula DGM02.....	187
4.11 Sistema PBC: Proposta para Implantação e Avaliação por Comparação com o Sistema <i>Kanban</i> .....	189
4.11.1 Aplicação do PBC em um sistema de produção Semirrepetitivo.....	189
4.11.2 Modelo de sequenciamento proposto a partir do PBC para a célula DGM02.....	192
4.11.2.1 O processo de inicialização.....	192
4.11.2.2 Notações matemáticas.....	192
4.11.2.3 Procedimento de sequenciamento.....	196
4.11.2.4 A Avaliação da proposta por meio de algumas simulações com dados da empresa (Planilha Eletrônica – <i>Excel</i> ).....	198
4.11.2.5 Refinamento da proposta da Aplicação do PBC por meio da utilização de um algoritmo heurístico.....	208
4.11.2.5.1 Algoritmo desenvolvido em <i>Delphi</i> .....	209
4.11.2.5.2 Algoritmo desenvolvido em <i>Acess</i> .....	213
4.11.2.5.3 Modelo desenvolvido no <i>Preactor</i> 11.0.....	219

4.11.2.5.3.1	Sequenciamento utilizando a regra <i>APS Minimize Overall Setup</i> .....	221
4.11.2.5.3.2	Sequenciamento utilizando a regra <i>APS Preferred Sequence</i> .....	228
4.12	Considerações finais sobre a proposta.....	232
4.12.1	Aplicação da proposta na empresa objeto do estudo.....	232
4.12.2	Comparação dos resultados dos diferentes <i>softwares</i> .....	232
4.12.3	Avaliação da proposta.....	235
4.12.4	Relevância do sistema de coordenação de ordens de produção de fluxo programado – PBC ( <i>Period batch control</i> ) de acordo com a literatura: Burbidge, J. L. (1994) e Benders, J.; Riezebos, J. (2002).....	237
4.12.4.1	Histórico.....	237
4.12.4.2	Considerações de Burbidge (1994).....	239
4.12.4.3	Considerações de Benders e Riezebos (2002).....	243
4.12.5	Trabalhos Futuros.....	253
5	Conclusão.....	254

# **CAPÍTULO 1**

## **SETOR AUTOMOBILÍSTICO NO BRASIL E A PROPOSTA DA DISSERTAÇÃO**

### **1.1 Contextualização**

Dados históricos da indústria automobilística brasileira, disponível no anuário de 2010 da ANFAVEA, demonstram o crescimento significativo da demanda por veículos automotores no Brasil a partir da década de 1950 até os dias atuais com a contra partida do aumento do número de fabricantes instalados no país.

Esse cenário permite-nos ter uma visão da complexidade do segmento quanto a sua operação interna (logística de produção) e externa (logística de suprimentos e distribuição) envolvendo indústrias montadoras de veículos automotores, indústrias fabricantes de autopeças e indústrias fornecedoras de matérias primas, além das empresas prestadoras de serviço de movimentação e transporte.

Entre os diferentes processos relacionados na operação e na gestão da manufatura desse segmento encontra-se o processo de coordenação de ordens de produção e compra, processo exaustivamente explorado na literatura e carente de abordagens mais detalhadas das aplicações dos diferentes sistemas de coordenação de ordens citados na literatura podendo ser identificado pontos cruciais a serem explorados, dentre eles os sistemas de coordenação de ordens de produção que atende a sistemática da operação das células de manufatura semirrepetitiva existentes nesse contexto, de acordo com o propósito da pesquisa de campo e bibliográfica realizada durante o desenvolvimento da presente dissertação.

Contudo, o propósito da pesquisa descrita ao longo do texto foi estudar as variáveis do tempo de fluxo de uma célula de manufatura semirrepetitiva de uma indústria fabricante de autopeças inserida nesse contexto e o sistema de coordenação das ordens de produção utilizado por ela, além de buscar na literatura o sistema de coordenação que melhor se adapta nesse caso propondo um novo método de coordenação.

Os resultados alcançados foram surpreendentes e representa um avanço quanto a aplicação do novo método.

Por se tratar, a indústria automobilística, de um dos segmentos responsáveis pelo avanço do processo de industrialização do país, talvez o mais representativo junto com a indústria Têxtil a partir do final da década de 1950, foi considerado relevante pelo autor do presente trabalho fazer uma abordagem concisa dos dados históricos do segmento como parte do texto introdutório da dissertação. Todos os dados apresentados ao longo desse texto introdutório encontram-se no anuário 2010 da ANFAVEA, como mencionado.

### **1.1.1 O Setor Automobilístico no Brasil**

Segundo esse anuário há 25 fabricantes de veículos e máquinas agrícolas atualmente no Brasil operando em uma cadeia de abastecimento com 500 fabricantes de autopeças. Do grupo de fabricantes, 50 unidades industriais estão distribuídas em 8 estados e 36 municípios.

Os produtos gerados por essas empresas compreendem automóveis, comerciais leves, caminhões, chassis de ônibus, tratores, colheitadeiras entre outros.

No total, a capacidade instalada dessas empresas é da ordem de 4,3 milhões de auto veículos por ano e 109 mil máquinas agrícolas. A Tabela 1.1 mostra a distribuição da frota brasileira por estado e por tipo de veículo automotor.

Na Federação, a concentração de automóveis é bem maior do que as demais categorias de veículos automotores, enquanto que nos estados brasileiros, o de maior concentração é o estado de São Paulo, mantendo uma distribuição em porcentagem da frota de autoveículos por unidade relativamente uniforme o que não ocorre na Federação.

O crescimento da frota de caminhões e ônibus nos últimos anos chamou a atenção da empresa objeto do estudo desse trabalho quanto a necessidade de adequação do fluxo da única célula de manufatura mantida por ela no atendimento à demanda dessa categoria de veículo, a célula de manufatura DGM02.

O objetivo do estudo foi adequar o fluxo de produção da célula a fim de aumentar sua capacidade de produção nominal e desenvolver um novo método de coordenação de ordens.

**Tabela 1.1 – Frota estimada de auto Veículos. Fonte: ANFAVEA**

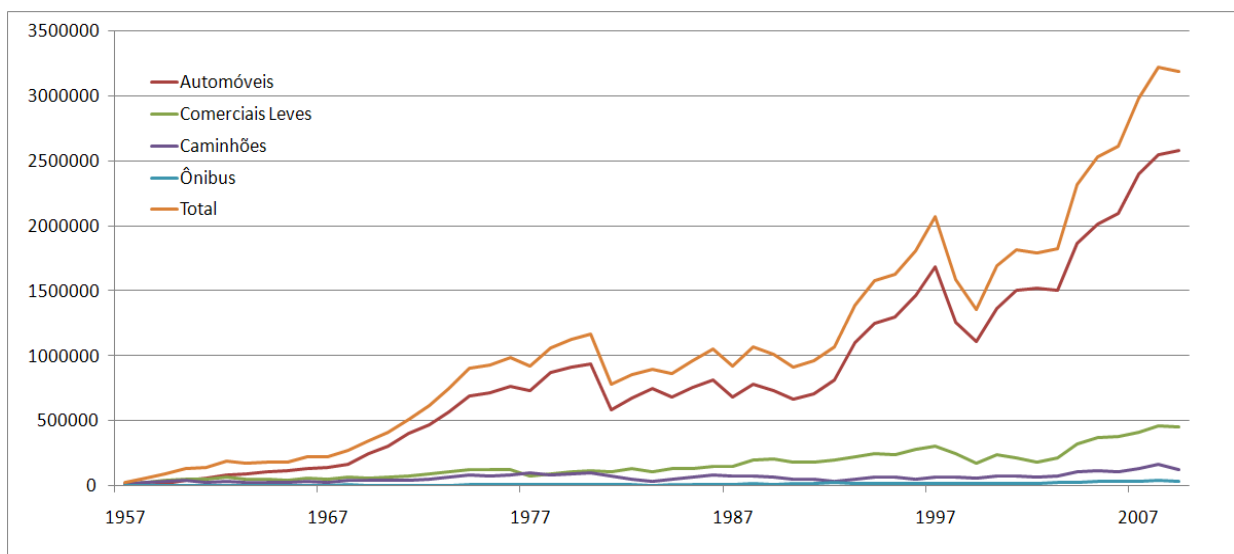
Frota Estimada de Auto veículos - 2009					
Estado	Automóveis	Comerciais Leves	Caminhões	Ônibus	Total
Brasil	23612	3936	1635	460	29643
Distribuição em porcentagem da frota de autoveículos por unidade da Federação					
São Paulo	36,32%	31,54%	27,36%	30,34%	35,10%
Minas Gerais	10,41%	10,68%	11,56%	11,85%	10,53%
Paraná	8,29%	8,34%	10,94%	6,56%	8,42%
Rio de Janeiro	8,63%	6,24%	4,74%	9,32%	8,11%
Rio Grande do Sul	8,07%	7,04%	8,77%	6,55%	7,95%
Santa Catarina	5,31%	4,86%	6,29%	3,35%	5,27%
Goiás	3,09%	4,24%	3,97%	3,06%	3,29%
Bahia	2,84%	3,93%	3,70%	5,81%	3,08%
Pernambuco	2,25%	2,50%	2,93%	3,23%	2,34%
Distrito Federal	2,50%	1,98%	0,85%	1,94%	2,33%
Ceará	1,78%	2,43%	2,11%	2,36%	1,89%
Espírito Santo	1,72%	2,11%	2,59%	2,42%	1,83%
Mato Grosso do Sul	1,18%	1,83%	1,91%	1,18%	1,31%
Mato Grosso	1,06%	2,23%	2,65%	1,24%	1,31%
Outros Estados/Other States	6,56%	10,05%	9,64%	10,80%	7,26%

A Figura 1.1 mostra o crescimento do setor de 1957 a 2009, de acordo com os dados disponibilizados no anuário da indústria automobilística brasileira de 2010 da ANFAVEA.

Um dos maiores problemas para o setor, historicamente superavitário, tem sido o aumento do déficit comercial. Em 2010, os embarques, para 183 países, somaram US\$ 9,6 bilhões e as importações, US\$ 13,1 bilhões, de 138 países. O resultado é o saldo negativo de US\$ 3,5 bilhões, 42,6% superior ao do ano anterior.

Além desse resultado, outro dado relevante é o número de veículos automotores automóveis quando comparado ao número de caminhões e ônibus produzidos ao longo desses cinquenta e dois anos, quando considerado o crescimento do volume produzido entre essas duas linhas de produtos, o que é surpreendente, 60,59% de caminhões e ônibus do total em 1957 contra 4,97% em 2009 demonstrando uma significativa diferença em volume de produção dessas duas linhas de veículos automotores.

Esses dados demonstram a redução de investimento na modernização da frota de caminhões nesse período resultando na redução dos investimentos no desenvolvimento de novos produtos e da tecnologia de manufatura desse tipo de veículo no Brasil, sendo esse cenário modificado a partir da estabilização da economia e da retomada do crescimento a partir de 1994, tendo um reflexo maior no estado de São Paulo.



**Figura 1.1 – Produção de Veículos de 1957 a 2009 no Brasil.**

**Fonte: ANFAVEA**

Os números demonstram um volume de autopeças para veículo automotor automóvel bem maior do que o volume de autopeças para veículo automotor caminhões e ônibus conseqüentemente e um investimento relativamente baixo do setor automobilístico como um todo, ao longo desse período quando comparado ao seu faturamento.

É possível que a relação investimento versus faturamento tenha sido afetada por dois fatores principais:

1. Retração da demanda entre as décadas de 1970 e 1990 em função da crise do petróleo em 1973 e o período inflacionário que imperou no Brasil por décadas;
2. O fato de essas empresas investirem em adequações e melhorias de processos de fabricação a partir da concepção de projetos *Lean Manufacturing* que se tornaram frequentes a partir da década de 1990 com resultados, na maioria dos casos, surpreendentes de ganho de capacidade de produção a partir dos recursos de manufatura existentes.

O 2º fator pode estar relacionado ao interesse da empresa objeto do estudo desse trabalho ter dado ênfase a projetos de melhoria do fluxo de produção a partir do kaizen de processo e kaizen de setup realizados a fim de aumentar a disponibilidade da célula de manufatura pesquisada em atender uma demanda crescente por componentes automotivos de veículos pesados, no caso ônibus e caminhões, a ser atendida pela célula de manufatura.

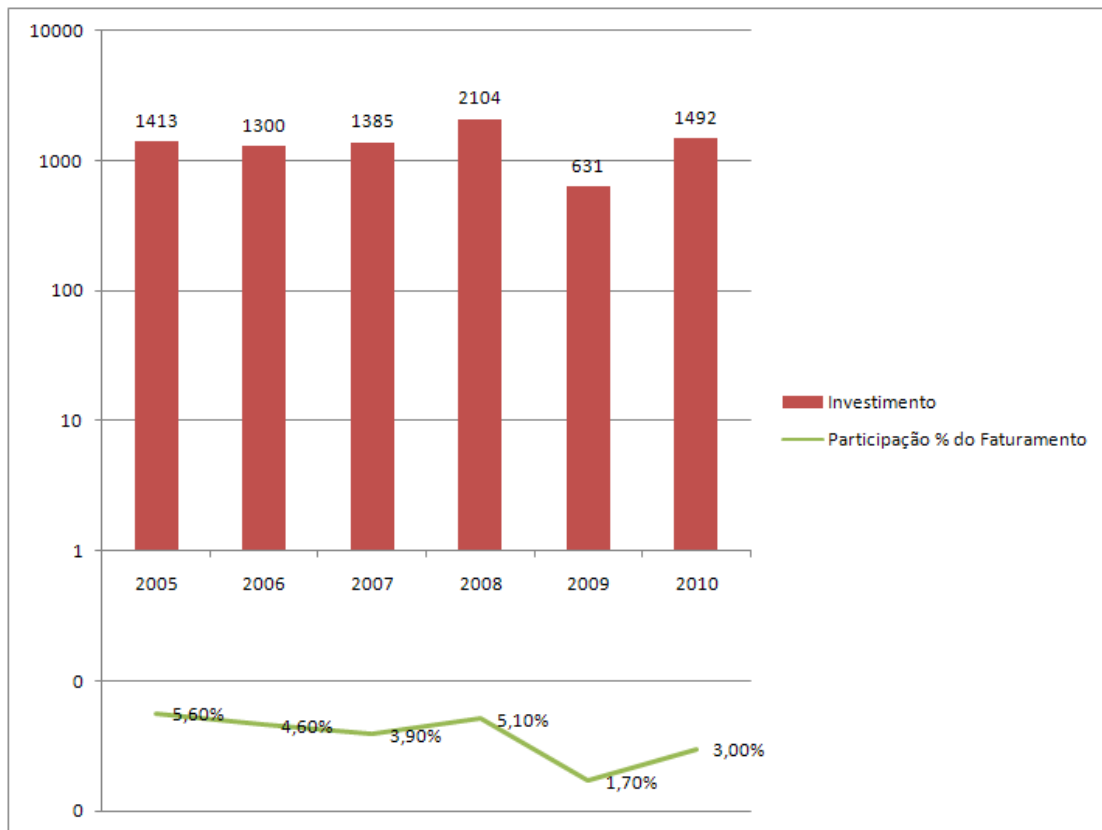
Nesse ambiente de alta complexidade, a adequação das linhas de montagens a partir da automação industrial e da adequação do fluxo de abastecimento e montagem, fez com que as empresas alcançassem uma maior flexibilidade no enfrentamento das oscilações de demanda, embora o tempo de resposta das empresas que operam na cadeia desse setor ainda não é do mais adequado para enfrentar eficientemente as oscilações de demanda desse segmento.

Contudo, a cadeia de abastecimento dessas empresas representada pela indústria de autopeças tem o desafio de enfrentar as dificuldades inerentes ao atendimento da demanda das montadoras com um mínimo de estoque em processo, em função da alta distinção do *mix* de produtos.

Em contrapartida, trata-se de um dos principais setores da indústria brasileira com participação do PIB do país de 19,8% em 2009 com histórico de crescimento, em praticamente todos os períodos de 1957 a 2009.

A indústria de autopeças em decorrência desse crescimento, de 1957 a 2009, teve seu faturamento líquido aumentado da ordem de aproximadamente 1000% com investimentos variando de 9,7% (\$ 325.000.000) em 1977 a 2,6% (\$ 900.000.000) em 2009. Em termos de valor financeiro um aumento da ordem de 277%.

Os investimentos, que haviam despencado de US\$ 2,1 bilhões em 2008 para US\$ 631 milhões no ano seguinte, devido aos impactos da crise financeira mundial, subiram para US\$ 1,5 bilhão em 2010, o equivalente a 3% das vendas no ano de acordo com a Figura 1.2.



**Figura 1.2 – Desempenho da Indústria de Autopeças no ano de 2010**  
**Fonte: Sindipeças – Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores**

Contudo, é importante observar de acordo com a Figura 1.2, que a porcentagem de investimento com relação ao faturamento dessas empresas é baixa, mesmo com um índice de automação de processos crescente.



Uma característica importante dos sistemas de produção da indústria automobilística é a distinção dos seus produtos o que facilita a padronização dos procedimentos de processo envolvidos na fabricação dos produtos, conceito abordado no tópico 1.2.

## **1.2 Nível de Repetição, Distinção, Diversificação e Diferenciação**

Para MacCarthy e Fernandes (2000), o nível de repetição está atrelado às seguintes definições: um item é repetitivo se ele consome uma porcentagem significativa do tempo total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%).

Um sistema de produção é definido como sendo repetitivo se apresentar pelo menos 75% dos itens de produção repetitivos. Um sistema de produção não repetitivo é aquele no qual pelo menos 75% dos itens são não repetitivos.

Já semirrepetitivo é o sistema de produção com pelo menos 25% de itens repetitivos e 25%, não repetitivos. Sistema de produção em massa é aquele no qual a grande maioria dos itens ou produtos, a partir do seu perfil de demanda, é repetitivo. Nesse contexto, duas outras definições são relevantes: Distinção e Diversificação. Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010):

1. Distinção é a habilidade de o sistema de produção (SP) responder a mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito similares. Portanto, distinção relaciona-se com a variedade de modelos semelhantes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*. Exemplos de distinção são alterações de cor e tamanho na indústria de calçados, por exemplo.
2. Diversificação é a habilidade de o sistema de produção responder a grandes mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito diferentes entre si, ou seja, o processo é capaz de fornecer grande variedade de produtos muito diferentes. Portanto, diversificação relaciona-se com a variedade de produtos muito diferentes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*, mas principalmente, do uso de equipamentos universais e versáteis e mão de obra versátil.

3. Diferenciação é a empresa que possui algum produto diferenciado, ou seja, não existe nenhum produto similar no mercado.

Uma empresa pode possuir, embora seja rara, uma linha de produtos ao mesmo tempo diversificada, distinta e diferenciada. Isso significa que há muitos produtos bem diferentes entre si (diversificação), cada um deles possui várias variantes (distinção) e esses produtos não possuem concorrentes similares no mercado (ou seja, são produtos diferenciados).

A partir desses conceitos fica mais fácil compreender o conceito do nível de repetição para os itens discretos, relacionado à definição de distinção e diversificação.

Dessa forma, em um ambiente com nível de repetição como o da produção em massa, a diversificação é muito baixa (inexistente) e a distinção pode ser baixa ou média. Por outro lado, pode haver ou não diferenciação, que é uma questão de inovação.

Em ambientes repetitivos a diversificação deve ser baixa e a distinção pode ser média ou alta.

Em ambientes semirrepetitivos temos uma média diversificação e uma alta distinção e, finalmente, em ambientes não repetitivos temos ambos, diversificação e distinção, altos.

A Figura 1.3 resume a relação dos níveis de repetição dos sistemas de produção discretos com os conceitos de Diversificação e Distinção.

MacCarthy e Fernandes (2000), em sua proposta de classificação de sistemas de produção, defendem que cada sistema de produção (ou parte dele: unidade produtiva) tem características mais adequadas à implantação de um ou mais Sistemas de Planejamento e Controle da Produção (nesta dissertação, esses sistemas são denominados Sistemas de Coordenação de Ordens (SCO) como o fazem Fernandes e Godinho (2010)).

Níveis de repetição dos sistemas de produção discretos	Diversificação	Distinção
Produção em massa	Inexistente (produto único)	Baixa/Média
Repetitivo	Baixa	Média/Alta
Semi repetitivo	Média	Alta
Não repetitivo	Alta	Alta

**Figura 1.3 – Grau de Diversificação e Distinção nos Níveis de Repetição dos Sistemas de Produção Discretos. Fonte: Fernandes e Godinho (2010).**

Um sistema de coordenação de ordens de produção é a essência de um Sistema de Controle da Produção.

A relação entre a classificação e alguns dos principais sistemas de coordenação de ordens é mostrada na Figura 1.4.

A Figura 1.4 mostra os sistemas de coordenação de ordens de produção ideais de acordo com esse modelo proposto.

<b>NÍVEL DE REPETIÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b>							
Outras variáveis	Contínuo puro	Semi contínuo	Produção em massa	Repetitivo	Semi repetitivo	Não repetitivo	Grandes Projetos
Sistema de planejamento e controle da produção	Uma planilha para controlar a taxa de fluxo	Uma planilha para programar o trabalho	kanban	Kanban ou PBC	PBC ou OPT	MRP	PERT /CPM

**Figura 1.4 – Nível de Repetição dos Sistemas de Produção e o Sistema de Planejamento e Controle da Produção. Fonte: MacCarthy e Fernandes (2000).**

### 1.3 Projetos *Lean Manufacturing*

O marco do surgimento do sistema *Toyota* de produção ou manufatura enxuta foi à década de 1940 no Japão após a 2ª guerra mundial, no período logo após a reconstrução do país.

No ocidente, a mudança de paradigma, da manufatura em massa para a manufatura enxuta, se deu a partir da década 1980 em função de mudanças no cenário mundial quanto ao aumento da variedade de produtos (diversificação e distinção), imprevisibilidade da demanda e aumento significativo da concorrência.

Segundo Nazareno (2008) somente no final da década de 1980, o ocidente passou a estudar e a ter conhecimento dos conceitos inerentes ao sistema de produção da *Toyota*, em especial com o lançamento do livro **A máquina que mudou o mundo** de Womack e Jones (2004).

De acordo com Shah e Ward (2002), a implantação do sistema Toyota de Produção tem o sucesso de todo o processo envolvido dependente de fatores como:

- Complexidade do sistema de produção da empresa.
- Influência do sindicato dos trabalhadores.
- Cultura da organização.
- Idade média da planta.
- Idade média dos colaboradores.
- Tamanho da planta.

É fato que, dependendo da organização, a concepção do funcionamento do sistema *Lean* não se altera em relação à grande maioria dos conceitos e princípios pertinentes ao modelo proposto de gestão da produção, mas se altera de forma mais significativa no processo de implantação devendo os responsáveis pelo processo avaliar os fatores acima relacionados.

Além dos fatores relacionados, de acordo com Shah e Ward (2002), há que se levar em consideração que o sistema *Toyota* de produção ao evoluir para um escopo de quatro grupos de práticas de gestão da produção na implantação de novos projetos *Lean Manufacturing*, descritos na literatura, requer o conhecimento de métodos, ferramentas, conceitos e princípios mais apurados envolvendo uma mudança de cultura organizacional, principalmente quanto à forma de tratamento dos desperdícios materiais e de tempo na manufatura e conseqüentemente a disciplina exigida dos colaboradores na condução do processo.

Os quatro grupos de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing* definidos por (SHAH e WARD 2002) são:

- 1) *Just in Time (JIT)*;
- 2) Gestão da Qualidade (TQM);
- 3) Gestão da Manutenção (TPM);
- 4) Gestão de Pessoas (HRM).

A partir da definição dos quatro grupos de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing*, o presente projeto de pesquisa buscou estudar o desempenho de uma empresa do setor metal mecânico, objeto de pesquisa, definindo como premissa de pesquisa abordar somente o 1º grupo de práticas, o *Just in Time*, e mostrar que o sistema PBC é altamente capaz de coordenar a produção semirrepetitiva de uma forma “no momento exato, na quantidade exata”, ou seja, de uma forma *Just in Time*.

#### **1.4 Cenário**

Empresas engajadas em projetos *Lean Manufacturing* normalmente têm dificuldade em manter sob controle a função do planejamento e controle da produção e se apóiam nos resultados da implantação do projeto para nivelar o fluxo de produção de modo a apoiar a atuação dos planejadores.

Nesse contexto, a programação da produção tem forte impacto nos resultados do abastecimento de qualquer sistema de produção (NAZARENO, 2008).

Contudo, a programação da produção a partir do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* do *Just in Time*, garante resultados satisfatórios para sistemas de produção repetitivos e dificuldades do gerenciamento das ordens para sistemas semirrepetitivos.

Estudar o impacto da repetitividade nos sistema de produção da empresa objeto de estudo é um dos objetivos desse trabalho.

O propósito deste trabalho, contudo, é estudar uma das células de manufatura semirrepetitiva da empresa objeto de estudo e propor um sistema de coordenação de ordens de produção alternativo ao sistema *kanban*, ou seja, o sistema *PBC – Period Batch Control* que é mais adequado que o *kanban* para coordenar a produção de uma célula de fabricação semirrepetitiva.

## **1.5 Problemática**

A empresa possui duas plantas: a 1ª, fabricante de componentes estampados e acessórios e a 2ª, montadora de embreagens, sendo que a 1ª é a principal fornecedora da 2ª, com gestões distintas da manufatura, embora dependentes.

Há nesse contexto, deficiências no fluxo de informações e de materiais, os quais interferem na programação da produção. Além do exposto, parte da planta montadora opera com base nas práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing* e parte não, o que dá maior complexidade ao processo de programação da produção.

Além dos fatores relacionados no 1º e no 2º parágrafo há casos de células de manufatura em que a engenharia de processos não dispõe de informações precisas do processo de fabricação gerando equívocos no processo de gerenciamento do fluxo de produção pelo departamento de logística envolvendo a execução dos procedimentos de planejamento e controle das atividades de fabricação da célula de manufatura.

Como não é possível abordar em um único projeto de pesquisa as três frentes de investigação relacionadas o foco do presente trabalho, a partir da célula de manufatura DGM02 selecionada no sistema de produção da empresa para a pesquisa da dissertação foi:

1. Estudar o fluxo de produção da célula de manufatura a partir do seu processo de fabricação identificando a partir das famílias de produtos os tempos de ciclo, tempos de fluxo, tempos de setup e balanceamento de linha;
2. A partir do mapeamento de fluxo e de processo propor um modelo de sistema de coordenação de ordens de produção a partir do sistema de coordenação de ordens selecionado na literatura: *PBC – Period Batch Control*.

## 1.6 Hipóteses

Entre outros fatores, têm-se os seguintes fatores críticos do processo de fabricação da célula de manufatura:

- 1) Tempos de fluxo diferentes por famílias de produtos fabricados na célula de manufatura.
- 2) Célula de manufatura desbalanceada.
- 3) A melhoria de desempenho da célula de manufatura pode ser conseguida utilizando: i) o conceito de padronização da manufatura enxuta, ii) e o sistema de coordenação de ordens *PBC – Period Batch Control*.
- 4) A célula de manufatura DGM02 opera com o perfil de demanda de uma célula semirrepetitiva.

Caso a hipótese (4) se confirme o sistema de coordenação de ordens de produção atual, o *kanban*, não atende as necessidades de coordenação de ordens da célula de manufatura.

## 1.7 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo geral, analisar e avaliar se a célula de manufatura DGM02, objeto de estudo, responde bem às necessidades de demanda do componente disco de embreagem da empresa.

Trata-se do componente de um dos produtos da linha pesada da empresa, dando ênfase ao conceito de célula semirrepetitiva e ao uso do *sistema de coordenação de ordens de produção PBC – Period Batch Control* em um projeto *Lean Manufacturing*.

## 1.8 Objetivo Específico

O presente trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar o perfil de demanda dos produtos fabricados na célula de manufatura DGM02;
2. Fazer o diagnóstico das particularidades da operação da célula de manufatura DGM02 enfatizando seus pontos fortes e fracos do processo de fabricação;
3. Identificar os procedimentos de planejamento e controle realizados pelo PCP da empresa e a partir da literatura, avaliar os ajustes necessários a fim de propor um modelo estruturado para o PCP;
4. A partir das adequações do método de planejamento e controle da empresa validar a hipótese da célula de manufatura DGM02 operar com produtos acabados de demanda semirrepetitiva e por fim;
5. Adequar o desempenho da célula DGM02 a qual é a célula crítica da empresa do estudo de caso por produzir o maior número de produtos dentro do mesmo ambiente de manufatura.



## 1.9 Justificativa

Projetos *Lean Manufacturing* bem sucedidos garantem um processo de gestão de processos eficiente e eficaz, mas não adéqua em alguns casos o processo de planejamento e controle à nova sistemática de gestão de processos que se impõe pela complexidade do sistema de produção e da dinâmica da variação de demanda imposta pelo mercado, principalmente quando se trata de produtos acabados fabricados em unidade produtiva semirrepetitiva e de demanda não estável.

A proposta do presente estudo consiste em validar a hipótese de que sistemas *Lean Manufacturing* a partir do seu sistema de coordenação de ordens kanban têm dificuldade em dar aderência ao processo de programação da produção de células de manufatura semirrepetitivas, identificando as principais dificuldades e como contorná-las, de modo a definir a partir do sistema *PBC – Period Batch Control* uma sistemática de coordenação de ordens fundamentada numa programação eficaz e eficiente.

O estudo realizado proporciona um ganho maior na utilização dos recursos, a partir da gestão da manufatura apoiada pela sistemática proposta.

## 1.10 Método

O método de pesquisa utilizado neste trabalho se divide em:

- Pesquisa exploratória: envolvendo entrevistas, observação e documentos cedidos pela empresa. Não foi elaborado para este trabalho um questionário formal de pesquisa. As entrevistas foram gravadas a partir de um roteiro de entrevista semi estruturado seguido pelo autor de acordo com os itens descritos:
  - 1) Descrição da função do entrevistado.
  - 2) Descrição da área funcional de atuação.
  - 3) Descrição dos procedimentos realizados na função.
  - 4) Principais restrições da operação.
  - 5) Mapeamento do fluxo de informações no procedimento realizado.

- Pesquisa descritiva: por meio da sistematização e estruturação das informações levantadas nos objetos de pesquisa, a partir do levantamento dos dados mencionados e transcritos, de modo a delinear toda a operação da empresa entre plantas a fim de atender demandas por produtos pré- definidos.
- Pesquisa qualitativa descritiva: de caráter exploratório em razão de pouco se saber sobre o problema em questão.
- Participação efetiva do autor do projeto de adequação da célula de manufatura *kaisen* de processo.

Segundo Silva e Menezes (2000, *apud* NAZARENO, 2008, p.35), essa abordagem considera que o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave, que atende a analisar os dados indutivamente.

A identificação de deficiências na etapa da programação da produção deve ser mais bem discutida com os profissionais da empresa, a fim de validar as conclusões quanto às possíveis falhas na empresa a partir da execução da função do PCP, com base em uma extensa revisão bibliográfica até se chegar à proposta de um efetivo conjunto de procedimentos.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Introdução

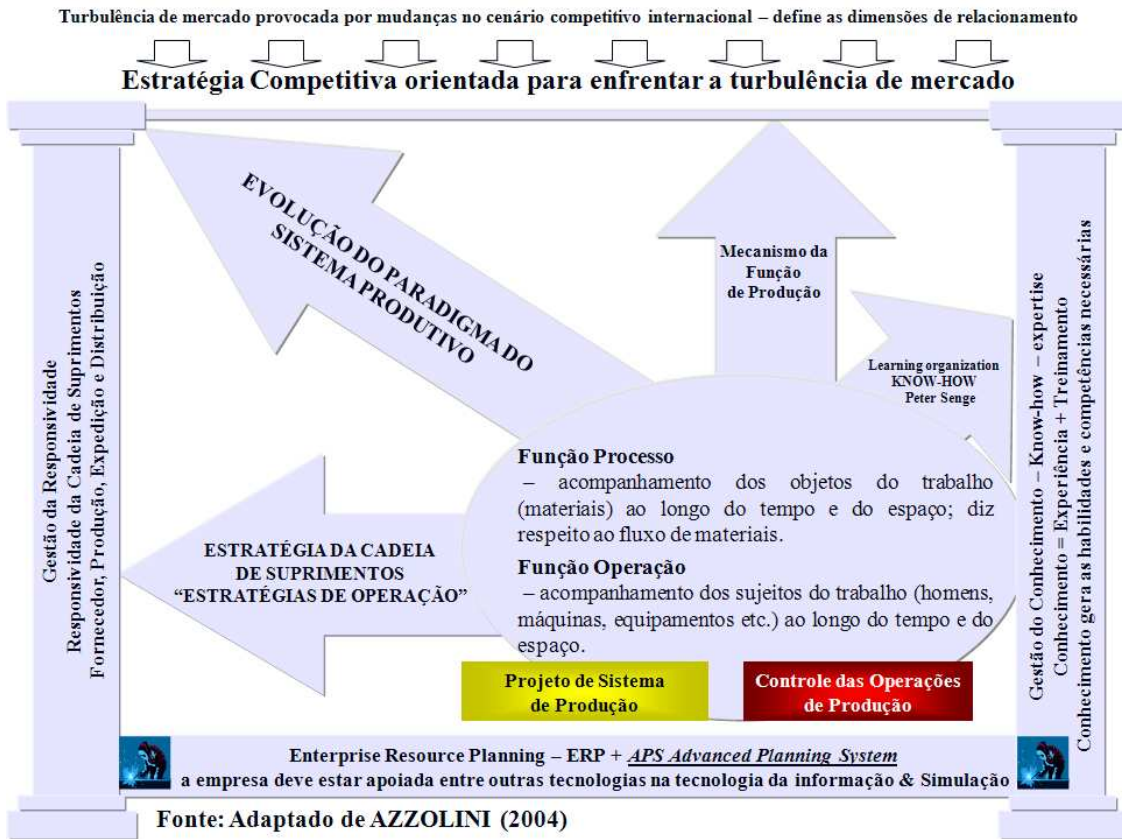
Atualmente as empresas se empenham em estruturar o Departamento de Planejamento e Controle da Produção e fortalecer a gestão de processos a fim de garantir o maior aproveitamento dos seus recursos e se tornarem mais competitivas. Segundo Pires (1995), o fortalecimento da gestão de processos não é simples e depende das seguintes definições:

- a. das políticas da empresa;
- b. dos programas da empresa;
- c. das estratégias da empresa;
- d. e dos processos da empresa.

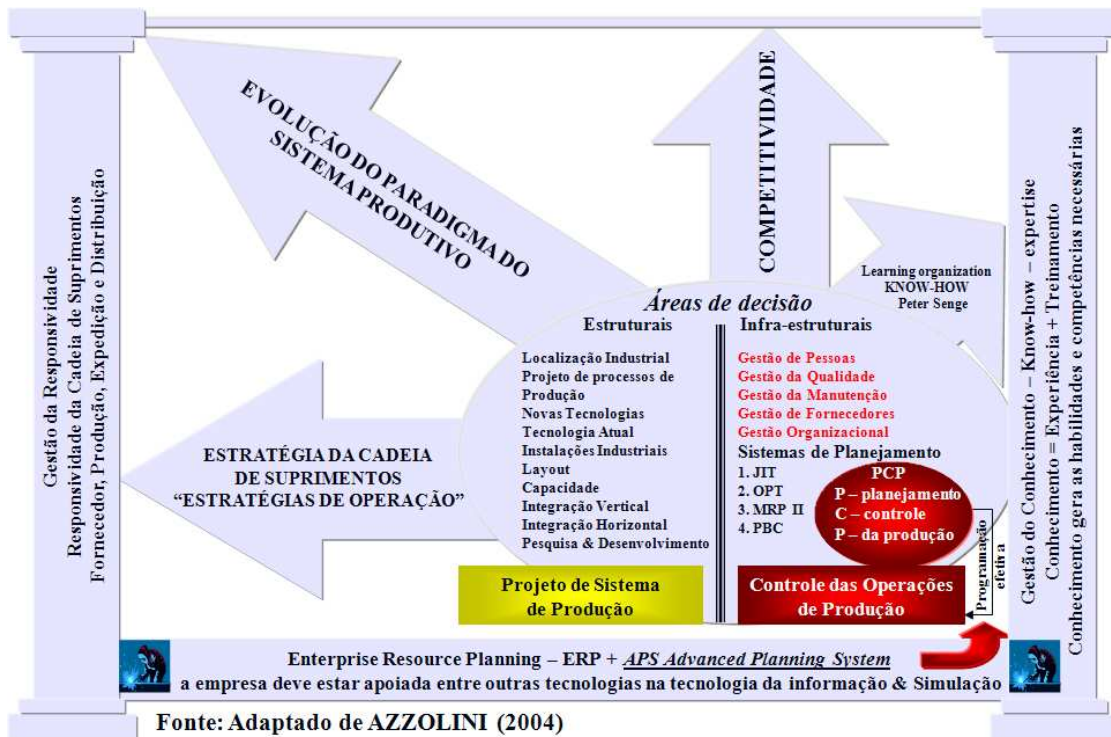
Pires (1995) define política, programa, estratégia e processo:

1. Políticas: como regras ou normas que expressam os limites dentro dos quais as ações devem ocorrer.
2. Programas: especificam, passo a passo, a sequência de ações necessárias para se obter os objetivos principais da organização, dentro dos limites impostos pelas políticas. Devem também ter meios para garantir e medir se os recursos estão sendo comprometidos com os objetivos maiores da organização.
3. Estratégias: aplicar de modo adequado os meios disponíveis ou explorar condições favoráveis com vista a objetivos específicos.
4. Processos: Processo diz respeito à formulação e implementação de uma estratégia e o Conteúdo diz respeito às características da estratégia usada e como ela está definida. Assim, o conteúdo especifica o que foi decidido e o processo como tais decisões são atingidas.

A Figura 2.1 mostra a função processo e a função operação no Projeto do Sistema de Produção e no Controle das operações de produção enquanto que a Figura 2.2 relaciona a função processo à estrutura do sistema de produção e a função operação à infra-estrutura do sistema de produção.



**Figura 2.1 – Função Processo e Função Operação**  
 Fonte: Adaptado de Azzolini (2004)



**Figura 2.2 – Função Processo (Estrutura) e Função Operação (Infraestrutura).** Fonte: Adaptado de Azzolini (2004)

A concepção do Projeto do Sistema de Produção e o Controle das Operações de Produção têm como princípio suportar a pressão do mercado quanto às inovações de produto e conseqüentemente de processo.

A Figura 2.2 é complementar à Figura 2.1 e tem como objetivo mostrar as áreas de decisão relacionadas ao projeto do sistema de produção considerando:

1. A Estrutura definida no projeto de sistema de produção.
2. A Infraestrutura definida e o sistema de planejamento de acordo com as particularidades do sistema de produção e a necessidade do controle das operações de produção.

A integração da Estrutura e da Infraestrutura garante o apoio da estrutura organizacional à manutenção do conhecimento da organização como sendo um dos pilares da competitividade através do *know-how* adquirido e atuando como balizador para a definição do paradigma de manufatura a ser adotado e a estratégia da cadeia de suprimentos que deve garantir a responsividade apoiada pelo comprometimento dos fornecedores. Essa junção torna a empresa coesa, com um núcleo duro capaz de suportar as incertezas do mercado quanto à variação de demanda e tendências definidas por novas necessidades, e pela busca da inovação de processo, produto e gestão da produção. Entre as definições, os processos de uma empresa podem ter conotações diversas entre, por exemplo, processos administrativos e processos de manufatura. O presente trabalho busca estudar os processos de manufatura a partir da infraestrutura e estrutura.

De acordo com a Figura 2.1, a Função Processo acompanha os objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço, ou seja, o fluxo de materiais depende fortemente da estrutura envolvendo: a localização industrial, o projeto de processos de produção, novas tecnologias *versus* a tecnologia atual, as instalações industriais, *layout*, capacidade, integração vertical, integração horizontal, pesquisa e desenvolvimento. Da estrutura, dois pontos são fundamentais: o projeto de processos de produção e a configuração do *layout*. Uma vez que a empresa objeto de estudo já apresenta uma estrutura definida e não cabe ao objetivo desse trabalho estudá-la, não há no desenvolvimento do estudo de caso ênfase a mudanças do *layout*.

Já a função operação, que deve acompanhar os sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos, etc.) ao longo do tempo e do espaço, se relaciona à Gestão: de pessoas, de qualidade, de manutenção, de fornecedores e organizacional diretamente relacionada aos sistemas de planejamento, sendo os principais: *Just in Time (JIT)*, *Optimized Production Technology (OPT)*, *Manufacturing Resources Planning (MRPII)* e o *Period Batch Control (PBC)*. A função operação é o cerne desse trabalho envolvendo a proposta de um sistema de coordenação de ordens de produção adequado a uma célula de manufatura semirrepetitiva.

Nesse contexto a grande dificuldade das empresas é definir qual o sistema de coordenação de ordens que melhor atenda às particularidades do seu sistema de produção a partir da função processo e da função operação.

De acordo com Fernandes & Godinho Filho (2010), os sistemas de planejamento definem as estratégias de PCP, os sistemas de coordenação de ordens são definidos de acordo com as particularidades do sistema de produção e devem ser adequados ao controle do fluxo de produção pretendido, de acordo com a Figura 2.3.

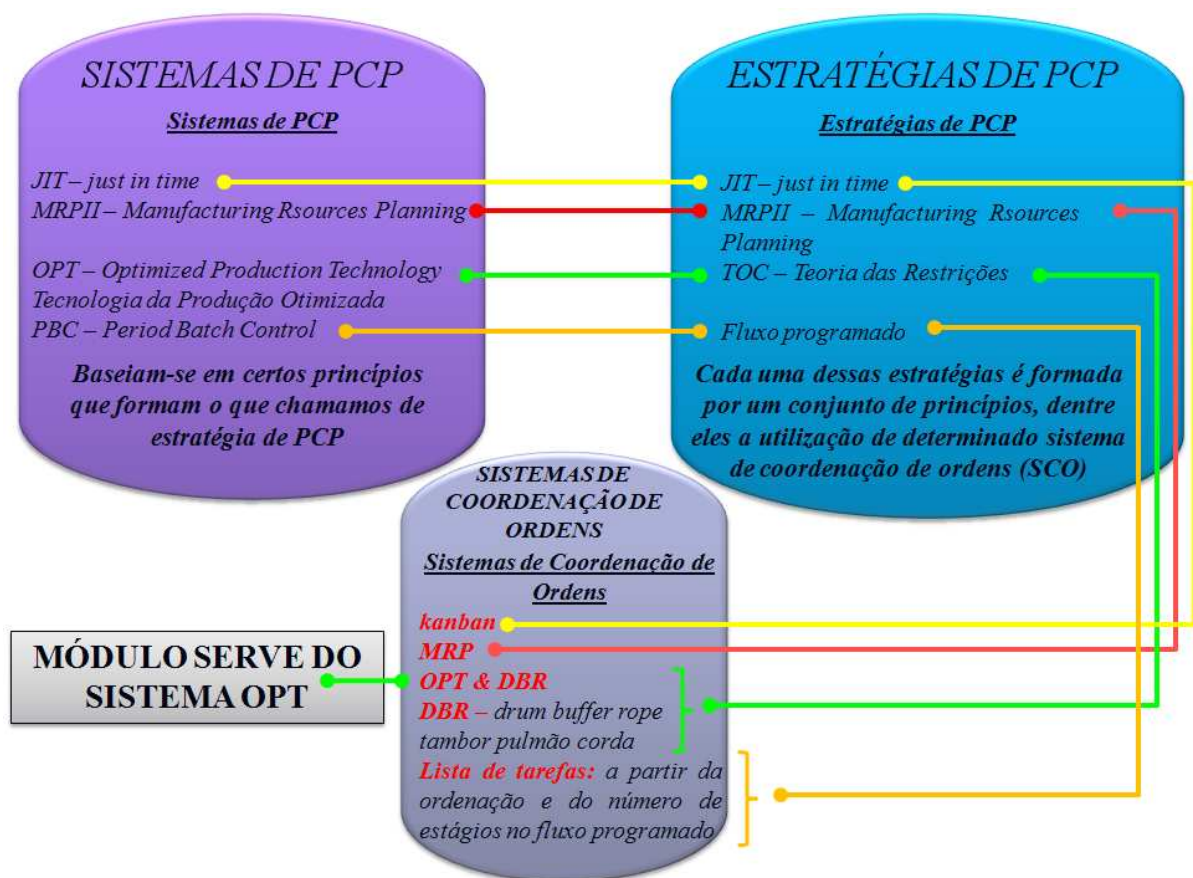
Contudo, segundo esses autores, os sistemas de PCP baseiam-se em certos princípios que formam o que a literatura define como estratégia de PCP sendo que cada uma das estratégias é formada por um conjunto de princípios, dentre eles a utilização de determinado sistema de coordenação de ordens.

A definição de um sistema de coordenação de ordens está relacionada à estratégia de PCP adotada e do sistema de PCP aplicado a partir das particularidades do sistema de produção, entre elas e a mais importante, o nível de repetição.

Maccarthy & Liu (1993) classificam os problemas de programação de operações da seguinte forma:

1. *Flow-shop*: em que as tarefas possuem o mesmo fluxo de processamento em todas as máquinas. Em um *flow-shop* genérico, máquinas podem ser “saltadas”.
2. *Job-shop*: em que as tarefas possuem um roteiro específico de processamento, geralmente diferente para cada tarefa.

3. *Open-shop*: em que não existem roteiros de processamento pré-estabelecidos para as tarefas.
4. Máquina única: existe apenas uma única máquina disponível.
5. Máquinas paralelas: são disponíveis duas ou mais máquinas, que podem executar qualquer tarefa.
6. *Job-shop* com máquinas múltiplas: é um *job-shop* no qual existem  $k_i$  máquinas idênticas em cada estágio  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), sendo que, em cada estágio, cada tarefa é processada por somente uma máquina.



**Figura 2.3 – Sistemas de PCP, Estratégias de PCP e Sistema de Coordenação de Ordens de Produção**

**Fonte: Adaptação de Fernandes & Godinho Filho (2010)**

A Figura 2.4 mostra as diferenças entre os dois principais fluxos de processamento.



Essas diferenças estão relacionadas ao nível de repetição dos produtos fabricados pelo sistema de produção e define o sistema de coordenação de ordens de produção a ser adotado.

<i><b>JOB SHOP</b></i>	<i><b>FLOW SHOP</b></i>
Opera em lotes	Opera em um fluxo de materiais e peças.
Varia a produção variando o tamanho dos lotes ou a frequência dos lotes..	Varia a produção alterando a taxa de produção.
Tende a ter custos maiores de <i>setup</i> .	Tende a ter custos menores de <i>setup</i> .
Materiais são trazidos para os departamentos ou centros de trabalho onde cada operação é realizada. Filas nos centros de trabalho são maiores.	As operações de tipos diferentes são sequenciadas de modo que o fluxo seja mantido. Filas são pequenas e variações têm que ser acompanhadas.
Utilização de equipamentos de uso geral.	Utilização de equipamentos de uso especializado (dedicado)

**Figura 2.4 – Diferenças entre os Fluxos de Processamento *Job shop* e *Flow shop***

**Fonte: Fernandes & Godinho Filho (2010)**

## **2.2 O Sistema Toyota de Produção, e a Manufatura Enxuta**

De acordo com Holweg (2007), o conceito *Lean Manufacturing* não foi uma invenção particular de um indivíduo, mas um *output* de um processo de aprendizado dinâmico que adaptou práticas de gestão da produção em um primeiro momento, aplicadas nos setores, automobilístico e têxtil, origem ou berço dessas práticas, em resposta às contingências vividas pelos japoneses.

Após a segunda guerra mundial e a uma grave crise da economia do Japão naquele período, o então presidente da montadora Toyota, Toyoda Kiichiro, inicia sua busca por um modelo de gestão da produção que trouxesse à Toyota um referencial de competitividade e que fizesse dela uma empresa competitiva e de valor agregado percebido pelo mercado.



Por questão de sobrevivência da indústria automobilística da família Toyota, foi preciso que Toyota Kiichiro mostrasse ao governo, a ineficiência da indústria japonesa naquele período e então perseguisse e aprimorasse o modelo de gestão adotado por Henry Ford nos EUA.

Kiichiro constatou que eram necessários nove japoneses para realizar o trabalho de um americano e questionava o fato de um americano poder realizar o esforço físico de um japonês. Surge então a ideia de que a empresa deveria se concentrar na eliminação de desperdícios para o ganho de produtividade (OHNO, 1997).

Contudo, o mercado consumidor japonês apresentava condições de baixa demanda e exigia uma produção em pequenas quantidades de muitas variedades de produtos, havendo a necessidade de se adequar a indústria a essa realidade (WOMACK *et al.*, 2004).

A evolução desse paradigma ao longo das décadas que se sucederam a partir da Segunda Guerra Mundial, recebe o nome de Manufatura Enxuta por não permitir excessos, por não permitir que recursos envolvidos no processo de produção fossem adquiridos além do necessário, eliminando assim qualquer forma de desperdício, ao contrário da Produção em Massa, que abria margem para a superprodução, estoques altos, entre outros fatores, uma vez que tudo acabava sendo vendido: a demanda era maior que a oferta. Isto significa, dentre outras coisas, que na Manufatura Enxuta, a quantidade a ser produzida de produtos deve ser, sempre que possível similar à quantidade dos produtos vendidos (ANDRADE, 2006); se produzir a mais haverá encalhe de estoque, uma vez que a oferta conjunta dos concorrentes é maior que a demanda.

## **2.3 Manufatura Enxuta**

### **2.3.1 Fundamentos**

Segundo Taiichi Ohno (1997), a base da manufatura enxuta ou do Sistema Toyota de Produção (STP) é a absoluta eliminação de desperdícios e para isto, os dois pilares necessários a esta sustentação são:

- i. *Just-in-time* (JIT): significa que as partes corretas necessárias à montagem, chegam à linha de montagem no momento e na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo pode chegar ao estoque muito próximo de zero.
- ii. Automação ou automação com ajuste humano: trata-se de uma adequação de processo a partir do desenvolvimento e uso de um dispositivo de parada automática, sistema *Poka Yoke*. Dessa forma, não será necessário um operador por máquina, tal operador poderá gerenciar várias máquinas. Podendo assim reduzir o número de operadores e aumentar a eficiência da produção. Trata-se de dispositivos simples e eficientes na eliminação de falhas eventuais que poderiam ser praticadas sem o uso do dispositivo.

### 2.3.2. Princípios

Para responder às variações de demandas atuais e futuras de modo a tornarem as empresas competitivas em um mercado globalizado e dinâmico, as empresas necessitam ser flexíveis. Esse é um dos principais princípios da manufatura enxuta.

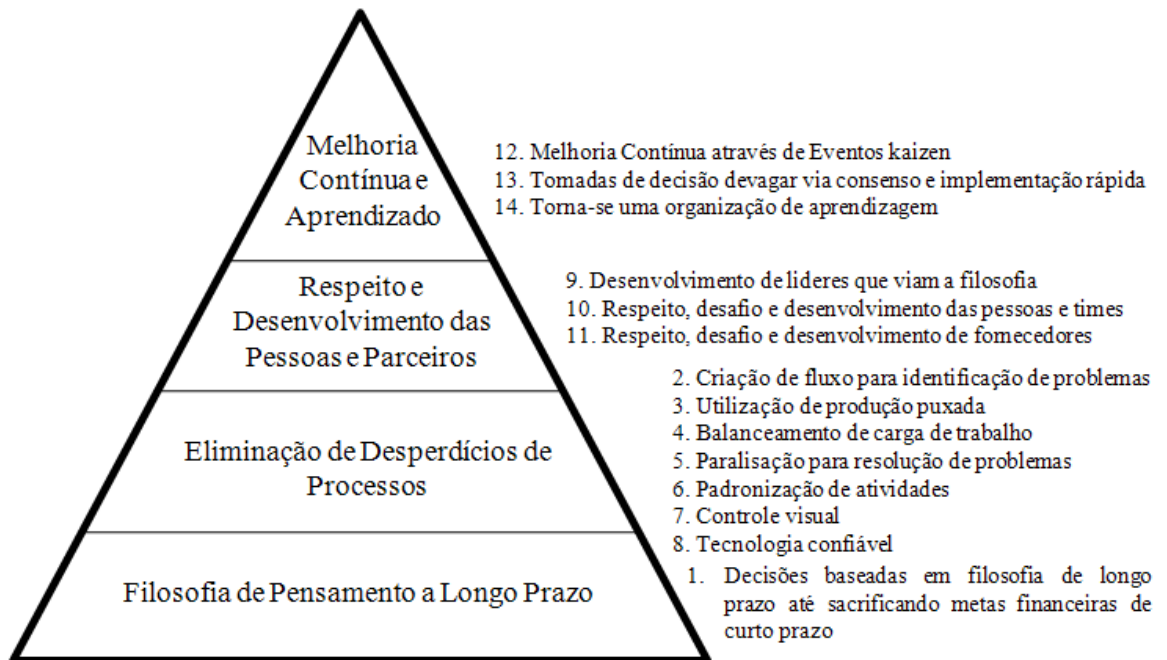
Ter conhecimento das tendências de mercado e projetar o futuro é definir no momento atual, as prioridades na manufatura, o que implica em buscar a melhor estrutura de atividades que agrega valor ao produto a partir de seu processo de fabricação e prestar a atenção na eliminação de atividades que não agregam valor com excesso de perdas de tempo e consequentemente dinheiro, esses são alguns dos estímulos que levam as empresas a tornarem-se flexíveis e competitivas em um mercado fortemente disputado.

Womack e Jones (1996) afirmam que a manufatura enxuta possui cinco princípios básicos cujo objetivo é tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes:

1. Determinar precisamente o valor por produto específico: é o ponto de partida e deve ser definido segundo as perspectivas dos clientes finais. Neste contexto, o cliente final define o ponto de partida das empresas.
2. Identificar a cadeia de valor para cada produto: é o conjunto e a sequência de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento, de gerenciamento da informação e da transformação física do mesmo. Com isso, destaca-se a importância de se identificar a cadeia de valor.
3. Fazer o valor fluir sem interrupções: é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Para isto, institui mudança de comportamento, disciplina e mudança de mentalidade. Neste contexto, o foco das empresas deve estar inserido nos produtos e nas necessidades do mercado e não em máquinas e equipamentos. O ponto de partida, assim como o alvo, é reduzir as atividades que não agregam valor. Laverseur *et al.* (1995) expõem, em um estudo de caso, as seguintes vantagens propiciadas pela criação de fluxo:
  - I. Redução dos estoques em processo.
  - II. Redução dos estoques de produtos acabados.
  - III. Eliminação do estoque de matéria prima no chão de fábrica.
  - IV. Redução do tempo de processo e conseqüentemente do "lead time" de finalização dos produtos.
  - V. Redução do atraso das ordens.
  - VI. Redução dos refugos.
  - VII. Redução do trabalho direto e redução do espaço ocupado pela manufatura.

4. Deixar com que o cliente puxe o valor do fabricante: é fazer o que os clientes (internos ou externos) precisam no momento certo, permitindo que o produto seja puxado, quando necessário, o que minimiza os desperdícios comumente encontrados em sistemas “empurrados”.
5. Buscar a perfeição: fazer os quatro princípios anteriores interagirem em um processo contínuo na eliminação dos desperdícios.

Liker (2005) descreve amplamente os 14 princípios de gestão, a partir de sua experiência nos seus 20 anos de estudo na empresa Toyota. Os princípios recomendados foram divididos pelo autor nas seguintes categorias: Filosofia, Processo, Pessoal/Parceiros e Solução de Problemas de acordo com a Figura 2.5.



**Figura 2.5 – As Quatro Categorias do Modelo Toyota**

**Fonte: Liker (2005)**

A utilização dos princípios do modelo Toyota contribuiu para que as empresas quebrassem paradigmas e melhorassem sua eficiência. Segundo Liker (2005), os 14 princípios que compõem o modelo Toyota são:

**Categoria I: Filosofia de pensamento: filosofia de longo prazo**

- 1) Têm as decisões administrativas sendo fundamentadas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

**Categoria II: O processo certo produzirá os resultados certos**

- 2) Desenvolver um fluxo de processo contínuo para apresentar os problemas que antes não apareciam.
- 3) Evitar a superprodução, utilizando para isto o sistema puxado.
- 4) Utilização do *heijunka* para nivelar a carga de trabalho.
- 5) Estabelecer uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo com isto a qualidade logo na primeira prova.
- 6) A padronização é o pilar de sustentação para a melhoria contínua e a habilitação dos funcionários (segundo a literatura e profissionais da área, estima-se que o sucesso de todo o projeto *Lean Manufacturing*, 40% é devido à padronização de atividades.
- 7) O uso do controle visual para exposição do problema, evitando assim que o mesmo não fique oculto.
- 8) É importante usar tecnologia que atenda às necessidades do processo e dos funcionários, considerando sempre que a mesma deve ser confiável e completamente testada.

**Categoria III: Valorização da organização por meio do desenvolvimento de seus funcionários**

- 9) Desenvolver líderes capazes de compreender totalmente o trabalho, que vivam a filosofia e que as semeiem e ensinem aos outros.
- 10) Desenvolver pessoas e equipes extraordinárias que sigam a filosofia da empresa.
- 11) Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e auxiliando-os no processo de melhoria.

#### **Categoria IV: A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional**

- 12) Ver e compreender por si mesmo a situação da empresa.
- 13) Tomar as decisões lentamente e de modo consensual, avaliando totalmente todas as opções e implementando-as com agilidade.
- 14) Tornar-se uma organização de aprendizagem por meio de reflexão incansável e da melhoria contínua.

Para Liker (2005), muitas empresas fazem uso das ferramentas enxutas e conseqüentemente das práticas de gestão da produção, mas dessas, existem uma considerável parcela que não compreende o que as fazem funcionarem unidas em um sistema: a necessidade da cultura da melhoria contínua para sustentar os princípios do “Modelo Toyota” completo inserido nas categorias apresentadas, a maioria das empresas ainda estão patinando na categoria de “Eliminação de Desperdícios de Processos.” O tópico 2.1.2 descreve mais detalhadamente estes desperdícios.

#### **2.3.3 Categorias dos desperdícios na manufatura a partir do modelo Toyota de produção**

Fundamentado no Sistema Toyota de Produção (STP), Shingo (1996) enfatiza que a premissa pela eliminação contínua e sistêmica de todas e quaisquer perdas (desperdícios) nos processos produtivos, visando com isso à eliminação de custos desnecessários, garante indicadores de produtividade mais adequados.

Nesse contexto, os desperdícios têm sido caracterizados como (SHINGO, 1996; WOMACK; JONES, 1996; HINES; TAYLOR, 2000):

1. Superprodução: Entre esta e outras situações, quando se produz excessivamente ou fora do período necessário, resultando em um fluxo carente de peças e informações ou exagero de inventário.

2. Espera: Amplos períodos de desocupação de indivíduos, peças e informação, resultando em um fluxo carente ou muito baixo, bem como em *lead times* extensos.
3. Transporte excessivo: Circulação excedente de pessoal, informação ou peças resultando em consumo desnecessário de capital, tempo, energia e esforços.
4. Processos inadequados: Utilização errada de ferramental, sistemas ou metodologia, geralmente quando uma abordagem mais simples pode ser mais efetiva.
5. Inventário desnecessário: Produtos com estocagem em excesso e ou falta de produtos ou informação, resultando em custos exagerados e baixo desempenho do serviço proporcionado ao cliente.
6. Movimentação desnecessária: Ambiente de trabalho em desordem oferece como consequência, baixo desempenho nos aspectos ergonômicos e repetitivos e ainda acarreta prejuízos com relação aos itens.
7. Produtos defeituosos: Frequentes problemas nas carteiras de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixo desempenho na entrega do produto ao cliente.

Para Hines e Taylor (2000), existem três diferentes tipos de atividades:

1. Atividades que agregam valor: são atividades que, na visão do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço. Ou seja, são atividades pelas quais o consumidor se propõe a pagar por elas sem que sejam contrariados.
2. Atividades desnecessárias e que não agregam valor: são atividades que, na visão do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são claramente vistas como desperdícios e devem ser extintas rapidamente a curto e médio prazo.

3. Atividades necessárias, mas que não agregam valor: são atividades que, na visão do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que são necessárias. Referem-se a desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, mas que, necessita atenção para eliminação ou minimização em longo prazo, a menos que sejam expurgados em um processo de transformação radical.

O conceito de manufatura enxuta parte da premissa de produzir somente o que é necessário, sob a ótica de quem precisa. É daí a definição de produção puxada. Para Liker (2005), o acordo entre o fluxo unitário ideal de peças e o sistema empurrado, fez com que Taiichi Ohno criasse armazéns de peças entre as etapas de operação para que assim obtivesse o controle do estoque.

Com isto, quando o cliente ou o processo subsequente retira determinados itens, estes são imediatamente repostos. Caso o item não seja retirado para que seja utilizado, este, continua no armazém e não é repostado. Contudo, neste sentido não ocorrerá superprodução maior que a quantidade existente na prateleira.

A partir deste pensamento, surgiu o conceito de produção puxada. Entretanto, o autor ainda relata que o modelo Toyota não está preocupado com a adesão ao princípio de usar somente sistemáticas de produção puxadas para impedir a produção excessiva ou como conhecido a superprodução. Para este, é mencionada a existência de muitos exemplos de programação empurrada na própria Toyota. As peças que saem do Japão com destino aos Estados Unidos é um dos exemplos.

Para esses pedidos de peças, ainda são usados os tradicionais sistemas de programação, com base no tempo apropriado para levá-las até a unidade montadora conforme programado.

Conforme afirmam Khumawala e Al-Mabarak (2003), é relativamente simples nos dias de hoje, tomar a decisão seguindo a produção de lotes com *layout* funcional para alto *mix* de itens com demanda conjunta também alta, ou emergir a produção em fluxo contínuo com *layout* celular quando há baixo *mix* de itens (células dedicadas) com alta demanda anual.



Para os autores, o problema é que, nos dias de hoje, a maioria das empresas estão inseridas nesses dois extremos.

É visto pelos autores que a estrutura com *mix* médio de produtos e com volumes médios de demanda pode objetivar lotes de produção que se insere com a produção em fluxo contínuo.

Outros autores como Jonsson e Lesshammar (1999) também chamam a atenção para a falta de sistemas que controlam a performance da manufatura e que sejam pautados para o fluxo e não unicamente para a operação.

Benito e Spring (2000) destacam que, o fato da indústria automotiva ser apontada como a originária e a principal usuária do modelo Toyota, faz com que as montadoras têm recebido exaustiva atenção de pesquisadores que dão a impressão de que o modelo somente é pertinente para este segmento ou área de atuação.

Quando uma empresa decide por utilizar o modelo Toyota para se tornar enxuta. A primeira lição que se deve ter em mente é a de não imitar o modo como a Toyota utiliza suas ferramentas específicas somente para parecer enxuta como ela.

Deste modo, segundo Liker (2005), tanto o processo com programação puxada quanto empurrada, tem lugar no sistema de produção.

#### **2.3.4 Sistema de produção empurrado e sistema de produção puxado**

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM) é uma prática de modelagem oriunda da metodologia de Análise da Linha de Valor (*Value Stream Analysis*) indicada por Rother e Shook (1998) para ambientes de manufatura enxuta e é considerada uma boa opção de ferramenta de planejamento para se entender a diferença dentre sistema empurrado e sistema puxado.

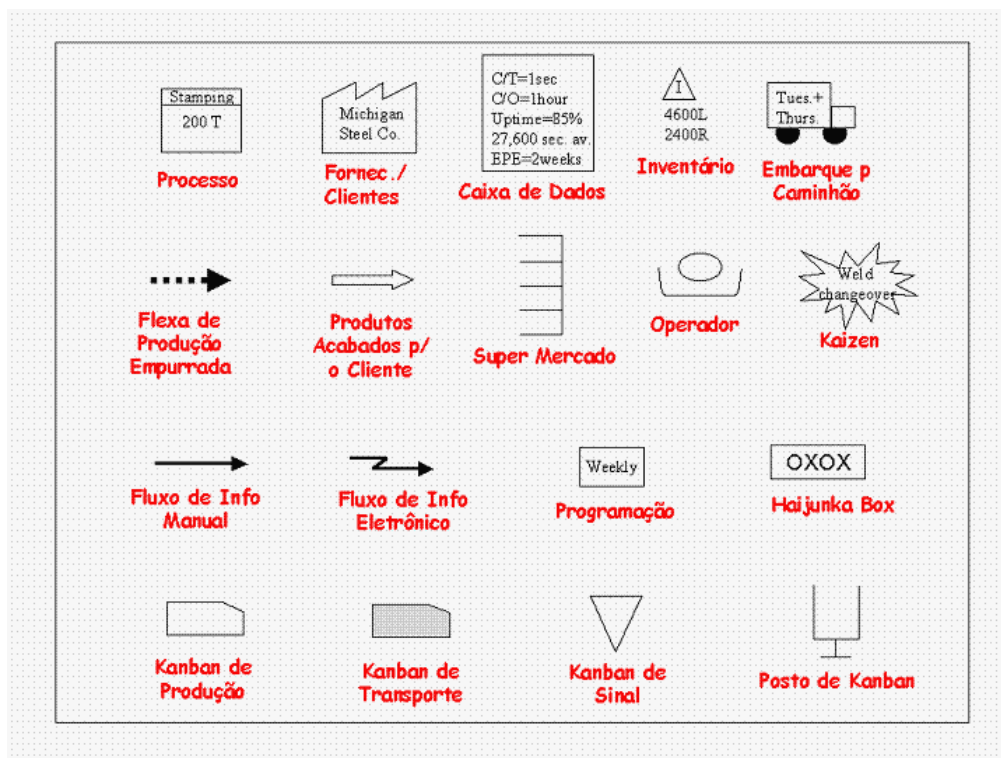
O MFV ou VMS reúne uma variedade de ícones específicos a serem utilizados na modelagem. Para situações onde há processos típicos, outros ícones ainda podem ser criados e incluídos ao longo das etapas de modelagem.

A Figura 2.6 apresenta alguns desses ícones pré-definidos para a prática de Mapeamento do Fluxo de Valor.

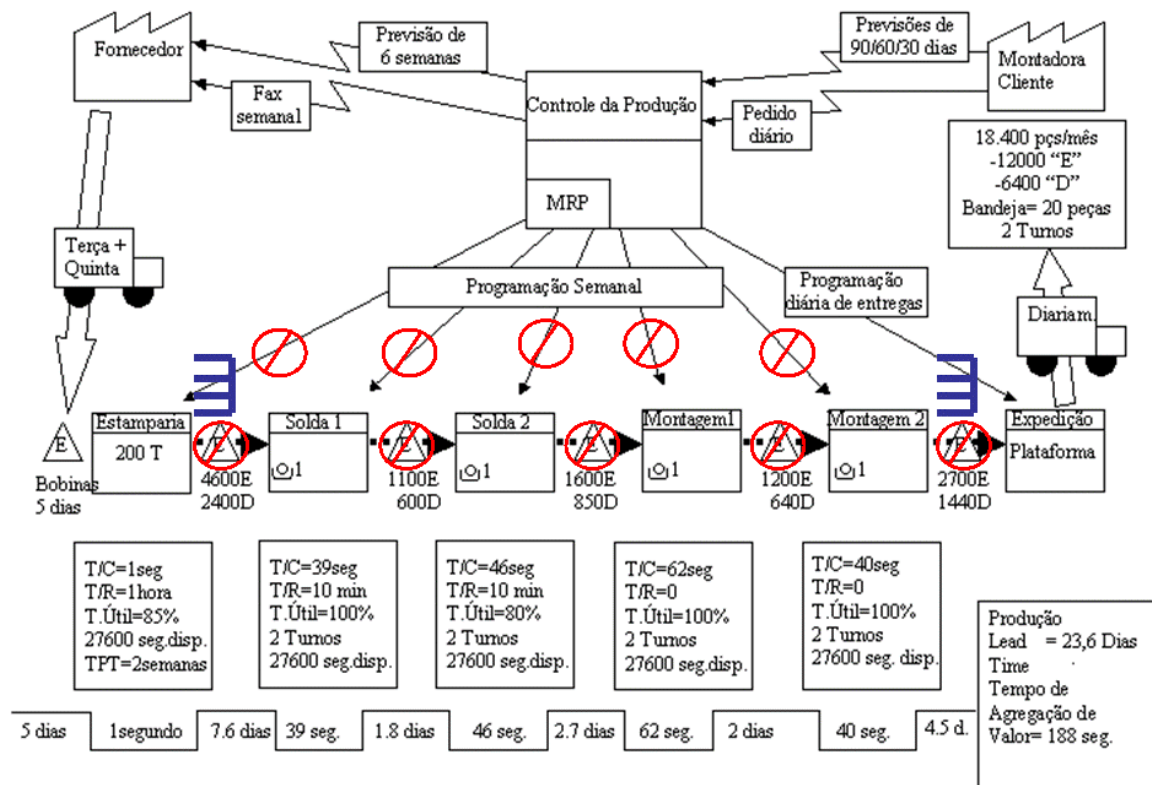
Em uma produção puxada, quem estabelece o que será desenvolvido na produção é o “consumidor”, pois ele puxa o trabalho da estação antecedente (fornecedor) (SLACK, 2008).

Fujiwara *et al.*, (1998) afirmam que o sistema de puxar a produção elimina a necessidade de programar todas as operações por onde um pedido passará, como é feito no sistema MRP, por exemplo.

Segundo o autor, as decisões do que e quanto fazer é assumido pelos operadores usando simples sistemas de sinalização que unem sinergicamente as operações através do processo. Tal fluxo é eficiente quando o *mix* de produtos é repetitivo e a demanda é relativamente estável, caso contrário, há dificuldades em manter um fluxo adequado da produção. A Figura 2.7 ilustra um sistema de puxar a produção.



**Figura 2.6 – Alguns Ícones Definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor**  
**Fonte: Rother e Shook (1998)**



**Figura 2.7 – O sistema de Puxar elimina a Necessidade de se Programar todas as Operações. Fonte: Adaptado de Rother e Shook (1998)**

Eliminar a necessidade da existência de um programador ao transferir a responsabilidade da programação diária do chão de fábrica para o operador é um dos benefícios da produção puxada. É importante ressaltar que o nível de repetição e a estabilidade da demanda são responsáveis diretos nesse caso, diferente em sistemas em que há falta de estabilidade da demanda e os itens fabricados não são repetitivos sendo reforçada a necessidade de um programador da produção apoiado em uma sistemática estabelecida a partir de alguma ferramenta computacional. Takahashi e Nakamura (2000) afirmam que ao controlar a produção pelo *kanban*, somente uma etapa do processo de produção recebe o pedido do cliente, e que ao receber o pedido, esta etapa do processo busca no supermercado de peças da etapa anterior aquilo que é necessário para repor seu próprio estoque, e assim sucessivamente.

É nesse caso que a estabilidade da demanda auxilia na eficiência do sistema quanto ao controle da manufatura. Para puxar a produção, o modo mais convencional é a utilização do Sistema *kanban*. Nesse ponto, entendemos que é pertinente revisar os sistemas, entre eles o *kanban* que visa controlar a produção, ou seja, regular o fluxo de materiais por meio de informações, decisões (entre as quais, a padronização) e / ou regras de controle.

## 2.4 Planejamento e Controle da Produção: Visão Geral

Transformar matéria-prima em produto acabado é o propósito dos sistemas de produção. O processo de transformação consiste basicamente em converter matéria-prima bruta em produtos acabados com qualidade e a baixo custo mantendo as funcionalidades e especificações técnicas do produto de acordo com o seu projeto. De acordo com Slack (2008), um processo de transformação pode ser classificado em:

**Processamento de materiais:** Acontece quando são alteradas as propriedades físicas (design, composição, característica), sua localização (transporte, encomendas) ou sua posse (biblioteca, lojas de varejo).

**Processamento de informações:** Ocorre quando muda suas propriedades informativas (contadores), mudança de posse (pesquisa de mercado) ou estoque (biblioteca).

**Processamento de consumidores:** Ocorre quando muda suas propriedades físicas (cirurgiões, cabeleireiros) estocam e acomodam (hotéis), mudam o estado psicológico (teatro, televisão, parques). Entradas do processo de transformação podem se classificadas em:

1. Recursos transformados: Informação, materiais e consumidores.
2. Recursos de Transformação: Máquinas, instalações, funcionários.

Contudo, conciliar a taxa de produção com a taxa de demanda dos consumidores é considerado um dos principais desafios do processo de transformação. Conforme a teoria de controle, é incerto que estas taxas sejam emparelhadas sem que haja influência consciente na forma de um mecanismo regulador. De fato, esta é a base fundamental para a existência de um sistema de administração de produção (SOUSA, 2004).

O elemento regulador é um sistema de planejamento e controle capaz de interferir na taxa de produção. Na prática, é desenvolvido por atividades de administração (por exemplo: administração de estoque, administração de inventário, entre outras) na seguinte sequência:

- a. indicadores de desempenho do sistema onde são medidos e comparados com os objetivos;
- b. desvios ativam decisões (de acordo com políticas adotadas) de ações corretivas para os processos de produção e para seus *inputs*.

Segundo Scarpelli (2004), o sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) é formado por uma estrutura de atividades que necessita da definição de um sistema de informações e do desenvolvimento de um sistema de tomada de decisões com a definição de uma composição de funções. Atribui-se ao sistema de informação a obtenção de organizar, registrar, separar, ordenar, classificar, gerar e selecionar os dados, transformando-os em informações de *input* para os processos de tomada de decisões, avaliações de desempenho e de tipos diferentes de identificação. Pode-se dizer que o sistema de decisões é estruturado em conjuntos de regras, normas, modelos e ou procedimentos, baseado na experiência ou não, que origina as ações de planejamento, controle da produção e demais atividades relacionadas, dependendo do que for definido em sua amplitude e profundidade estrutural. Ao definir a estrutura, considera-se o conjunto de recursos que a empresa dispõe para executar suas atividades, bem como agrega os recursos para as ações. A estrutura é composta de duas dimensões, sendo que a primeira tem como base a amplitude que pode integrar funções paralelas. Nesta primeira, um exemplo pode ser a aquisição e movimentação interna de materiais. Já a segunda dimensão está atribuída a sua profundidade, que é determinada pelo grau de funções sequenciais que permite, podendo ir da previsão de demanda ao processo de distribuição dos produtos, aos clientes (NAZARENO, 2008).

## 2.5 Sistema de PCP e Sistema de Coordenação de Ordens

As funções de um Sistema de Planejamento e Controle da Produção podem ser identificadas, entre outras, como (FERNANDES e GODINHO FILHO, 2010):

1. Planejamento agregado de produção.
2. Planejamento da capacidade.
3. Planejamento desagregado da produção.
4. Planejamento mestre da produção e análise da capacidade.
5. Coordenação de ordens.
6. Controle de chão de fábrica (SFC).

Para esses autores o SFC (*Shop Floor Control*) compreende:

- a. liberação de ordens;
- b. programação de operação (*Operations Scheduling*);
- c. apontamento da produção, que compreende:
  - i. acompanhamento (monitoramento) da produção;
  - ii. cálculo de indicadores de desempenho apropriados (*KPIs = key performance indicators*);
  - iii. realimentação (*feedback*).

O controle da produção compreende desde a programação no nível de produtos acabados até o SFC; pode-se controlar a produção, ou seja, regular o fluxo de materiais por programação e /ou por regras de controle. O âmago do controle da produção é a coordenação de ordens, porque é o SCO empregado que vai condicionar se haverá ou não programação no nível de produtos acabados, componentes, materiais e operações.

Nesta dissertação focamos os sistemas de coordenação de ordens (SCO). Os SCO são a tradução que Fernandes e Godinho Filho (2010) dão para *Ordering Systems*.

A primeira tradução foi feita por Zaccarelli na primeira edição do livro **Zaccarelli** (1987, 8ª edição) e é Sistema de Emissão de Ordens. Vários autores ainda a usam (SCARPELLI, 2004; NAZARENO, 2008), porém, como demonstram Fernandes e Godinho Filho (2010) o termo se tornou obsoleto porque sistemas mais recentes como o *kanban* controlado pelo nível de estoque, não emitem ordens: fazem cartões circular no sistema produtivo coordenando a produção de estágios consecutivos.

Os SCOs são tão importantes, que há autores que os denominam de sistemas de controle da produção, outros por sistemas de PCP e outros até por sistemas de administração da produção; porém, há muitos autores que ainda utilizam o termo sistema de emissão de ordens, por exemplo.

Para Scarpelli (2004), um sistema de emissão de ordens é o conjunto de decisões e ações de médio e curto prazo realizado no ambiente do planejamento e controle da produção que derivam na emissão e liberação de instruções para a aquisição de materiais, componentes e produtos nos prazos e nas quantidades expostas no plano de materiais. Essas instruções são as denominadas “ordens”, e subsidiam as operações administrativas e industriais necessárias para atender as demandas de itens e produtos finais acabados. Para o autor, as ordens podem ser classificadas em três tipos:

1. Ordens de fabricação.
2. Ordens de compras.
3. Ordens de montagem.

Habitualmente, as ordens de fabricação e montagem são chamadas de ordens de produção. A estrutura dos sistemas de emissão de ordens é considerada de dois tipos:

**Centralizada:** em que existe um instrumento na estrutura de planejamento responsável por todas as atividades associadas na emissão de ordens, programação e no acompanhamento de sua execução.

**Descentralizada:** em que um instrumento central se responsabiliza pelo centro de parâmetros operacionais. As atividades de programação e controle são partes autônomas, contudo decididas e monitoradas pelos executores, de acordo com os parâmetros operacionais previamente definidos a partir de critérios pré-estabelecidos.

Por sua vez, as diferentes estruturas, impõem diferentes constituições organizacionais, se prestando a estratégias específicas. Lin e Shaw (1998) apontam como são geradas as ordens em função das cinco principais estratégias de atendimento à demanda:

**Make-to-stock (MTS):** São atendidos os pedidos por itens previamente estocados.

**Assembly-to-order (ATO):** Conforme a solicitação dos clientes os componentes acabados são montados.

**Make-to-order (MTO):** Os clientes disparam com seus pedidos à produção dos itens que deverão ser entregues. Neste caso, não há estoque de produtos acabados.

**Buy-to-order (BTO):** Para esta, é realizada a compra da matéria-prima somente após o recebimento do pedido do cliente.

**Engineering-to-order (ETO):** O desenvolvimento ou as alterações do projeto dos produtos são disparados com os pedidos dos clientes.

**Produção para estoque (make-to-stock – MTS):** a emissão de ordens ocorre em função da geração de estoques necessários para atender as necessidades previstas. Delineia-se um sistema de manufatura onde a demanda por espectro de produtos, claramente definidos, é conhecida ou prevista. A satisfação do cliente é decorrente do produto estar disponível em um galpão que opera como pulmão regulador contra a probabilidade de demanda incerta. Essa definição sugere tratar de produtos com projeto ou receita pré-definidos e, deste modo, produtos padronizados. Elas estocam os veículos *Best Sellers* em pátios para atender as concessionárias o mais rápido possível.

**Produção sob pedidos (Make-to-order – MTO):** produtos padronizados pré-definidos ou catalogados são requisitados pelo cliente ou seus agentes intermediários. Ainda que os materiais possam ser comprados e a produção planejada, a fabricação só começa a partir do recebimento concreto de um



pedido. A emissão de ordens ocorre a partir do momento em que o pedido do cliente se concretiza. Gráfica é um exemplo, pois trabalha com este tipo de estratégia. Por não ser possível antecipar o conteúdo do trabalho que será solicitado, quase todos os pedidos são confeccionados mediante uma ordem.

**Produção híbrida (*make-to-order, make-to-stock – MTO/MTS*):** a emissão de ordens ocorre tanto para satisfazer os níveis previamente estabelecidos de estoque como para atender aos pedidos específicos de clientes. Nesta estratégia podem-se identificar dois tipos de produção híbrida:

**Produção em sequência:** Neste tipo de produção o processo é subdividido em duas etapas:

**1ª etapa:** onde os produtos são semiprocessados e estocados e, cuja emissão de ordem é em função do nível de estoque intermediário.

**2ª etapa:** onde os produtos semiprocessados são retirados na sequência do estoque intermediário para composição dos produtos finais acabados, atendendo ao desejo do cliente, segundo a especificidade do pedido. Nesta etapa há uma nova emissão de ordens do tipo sob pedido, com informações inéditas ou não (sob projeto). Um exemplo disto é a ZF Sachs de São Bernardo do Campo que mantêm os itens estampados e usinados em estoque e que em seguida os envia para a ZF Sachs da cidade de Araraquara para que os mesmos sejam montados e transformados em produtos finais acabados, com suas referidas customizações, mediante a colocação dos pedidos dos clientes. Segundo Nazareno (2008), este sistema é correspondente ao sistema ATO, no qual os componentes acabados são montados conforme a solicitação dos clientes. Bruun e Mefford (2004) mencionam que o modelo ATO da empresa *Dell* permitiu que ela respondesse com maior rapidez no atendimento dos pedidos dos clientes e, ao mesmo tempo, diminuísse o seu nível de inventário de componentes para uma média de dez dias, em comparação com a média do segmento que é da ordem de cem dias.

**Produção em paralelo:** O sistema principal de emissão de ordens pode ser do tipo para estoque ou do tipo sob encomenda. Para atender o primeiro caso, as ordens normalmente são emitidas visando atender a reposição de estoques, mas podem periodicamente gerar ordens específicas visando atender as particularidades dos pedidos de alguns clientes. No atendimento ao tipo sob

encomenda, o sistema principal de emissão de ordens trabalha gerando ordens específicas para atender pedidos individualizados dos clientes e, na ausência destas especificidades, trabalham gerando estoques de itens críticos ou produtos padronizados. Na estratégia híbrida em paralelo, os dois tipos de ordens concorrem no tempo pelos mesmos recursos produtivos.

Várias empresas trabalham com esse tipo de estratégia. Neste caso, os produtos *Best Sellers* são mantidos em estoques, enquanto que os itens com vendas instáveis são produzidos sob encomenda. O que difere a produção em sequência e a paralela, é basicamente o momento em que se dá o pedido no processo. Neste sentido, o ponto do pedido do cliente separa a parte da organização orientada em direção a atividades para pedidos de clientes da parte da organização baseada em previsão e planejamento.

Na literatura, autores como Arreola *et al.*; Van Donk; Rajagopalan; Kingsman *et al.*, tratam da comparação das classes MTS e MTO, devido a uma crescente transferência dos sistemas que de acordo com a tradição passada, produziam para estoque e que atualmente buscam por sistemas mais ágeis, produzindo sob pedido dos clientes, que deste modo pode manter ou reduzir os custos de produção.

A maioria desses trabalhos se dedica a uma configuração híbrida de arranjo decorrente da mudança de um modelo para o outro. Essa mudança pode ser consequência de uma transformação para uma estratégia de diversificação ou para uma estratégia de inovação em ciclo mais curto ou para os ambos os casos.

Para Nazareno (2008), a escolha do tipo, ou disposição, da estrutura do sistema de emissão de ordens na produção (centralizada ou descentralizada) está diretamente associada à estratégia de produção (MTS, MTO, ATO, etc.) e esta, por sua vez, a parâmetros relacionados ao mercado, produto e ao processo.

Neste sentido, no que diz respeito ao mercado são proeminentes: o volume de demanda, a estabilidade e a relação da empresa com o mercado (aquisição de estoque ou sob pedido).

No que se refere ao produto, são proeminentes: a sua padronização, a diversidade e a perceptibilidade. Quando em relação ao processo são proeminentes: a complexidade, sua forma de fluxo e ciclo de fabricação.

Para MarcCarthy e Fernandes (2000) a escolha do sistema de coordenação de ordens (SCO) depende principalmente do nível de repetição. Para sistemas produtivos semirrepetitivos, elas apontam que os sistemas PBC e OPT são adequados. Naturalmente existem outros sistemas cogitáveis, entre eles o irmão caçula do OPT, o DBR; ambos têm estreita relação com a teoria das restrições.

Há sistemas de coordenação de ordens em que a tônica principal é a programação (os sistemas empurrados), outros onde a tônica principal são regras de controle (os sistemas puxados) e os sistemas híbridos onde tanto tem destaque a programação, quanto as regras de controle. Assim sendo, na próxima seção trazemos informações a respeito do processo de programação. Em seções subsequentes fazemos uma revisão sobre os SCOs mais diretamente relacionados com esta dissertação, a saber: o sistema PBC, o sistema *kanban* e o sistema DBR.

## **2.6 O processo de programação da produção**

A programação que tem por intenção a limitação temporal do uso dos recursos é denominada programação com carregamento finito, ou seja, ela deve ser feita considerando a limitação da capacidade dos recursos produtivos em um intervalo de tempo disponível limitado. Já a programação em que se supõe que os prazos possam ser estendidos à medida que sejam necessários ou em que a capacidade dos recursos possa ser ampliada se o intervalo de tempo for limitado, é denominada como programação com carregamento infinito.

Em seguida, a maneira como ordenar sequencialmente as operações necessárias para a fabricação de cada item nos seus referidos recursos é denominada como programação progressiva. A primeira operação de cada item parte de uma data de início pré-determinada, e aumenta no tempo para alocar cada respectiva operação sucessora (NAZARENO, 2008).

Ao contrário, a maneira de ordenar sequencialmente as operações necessárias à fabricação de cada item, nos respectivos recursos, partindo da data desejada para a conclusão da última operação predecessora, é denominada programação regressiva.

Nazareno (2008) descreve que a programação baseada em regras heurísticas é aquela que dispõe em sua base, de diferentes maneiras de priorizar a escolha do item e operações a serem executadas em cada processo e a cada momento em que esteja ocioso. O autor menciona que as vantagens de utilização de uma regra heurística são a simplicidade e rapidez da tomada de decisão, para efeito de programação. São expostas por ele, algumas possíveis regras:

- **Prazo mais cedo:** programar primeiro a operação do item que tem o menor prazo de atendimento à demanda. Resulta em bom desempenho no cumprimento de prazos.
- **Menos tempo de processamento:** Programa primeiro a operação do item que tem o menor tempo de execução (tempo de preparação mais tempo da operação). O resultado é menores níveis de estoque em processo, média de tempo dos ciclos de fabricação reduzida e bom desempenho no cumprimento de prazos.
- **Primeiro que chega, primeiro a ser feito:** programar primeiro a operação do item que se apresente disponível primeiro; essa regra é resultado de uma ausência de programação, ou seja, é uma regra que acabamos implicitamente usando se não usarmos nenhuma regra.

De acordo com Buxey (1989), a regra heurística mais usada é a programação baseada no prazo mais cedo (menor prazo).

A programação fundamentada no uso de lotes de processo diferentes dos lotes de transferência, expressa que no desenvolvimento da programação, os lotes originalmente estabelecidos no planejamento de materiais, podem ser divididos ou agrupados conforme a conveniência em cada operação ou entre cada duas operações de cada item. Deste modo, este recurso é usado para compensar os diferentes tempos de processamento das operações dos

diferentes itens, promovendo assim um balanceamento no fluxo de materiais entre os recursos. A programação em que não é imprescindível aguardar pelo término de uma operação de todos os componentes de um lote para iniciar a próxima operação dos componentes deste lote, é denominada programação fundamentada em sobreposição (*overlapping*) de operações, o que implica em duas ou mais máquinas estar executando operações diferentes, de um mesmo lote. O tempo de preparação do recurso de manufatura do item anterior executado, pode ter seu tempo de preparação, quando comparado ao item da próxima operação a ser realizada, maior ou menor, dependendo de qual operação tenha sido prontamente finalizada anteriormente no equipamento comparado à operação atual a ser realizada. Deste modo, é habitual o programa em sequência, tentar conciliar na programação lotes de itens que empregam uma mesma matéria prima, um mesmo ferramental, um mesmo dispositivo de fixação ou ainda, que evitem ou diminuam a probabilidade de contágio (química, física ou bacteriológica) do lote do item subsequente evitando uma frequência excessiva de preparação do recurso de manufatura. Isso nos remete à programação com *setup* dependente.

## **2.7 Sistema *Period Batch Control* (PBC)**

O sistema PBC (*Period Batch Control*) foi desenvolvido pelo consultor inglês R. J. Gigli, que a partir de sistemas semelhantes usados no sistema de produção em massa, criou o sistema para ser aplicado em sistemas repetitivos. A aplicação do PBC em sistemas de produção semirrepetitivo (há um considerável número de itens que são repetitivos e também um considerável número de itens que são não-repetitivos), foi proposta pela primeira vez em Fernandes (1991) que criou e é líder do grupo PLACOP.

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), o sistema PBC apresenta algumas particularidades que devem ser avaliadas na escolha de um sistema de coordenação de ordens:

- a. a facilidade dos funcionários entenderem seu funcionamento;
- b. esse sistema não exige grande investimento;
- c. o PBC facilita e viabiliza a implantação de regras de programação de operações.

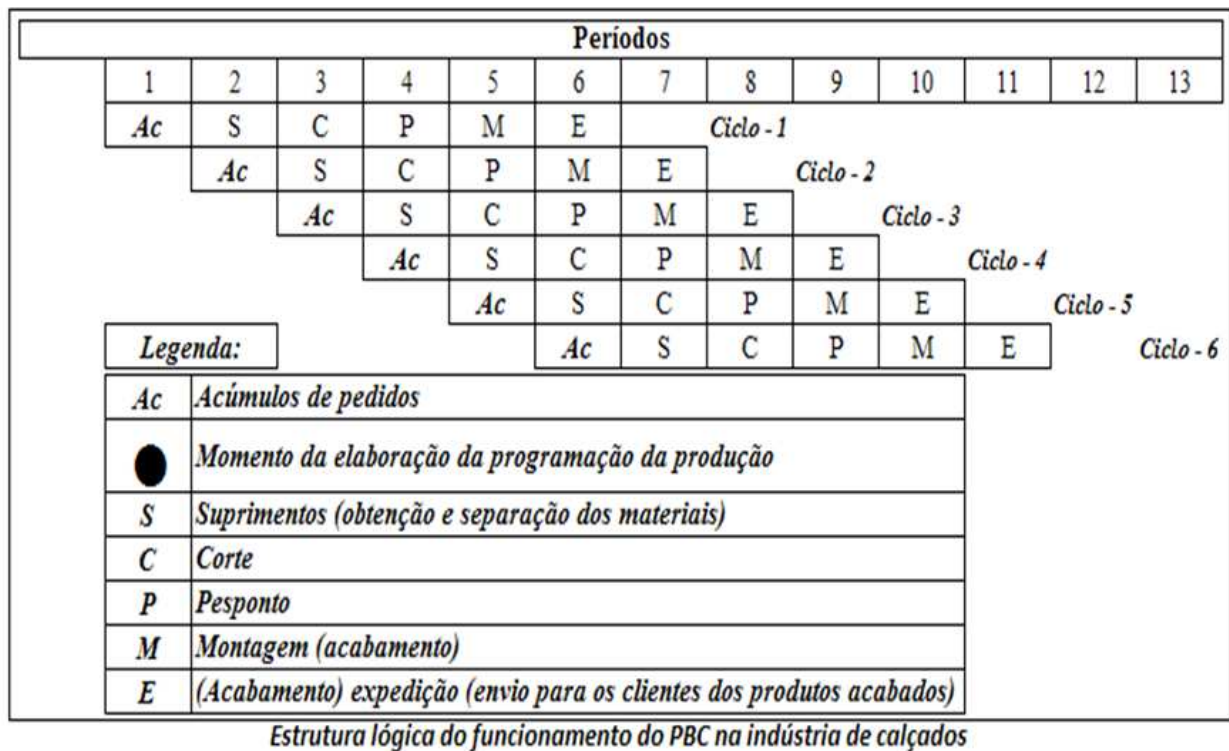
Ainda segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), a escolha do sistema PBC requer que a empresa atenda aos seguintes quesitos necessários para a implantação com sucesso do sistema PBC:

1. O tempo de processamento de todos os produtos deve ser menor que um período.
2. O tempo de *setup* não deve prejudicar a capacidade da fábrica.
3. O *lead time* de compras é menor que um período.

A Figura 2.8 ilustra um exemplo de aplicação do sistema PBC a partir de um exemplo de Fernandes e Godinho Filho (2010). De acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010), o PBC é mais conhecido na Europa, por exemplo: Zelenovic & Tesic (1988) desenvolveram trabalhos específicos com a aplicação do PBC em 32 indústrias na Yugoslávia que tiveram sucesso com a implantação do PBC, reduzindo os tempos de *setup* de três a dez vezes, o nível de estoque em processo de duas a quatro vezes e o *lead time* de produção, de duas a cinco vezes.

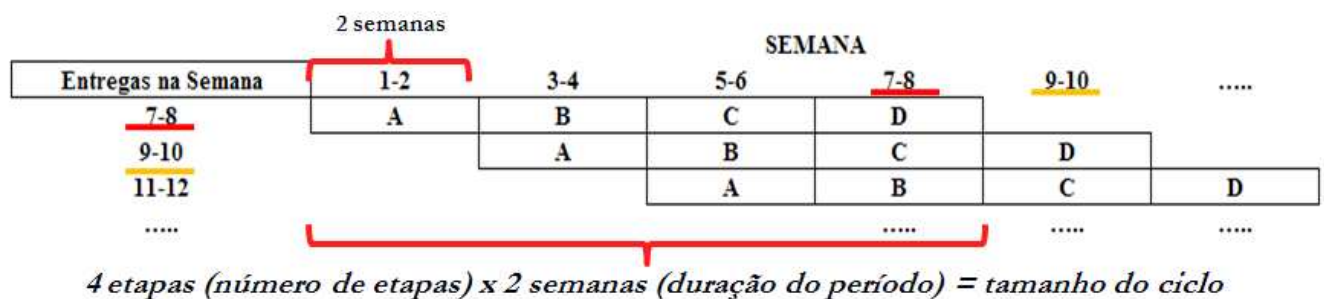
Fernandes e Godinho Filho (2010) descrevem o funcionamento básico do PBC a partir de 3 etapas como descrito:

1. Etapa 0: recebe-se o Programa Mestre de Produção (MPS) definido para vários ciclos de igual tamanho.
2. Etapa 1: é feita a “explosão” do MPS (*Master Production Schedule*) para definir a quantidade que deve ser feita de cada item para o ciclo em questão.
3. Etapa 2: atribuem-se tempos para:
  - a. a emissão das ordens mais a produção ou entrega de matérias primas usadas no processamento;
  - b. o processamento ou recebimento de componentes;
  - c. a montagem;
  - d. a distribuição das vendas.



**Figura 2.8 – Estrutura Lógica do Funcionamento do PBC na Indústria de Calçados. Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010).**

Na Figura 2.9, cada ciclo é composto por quatro períodos. Nesse exemplo de Fernandes e Godinho Filho (2010), o período é de duas semanas e as vendas futuras devem ser previstas ou alocadas a partir da carteira de pedidos com uma antecipação mínima de oito semanas (duração do ciclo). O tamanho do ciclo é igual à duração do período vezes o número de etapas (na Figura 2.9 – 2 x 4 (etapas A, B, C, D)).



**Figura 2.9 – Exemplo de Aplicação do PBC  
 Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010)**

Fernandes e Godinho Filho (2010) definem que o MPS para a aplicação do PBC pode ser elaborado a partir da carteira de pedidos ou da previsão de vendas. Quanto menor o horizonte da previsão, naturalmente mais confiável a previsão se torna.

Fernandes e Godinho Filho (2010) descrevem outra importante vantagem de trabalhar com ciclos curtos, pois desta forma, o sistema se torna “mais flexível e pode rapidamente seguir as alterações na demanda do mercado, com um mínimo investimento em estoque. Por outro lado, quando definimos o período como sendo, por exemplo, de duas semanas, estamos assumindo que é possível executar as montagens em duas semanas, produzir e receber itens em duas semanas, produzir e receber as matérias-primas em duas semanas.” (p.111)

De acordo com a Figura 2.9, o ciclo 1 inicia-se nas semanas 1-2 e termina no período das semanas 7-8; o ciclo 2 inicia-se nas semanas 3-4 e termina no período das semanas 9-10; o ciclo 3 inicia-se nas semanas 5-6 e termina nas semanas 11-12 e assim por diante. Focalizando o período das semanas 7-8 estaremos executando a distribuição das vendas do programa do ciclo 1, estaremos executando as montagens do ciclo 2, estaremos obtendo os componentes do ciclo 3 e estaremos emitindo as ordens e obtendo as matérias primas do programa do ciclo 4. Períodos menores implicam em ciclos menores, portanto, quanto menor pudermos estabelecer o período, menor será o tempo de resposta (TR) do sistema produtivo; porém, há algumas limitações que Fernandes e Godinho Filho (2010) apontam:

1. O período não pode ser menor que o *lead time* de produção de qualquer dos componentes. Itens com *lead time* de produção muito longo que não pode ser reduzido devem ser controlados por outro sistema que não o PBC.
2. Diminuir o tamanho do período implica em aumentar a proporção do tempo de preparação. Se isso provocar uma diminuição da capacidade produtiva a um nível inferior à requerida para se atender à demanda, alguma providência deve ser tomada; por exemplo: controlar os itens de pouco valor (classe C) pelo sistema de revisão contínua, ou se



aumenta a capacidade (horas extras...), ou o tamanho do período deverá ser aumentado.

3. A duração do *lead time* de suprimento deve ser levada em conta no estabelecimento da duração do período e, portanto, do tamanho do ciclo. Eventualmente, por problemas de *lead time* de suprimentos longo demais, certos itens poderiam ser controlados por outro sistema que não o PBC. Outra possibilidade é termos um contrato de longo prazo que prevê a entrega no início de cada ciclo (por exemplo, a cada duas semanas) de  $Q$  unidades do componente  $C$ , onde  $Q$  estaria numa faixa  $X \pm Y$  pré-estipulada no contrato e, desde que respeitada essa faixa, a quantidade  $Q$  seria especificada com antecipação de  $L$  dias. As mesmas considerações são válidas para a aquisição de matérias-primas.

Fernandes e Godinho Filho (2010) apontam que o fator (1.) é muito mais limitante quando se trabalha num sistema de manufatura com *layout* funcional do que com o *layout* celular, o qual permite várias maneiras de se reduzir o *lead time* de produção, pelo menos para os itens críticos, por exemplo, usando sobreposição (*overlapping*) de operações, ou seja, itens de um mesmo lote podem estar sendo processados simultaneamente em estações de estágios produtivos diferentes. Da mesma forma, a Tecnologia de Grupo fornece meios para que a segunda limitação seja amplamente atenuada: como a emissão de ordens é feita em conjunto para todos os itens, pode-se tirar vantagens de um planejamento conveniente da sequência da carga de trabalho.

MaccCarthy e Fernandes (2000) afirmam que o PBC é adequado para sistemas de produção repetitivos e semirrepetitivos. Burbidge (1996) é a principal obra sobre o PBC.

O sistema PBC, segundo Rizebos (2001 *apud* SCARPELLI, 2004) difere dos outros sistemas de planejamento ao utilizar três princípios:

- Liberação de Ordens em ciclo único: este faz referência à frequência de liberação de ordens de produção. Deste modo, a emissão de ordens desse item tem a mesma frequência que seus pais.

- Fase única: faz referência ao momento da liberação das ordens de produção. Nesta, as ordens de produção são liberadas para a fábrica no mesmo momento e se define como início do período.

Tempo de execução único: faz referência ao *lead time* da ordem de produção (por níveis). Quando todas as ordens têm o *lead time* iguais.

No PBC o dimensionamento do lote é efetuado em função do ciclo, das necessidades do cliente e da capacidade disponível, e a emissão da ordem é feita em conjunto para todos os itens no caso repetitivo, mas não para todos os itens no caso semirrepetitivo conforme mostrado em Fernandes (1991).

Benders e Riezebos (2002) defendem que o PBC não é um sistema desatualizado, mas sim um clássico.

## **2.8 Sistema de Coordenação de Ordens *Kanban* do *Just in Time***

Criado pela Toyota logo após a Segunda Guerra Mundial, o Sistema *Kanban* surge como um sistema de informações que controla a produção de toda fábrica, ou seja, ele dá autorizações de produção, de transporte e informa a localização de componentes de toda fábrica por meio de cartões. O princípio do sistema *kanban* é restringir a quantidade de estoque em processo por meio de um determinado número de cartões (GAURY *et al.*, 2000).

Com este sistema, só se produzem ou retiram peças de um processo, ou estoque, caso se tenham cartões correspondentes a elas, e na quantidade fixada nos próprios cartões.

De acordo com Gaury *et al.*, (2000), as principais vantagens associadas à utilização do sistema *kanban* são:

1. Diminuição do estoque em processo.
2. Se a demanda for razoavelmente estável, os recursos produtivos são melhores aproveitados, como resultado, obtém maior capacidade total das linhas produtivas, ou seja, um aumento da produtividade.
3. Os tempos de aquisição (*lead time*) são reduzidos, quer seja em nível de itens individuais, quer seja em termos de produto final. Deste modo, é possível adiantar os prazos de entrega. Naturalmente, isso depende do número de cartões *kanban*.

4. Como trabalha em um sistema de produção "puxada", o nível de existência de produtos finais poderá ser reduzido, ou até mesmo deixar de existir se estivermos numa situação híbrida (o último estágio programado sob encomenda e, os demais estágios com produção puxada). Melhor administração dos estoques intermediários, ou em processo, e finais.
5. Com o apoio do *layout* celular, pode existir uma menor ocupação de espaço, até mesmo a extinção, para estoques intermediários e redução das áreas de almoxarifado e armazenagem na expedição.

### 2.8.1 Regras do sistema de coordenação de ordens *kanban*

Monden (1998) expõe a existência de cinco regras que necessitam ser cumpridas para o funcionamento do Sistema *Kanban*:

- **Regra I:** O processo subsequente deve retirar os produtos do processo anterior no momento correto e na quantidade necessária.

Para o funcionamento desta regra, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feito com a apresentação de um cartão *kanban*. A quantidade removida deve ser igual àquela apontada no cartão, e não podem existir peças que não acompanhem *kanban*.

- **Regra II:** O processo antecedente deve produzir produtos para o processo subsequente nas quantidades retiradas por este.

Para que não ocorra superprodução, esta regra complementa a primeira. O processo antecedente só pode produzir itens dos quais tem cartão e, só pode produzir a quantidade definida nele.

- **Regra III:** Os produtos defeituosos jamais devem passar para os processos subsequentes.

Uma vez que os estoques em processo são limitados à quantidade mínima, é preciso ter certeza que estas poucas peças estejam em perfeitas condições para uso no processo subsequente. Caso isto não ocorra, as peças serão devolvidas ao processo fornecedor e o processo cliente permanecerá à espera até que tenha as peças em condições de produzir.

Assim sendo, é importante dimensionar um supermercado de peças em local onde garanta a qualidade do item.

- **Regra IV:** O número de *kanban* precisa ser minimizado.

O inventário máximo de cada item é expresso pelo número de *kanban*. Neste sentido, este número deve ser mantido o menor possível. O supervisor de cada processo na Toyota tem a responsabilidade de trabalhar para minimizar esta quantidade. Ele precisa continuamente buscar as melhorias de processo com o propósito de minimizar o tamanho dos lotes e minimizar o tempo de processo, para poder minimizar o número de *kanbans*.

- **Regra V:** O uso do *kanban* deve ser para suportar as pequenas variações na demanda.

### **2.8.2 Tipos do sistema de coordenação de ordens *kanban***

Nazareno (2008) descreve que classicamente, os cartões *kanbans* podem ser divididos em dois tipos: o *Kanban* de Retirada/Transporte e o *Kanban* de Produção.

No tipo *Kanban* de Retirada, o mesmo funciona como crédito do cliente interno ou externo. Neste sentido, eles são utilizados para adquirir, ou seja, retirar peças do almoxarifado ou processos antecedentes. Assim sendo, o número destes cartões é calculado com o fundamento no consumo de cada item pela linha e pelos seus intervalos entre abastecimentos.

Com isto, solicita-se que o processo adquira uma quantidade maior que a necessidade, resultando em excesso de material no local.

No tipo *Kanban* de Produção, há uma quantidade fixa, calculada com o fundamento na demanda do cliente interno e ou externo, e na ponderação de uma série de fatores descritos a seguir. Com isso, a intenção deste tipo de *kanban* é impedir a superprodução, afinal, como está na Regra II do sistema *kanban*, exposto anteriormente, quando todos os cartões permanecerem com produtos, não tem como produzi-lo.

O *Kanban* de Retirada também pode ser utilizado como *Kanban* de Produção, se a distância entre os dois processos envolvidos for muito pequena e são supervisionados por um único operador.

Além dos aqui expostos, Monden (1998) apresenta outros tipos de *Kanban*:

***Kanban de sinalização***: considerado uma variação do *kanban* de produção com uma sistemática de disparo muito parecida com o tradicional OPOQ. Ao contrário de se ter um cartão para compor cada embalagem, pode-se usar somente um cartão para solicitar o lote todo. Nele é escrito a quantidade que o processo antecedente necessita produzir. Além disso, é definido o momento em que o processo cliente necessita entregar o cartão para o processo antecedente, conhecido como ponto de reposição. Com isso, o sistema de gestão visual é simplificado, pois é dispensada a necessidade de utilização de quadros (exemplo disso é o uso do mecanismo de semáforo).

***Kanban de ordem de serviço***: os *kanbans* já citados são aplicados nas linhas para reatualizar a produção, o *kanban* de ordem de serviço é preparado para linha de produção por ordem de serviço e emitido para cada serviço.

***Kanban eletrônico***: este é utilizado entre duas operações completamente automatizadas e próximas. Como exemplo, pode-se citar uma determinada peça ao sofrer uma usinagem na máquina “A”, a qual por um sistema automático efetua o escoamento da peça em uma calha que a transporta para a máquina “B”, onde passará por uma nova operação. Dentre estas operações não existe operário envolvido. Como dentre as máquinas há diferenças de velocidade na execução de tarefa, o tempo de operações da máquina “A” é maior que o tempo de operação da máquina “B”, a primeira não deve prosseguir em atividade, gerando estoques intermediários entre as duas operações, e nem deixar de atender as necessidades da operação “B”. Nesta situação, é determinado um nível máximo de inventário “N” entre ambas as operações.

Logo após, monta-se um sistema de identificação na calha de transporte, por exemplo: chave de fim de curso, fotocélula ou qualquer outro dispositivo do gênero, que aponte a existência de “fila de espera” para suportar a operação “B” com N peças, no momento em que o dispositivo interrompe a operação da máquina “A”.

Os demais tipos de *kanban*, geralmente, são parecidos aos cartões de retirada e de produção, basicamente o que os diferencia são as tarjas ou bordas coloridas, de maneira a permitir uma identificação visual rápida.

### **2.8.3 A dinâmica do sistema de coordenação de ordens *kanban***

A fábrica operada com o sistema *kanban* tem praticamente dois tipos de procedimentos: com um ou com dois cartões (NAZARENO, 2008).

**Sistema *kanban* de um único tipo de cartão:** Caracterizado por haver somente um ponto de estoque, ou seja, supermercado, dentre um processo fornecedor e seu cliente (pode ser produtivo ou não). Neste evento, o *kanban* de produção é único, somente um cartão existente.

Para o autor, fica limitado ao cliente (subsequente), o supermercado de produtos do processo, fornecedor. À medida que o cliente utiliza as peças, os cartões que estavam alojados junto às embalagens são colocados em uma caixa de coleta, que fica próximo a ele. A cada período determinado de tempo, ou quando a quantidade de peças atinge nível adequado, os cartões são removidos da caixa de coleta e levados junto ao quadro, no processo fornecedor (antecedente).

Nazareno (2008) menciona que a autorização para a linha produzir aqueles itens na quantidade determinada do cartão ocorre com a existência de cartões no quadro. No momento em que o processo fornecedor finaliza a produção de uma embalagem, o cartão é retirado do quadro e alocado junto a ela.

No momento certo, estas embalagens serão encaminhadas de volta para o supermercado, junto à caixa de armazenamento do cliente, e os cartões que existirem na caixa de coleta voltam para o quadro.

**Sistema *Kanban* de dois tipos de cartões:** Caracterizado pela existência de dois supermercados, onde um fica junto ao fornecedor (antecedente) e, o outro, junto ao cliente (subsequente). Tanto o *Kanban* de Produção quanto o *Kanban* de transporte estão presentes neste acontecimento.

À medida que o cliente (subsequente) utiliza os itens do supermercado, os cartões que estavam alocados juntos às embalagens são colocados em uma caixa de coleta.

A cada período determinado de tempo, estes *kanban* de transporte são recolhidos e levados até o supermercado do processo fornecedor (antecedente). Quando chega ao processo fornecedor, os *kanbans* de transporte funcionarão como uma lista de compras, onde para cada *kanban* de transporte será comprada uma embalagem do item determinado (NAZARENO, 2008).

Em seguida, as embalagens compradas receberão os *kanban* de retirada e serão encaminhadas para o supermercado junto ao cliente. Com isso, os *kanbans* que acompanhavam as embalagens no estoque fornecedor serão encaminhados novamente no quadro *kanban* (NAZARENO, 2008).

Para o autor, assim como no sistema de um cartão, a existência de *kanbans* de produção no quadro dá ao processo fornecedor a permissão para produzir aqueles itens, nas quantidades definidas nos cartões. Após produzir, as embalagens recebem os *kanbans* de produção e são novamente alocadas no supermercado do fornecedor.

Neste cenário, o supermercado é pertencente ao processo fornecedor. Com isto, é do fornecedor a responsabilidade por manter as quantidades de peças para que o cliente seja sempre atendido. Deste modo, o sistema de dois cartões é considerado melhor do que o de um cartão. Neste sistema, o processo fornecedor é nitidamente o “proprietário” do supermercado. O processo cliente vai até o fornecedor e compra aquilo que necessita.

Contudo, é mais simples de implementar o sistema de um tipo de cartão. É comum a empresa implementar o sistema com um tipo de cartão e em seguida evoluir para o de dois tipos de cartões.

Contudo, quando as distâncias entre os processos são muito pequenas e o supermercado pode permanecer próximo ao cliente, não existe a necessidade de inserir o cartão *kanban* de retirada.

#### **2.8.4 Kanban – sequenciamento da produção**

Os quadros de *kanban* são organizados em faixas coloridas, que apontam à situação de cada item em estoque e o momento em que deve dar início a produção de cada item, isto ocorre para auxiliar os operadores a montarem a sequência de produção. Eles também precisam apontar até quando os itens necessitam ser produzidos. Para Nazareno (2008) o quadro semáforo é uma ferramenta que completa o sistema *kanban*. Os *kanbans* de produção, após destacados da embalagem utilizada pelo cliente, são colocados no quadro acoplado ao processo fornecedor. Estes quadros precisam ser organizados de tal modo, que os operadores identifiquem com facilidade a quantidade de peças de cada item no estoque intermediário, e o que necessita ser produzido primeiro.

A faixa verde do quadro significa que ainda não existe a necessidade de se produzir o item. A faixa amarela expõe a hora exata de produzir o item. Nesta, a quantidade de cartões a ser depositada corresponde ao tempo necessário para a reposição do item. Segundo Akturk e Erhun (1999), os *kanbans* de produção dos diversos itens são alocados no quadro e podem ser produzidos em diferentes ordens.

A sinalização de urgência do quadro (itens no vermelho seguido do amarelo) é o principal critério para priorização da produção. Deste modo, pode-se decidir por produzir os itens na ordem de chegada no quadro. Existem outras opções que são atender o menor número de cartões ou ainda o primeiro maior pedido.

Ou ainda, escolher pelas opções de se fazer o mais rápido ou o mais demorado primeiro. A melhor política de produção depende de cada caso, entretanto, compete às empresas decidirem a melhor estrutura.

#### **2.8.5 Ponto de puxar**

A escolha dos pontos onde ficarão os supermercados é outro ponto importante na implementação do Sistema *kanban*.



Nazareno (2008) menciona que, em cada cadeia produtiva de muitas etapas, existem pontos, onde não é possível conservar o fluxo contínuo de matéria-prima ou componente, ou onde restringe este fluxo pode ser prejudicial.

Conforme Rother e Shook (2008), o fluxo contínuo tem como significado produzir uma peça de cada vez, com cada item passando imediatamente de um estágio do processo para o subsequente, sem qualquer parada entre eles. Os autores citam alguns motivos para que não seja usado o fluxo contínuo, mas sim a produção em lotes:

- Processos com tempo de ciclo muito lento ou muito rápido, e que são compartilhados por outras linhas.
- Processos localizados em fornecedores, ou distantes por motivos diversos, exemplo: segurança.
- Processos insuficientemente seguros para serem ligados diretamente a outros processos em fluxo contínuo.
- Processos pouco confiáveis para serem ligados diretamente a outros processos em fluxo contínuo.
- Processos com tempo de preparação muito alto, prejudicando a flexibilidade de resposta da linha.
- Processos muito longos, que tornam o tempo de resposta ao cliente muito lento.

Uma vez definidos os processos que não estarão em fluxo, ou melhor, que produzirão para estoque intermediário, é hora de escolher onde entrará a programação da produção, melhor dizendo, o pedido dos clientes. Rother e Shook (1998) asseguram que ela só precisará ser feita em um ponto do processo, porque os demais serão controlados por meio de *kanban*.

Isto tem como significado que os respectivos processos antecedentes produzirão os itens consumidos nestes inventários intermediários, para suprir o processo subsequente, sem que seja necessário saber qual o pedido do cliente, ou se este está sendo alterado.

É chamado de processo puxador, o processo por onde entra a programação. Este ponto da cadeia precisa ser bem escolhido porque determinação do tempo de resposta da empresa, da inserção de um pedido, até a entrega para os clientes. O ponto de entrada precisa ser selecionado de tal forma que não haja necessidade de programar qualquer estágio subsequente do processo. O que este processo produzir chegará às mãos do cliente.

#### **2.8.6 Determinação do número de *kanban* para sistemas alternativos de retirada**

Monden (1998) em seu livro **Sistema Toyota de Produção**, expõe uma série de equações para o cálculo da quantidade de cartões. Estas fórmulas são por ele expostas, como sendo aquelas utilizadas pela Toyota para dimensionar seus supermercados. Um intenso número de artigos e livros expõe estas mesmas equações, e as referenciam como sendo as fórmulas da Toyota.

O autor atribui à Toyota, dois tipos de controle de inventário:

**Pedidos com quantidades constantes:** Este é o procedimento usado pelas empresas, normalmente dentro das fábricas, em razão da pequena distância entre processo, tempo de preparação, tamanho de lotes e tempos de passagem baixos, se comparados com peças provindas de fornecedores ou processos terceirizados. Entretanto, é preciso não deixar dúvida sobre esta prática e que este método necessita de pessoas que possam, a todo o momento, fazer o transporte de cartões para o fornecedor e peças para o cliente.

No sistema de retirada com quantidade constante, existem três aplicações. Na situação em que o tamanho do lote seja muito grande ou em que a ação de troca de ferramental não seja suficientemente aperfeiçoada.

Nazareno (2008) afirma que o tempo de reabastecimento é igual à soma dos tempos de coleta *kanban*, de fila, de processamento e de transporte.

Nos cenários em que os métodos de troca de ferramental são aprimorados e os processos seguintes e anteriores são curtos, o inventário máximo é adquirido da mesma forma que usamos para calcular o ponto de reposição para os *Kanban* de Sinal, conforme citado anteriormente.

No entanto, enfatizar que a condição ideal para a produção no período exato é que cada processo possa produzir exclusivamente uma peça, transportá-la no mesmo tempo e ainda existir exclusivamente uma peça em estoque entre o equipamento e o processo representa a condição ideal.

**Ciclo de pedidos constantes:** normalmente, este método é utilizado entre as empresas e seus fornecedores externos. Isto é justificável pela distância entre eles, que tornaria as entregas inviáveis a qualquer período do dia, estabelecidas pelo método precedente. Ao utilizar o compartilhamento de cargas dentre os diferentes fornecedores, (conhecido por *Milk Run*), cria-se a posição ideal para esta estratégia. Este método é utilizado dentro das fábricas, em situações onde a distância entre os processos é relativamente longa, e não se podem disponibilizar pessoas para que façam estes transportes de peças e cartões. É importante enfatizar que o ciclo do pedido é habitualmente apontado por restrição externa, por etapas na programação da produção mensal ou por contrato entre os fornecedores e o principal fabricante. De outro modo, acrescenta o autor que a quantidade de pedido é especificada automaticamente pelo número de *Kanban* removido no tempo regular de coleta a partir da última coleta. Finalmente, o *kanban* sozinho é simplesmente um meio de despacho para as ocorrências de produção, durante cada dia em cada processo. Segundo Monden (1998), um planejamento geral precisa ser efetuado através da fábrica, antes de entrar na fase de enviar as tarefas pelo *kanban*. Vollmann *et al.* (1997) afirmam que as duas formas de tratamento fundamentais para o controle do chão de fábrica (*Shop Floor Control – SFC*), pode-se dizer que são: (1) o planejamento das necessidades de materiais com discrepância no tempo (*Material Resource Planning – MRP*) que também é popularmente conhecido como empurrar a produção e (2) *Just-in-time* (JIT) conhecido como puxar a produção.

Outras formas de tratamento para o controle do chão da fábrica são os sistemas de coordenação de ordens fundamentados em recursos restritivos, e funciona como o controle híbrido puxar/empurrar de estoques. De acordo com Sousa (2004), estas, foram idealizados a partir da *Theory of Constraints* (TOC) ou Teoria das Restrições como é conhecido, são fundamentadas no gerenciamento do pulmão por meio de técnicas do *Drum-Buffer-Rope* (DBR).

## **2.9 Sistema de Coordenação de Ordens de Produção – Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope*) – Teoria das Restrições (TOC)**

Conforme expõe Souza (1997), o sistema logístico de sincronização da manufatura designado pela Teoria das Restrições de *Drum-Buffer-Rope* (DBR) foi estabelecido a partir da hipótese de que todo plano de produção, que sugira ser realístico e confiável precisa primeiro identificar as principais restrições que comprometem os ambientes de manufatura em geral. Estas restrições estão ordinariamente pautadas com a demanda de mercado, com o suprimento de materiais para a fábrica ou com a capacidade de produção dos recursos de produção.

No desígnio de ampliar o método Tambor-Pulmão-Corda, são apresentados os cinco passos do processo decisório da *Theory of Constraints* (TOC):

1. Identificar a (s) restrição do sistema.
2. Explorar a (s) restrição do sistema.
3. Subordinar tudo o mais à decisão anterior.
4. Elevar a (s) restrição do sistema.
5. Se uma restrição for quebrada nos passos antecedentes, volte ao início, ou seja, no primeiro passo, mas não deixe que a inércia se torne a próxima restrição do sistema.

No passo “identificar”, o primeiro dos cinco, tem como implicação encontrar o (s) elemento (s) que limita (m) o desempenho de todo sistema. Esta identificação pode ser desempenhada por meio de cálculos de carga-máquina que os produtos atribuem sobre todos os recursos da fábrica, como tradicionalmente é feito. Contudo, este método apresenta sérios problemas.

A integridade das informações disponíveis sobre análise de carga é citada como principal entre estes problemas.

De acordo com Umble e Srikanth (1990), a análise é muito condicionada a informações críticas, *mix* de produtos, tempos estimados de *lead time*, processamento e *setup*, e disponibilidade de inventário. Entretanto, em aproximadamente toda a fábrica, os dados que delineiam estes tipos de informações contém falhas grosseiras.

De outro modo, não existe a necessidade de obter informações extremamente precisas a respeito de todos os recursos da fábrica. É recomendado por Umble e Srikanth (1990, p.94) um método invertido aos típicos métodos de análise de carga. Para os autores, precisões nas informações são indispensáveis apenas para aqueles recursos que são capazes de impactar seriamente a totalidade do sistema, ou seja, aonde os erros nos dados ou a falta de precisão nas informações refletem de maneira brusca no ganho, no inventário e na despesa operacional de toda empresa. Deste modo, tempo padrão em recursos não-gargalo não são críticos e, portanto, requerem menos precisão. Na etapa “Explorar a restrição do sistema”, considerado o segundo passo, tem como implicação, extrair o máximo desse tipo de recurso, evitando que exista algum tipo de desperdício nos recursos restritivos, tais como, interrupções por falta de material, quebra ou parada para descanso, ou ainda troca de turno.

Nazareno (2008) menciona que, uma vez que a restrição limita a capacidade produtiva de todo sistema, este recebe o nome de Tambor (“*Drum*”), na terminologia da Teoria das restrições, pois o “Tambor” dita a “batida” ou o ritmo de toda linha de produção. É preciso ressaltar que em uma fábrica existirão tantas restrições, quantas existirem as linhas de produção autônomas no processo produtivo (GOLDRATT; FOX, 1989).

Portanto, Tambor, é a programação de atividades do(s) recurso(s) restritivo(s), melhor dizendo, é a lista de tarefas que deverá ser efetuada no recurso restritivo conforme o total de demanda de tarefas a ser por ele processado, com a finalidade de se atingir o máximo do fluxo. Ao determinar a melhor sequência de tarefa, leva-se em conta a data dos pedidos dos clientes.

O Tambor será a própria demanda do mercado, caso a empresa não tenha nenhuma restrição interna.

Todavia, reforça-se como já citado, que, descobrir a restrição, significa ainda, evitar que o ponto crítico (gargalo) pare por falta de material para processar. Deste modo, há necessidade de se criar um Pulmão (*Buffer*) antes do recurso restritivo, com a finalidade de protegê-lo contra as flutuações estatísticas ou as incertezas das ocorrências anteriores a ele.

Entende-se deste modo que a flutuação estatística é a variação na performance dos recursos causada por diversos fatores, tais como, a duração e a frequência de quebras das máquinas, nível de confiabilidade dos equipamentos, índice de rejeição de peças dos recursos, variabilidade na performance dos operadores de máquina, etc.

O Pulmão precisa ser expresso na forma de tempo (estoque por tempo de segurança – *time buffer*) e não em quantidade de peças. A vantagem de expressá-lo em importância de unidade de tempo é que na maioria dos casos, os materiais em estoque estarão sempre mudando, o que dificultaria um bom controle do mesmo.

Depois de “identificada e explorada” a restrição, é necessário prosseguir ao terceiro passo: “subordinar tudo o mais à decisão anterior”. Este passo tem como implicação, fazer com que todos os recursos do sistema atuem conforme o recurso restritivo, nem mais nem menos. Neste passo, procura-se garantir que todos os elementos do sistema atuem conforme o objetivo total da organização ao invés de buscar otimizações localizadas que não aumentam a produtividade do todo. As eficiências locais que derivam na superativação dos recursos não-restritivos não levam a empresa na direção da sua meta, pois neste caso, não possuiria aumento da rentabilidade (podendo até reduzir) enquanto que o inventário por decorrência deve aumentar a despesa operacional.

Deste modo, nasce um novo conceito proposto pela TOC designado Corda (“*Rope*”). Na identidade da Teoria das restrições, precisa existir uma “Corda” amarrando (“integrando”) o recurso restritivo com a primeira operação do processo produtivo, de maneira que exista uma sincronização entre estas operações.

De tal modo, o material recebe a aprovação para a produção conforme a taxa de consumo do recurso “restrição”, mas com a antecipação equivalente ao Pulmão de tempo do recurso “restrição”. Resumindo, as matérias-primas somente são inseridas no sistema de modo sincronizado, ou seja, materiais certos, na quantidade certa e no tempo certo. Desta forma assegura que os estoques em processo produtivo não excedam os níveis do estoque protetor atribuído pelo Pulmão de tempo.

De fato, precisa existir uma Corda integrando a demanda de mercado com o recurso restritivo e outra, inserindo o recurso restritivo com a primeira operação da fábrica (ou com a liberação de material para o sistema). Também necessitaria de uma Corda sincronizando o recurso restritivo com a montagem e esta, com a liberação de matéria-prima para as operações não-restrição do processo produtivo.

No entanto, a Corda, é um sistema de informação praticamente simples, que sincroniza a produção de todas as estações de trabalho do processo produtivo a partir do(s) recurso(s) restritivo(s).

É preciso evidenciar, que o método Tambor-Pulmão-Corda, consente que se alcance a programação implícita de todos os processos não-gargalo da empresa.

Aqueles localizados antes da restrição terão que processar o mais rápido possível os materiais recebidos pela primeira operação, conforme a ordem de chegada dos mesmos. Como que, por definição, tais recursos têm excesso de capacidade com relação ao recurso restritivo, eles não apresentarão qualquer problema para seguir o programa. Do mesmo modo, os recursos não restritivos localizados no percurso de produção depois do recurso restritivo permanecerão diretamente sob o controle deste, pois estes receberão somente peças liberadas pelo recurso restritivo. Como que por definição, tais recursos apresentam folgas no programa, não existirá ainda, qualquer problema neste ponto.

Em seguida, são necessárias ordens explícitas, somente em alguns pontos específicos, por exemplo; nos recursos restritivos e nos locais de liberação de material para a fábrica.

Sintetizando, Nazareno (2008), menciona que o sistema DBR reconhece que existem somente poucos recursos com recursos com restrição de capacidade, que irão atribuir o índice de produção no âmbito global da fábrica (Tambor). Com o desígnio de prevenir que exista acréscimo supérfluo nos níveis de estoque em processo, o material é liberado para a fábrica, no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o utiliza (Corda), entretanto, com uma diferença no tempo análogo ao pulmão de tempo constituído.

## **2.10 Fatores Decisivos na Escolha dos Sistemas de PCP**

Sob vários pontos de vista, tem havido um grande número de estudos comparando os sistemas puxados, empurrado e híbrido. Giansi (1998 *apud* SOUSA, 2004) afirma que o sistema MRP é o mais indicado para se trabalhar com o planejamento de longo prazo, independentemente do tipo de processo de produção. Recomenda Taylor (1999 *apud* SOUSA, 2004), que sob a perspectiva de custos de inventário, o sistema híbrido apresenta a melhor performance, seguido pelos sistemas puxado e empurrado. É sugerido por Wang e Xu (1997 *apud* SOUSA, 2004), o sistema híbrido como a melhor alternativa para o processo de produção em massa sob o ponto de vista da semelhança entre o custo de estoque e o risco de carência.

É recomendável neste evento, introduzir o *just-in-time* (JIT) ao sistema MRP, sendo assim, controlar o *input* de material para a fábrica pela coerência de empurrar (MRP) e controlar os estoques remanescentes pela coerência de puxar (JIT), por meio de cartões *kanban*.

Segundo Nazareno (2008), no início, as primeiras origens dos programas MRP tinham algoritmos que julgavam possuir uma capacidade ilimitada no sistema, uma condição que nunca vai haver no mundo real.

Os atuais sistemas são mais apurados, tal como a evolução do MRP para o MRPII (*Material Resources Planning*), ou planejamento dos recursos de manufatura, além das necessidades de materiais, eles ainda calculam principalmente a necessidade de pessoas e equipamentos e dos demais recursos de manufatura.



A estratégia adotada ao escolher qual é o sistema mais adequado para cada circunstância, precisa estar vinculado e coeso com os objetivos estratégicos da manufatura e com o modelo de processo de gestão envolvido. Os objetivos estratégicos da manufatura cogitam as diferenças entre os vários segmentos de mercado a ser atendido, os quais vão exigir diferentes níveis de desempenho nos diferentes critérios (qualidade, custos, entrega, e flexibilidade) que o sistema de manufatura pode influenciar (CORRÊA; GIANESI, 2009).

É acrescentado por Corrêa e Gianesi (2009), o quão importante é entender que a alternativa estratégica do sistema de PCP pode não estar sujeito a uma ou poucas variáveis, porém a várias.

Sistemas que operam com extensa quantidade de produtos diferentes, geralmente, não são ambiente apropriado para a implantação “generalizada” de sistemas *just-in-time* (JIT).

Com a habilidade específica para o tratamento com produtos que têm **estruturas complexas**, os sistemas MRP permitem um planejamento minucioso e antecipado das necessidades de recursos materiais da organização.

Nazareno (2008) descreve que é uma restrição do sistema MRP, o problema da **variabilidade do lead time**, e que o MRP assume como sendo estático. Se o *lead time* é muito instável, isto pode ocasionar inconsistências no *lead time* armazenado no sistema. A mudança do *lead time* de processo está pautada com a circunstância da fábrica. Se existe mudança muito frequente no *mix* de produtos da fábrica, é plausível que o estado das ordens na fábrica ainda possa sofrer frequentes mudanças.

Caso exista esta ocorrência, a circunstância das filas das ordens que aguardam para o processamento muda ao longo do tempo e, conseqüentemente, muda ainda o tempo que as ordens gastam nas filas.

Portanto, na ocorrência de o *mix* de produção variar pouco, é esperado que o *lead time* envolvido seja mais estável ao longo do tempo.

O autor discorre que, para os **níveis de controle**, o MRP é um sistema hierárquico decisivo com diversos níveis de planejamento, desde o planejamento agregado de produção, passando pela programação mestre até o detalhamento das necessidades de materiais e recursos especiais.

Esta ação faz do MRP, um sistema habilitado para auxiliar na tomada de decisão, igualmente com um coeficiente mais agregado, de longo prazo. Porém, ordinariamente, os problemas acontecem quando o MRP arrisca gerenciar os níveis hierárquicos mais baixos e detalhados de atividades.

“O sistema MRP pode se tornar denso e carecer de caráter disciplinado das pessoas envolvidas nas atividades da manufatura, onde, estas devem, de forma frequente, estar alimentando o sistema, praticamente com tudo que acontece” (NAZARENO, 2008, p.07).

É estimado por diversos autores que o MRP é o mais adequado para os níveis hierárquicos mais elevados de controle: planejamento agregado da produção, programação-mestre e planejamento de insumos, podendo ser minucioso e centralizado demais, quando se trata de controlar as atividades da manufatura. Nazareno (2008) menciona que o JIT com seus controles visuais simplificados tem uma aptidão mais natural para este evento.

Aqueles que defendem o sistema DBR, acreditam que a mudança do MRP para o DBR é uma mudança “espontânea”, salvo-conduto que o DBR se utiliza de um embasamento de dados quase igual ao embasamento de dados que se utiliza no MRP. É evidente que existe uma preocupação suplementar fundamental para o uso do DBR, e esta faz referência à identificação e atualização, de quais recursos representam gargalos de produção, para que o DBR os trate de forma diferenciada. De outro modo, se uma empresa planejou o caminho para o alcance dos coeficientes de importância de registros no fundamento de dados que o MRP requer, ela terá ido além do que o DBR solicita, já que este sistema indica que somente as informações referentes aos recursos gargalos precisam considerar tais níveis hierárquicos de importância.

Foi desenvolvido por Razmi *et al.*, (1998), um modelo tridimensional para sustentar a decisão entre sistemas puxados, empurrados e híbridos. As dimensões representam três importantes variáveis a serem consideradas: (1) confiabilidade do *lead time* de fornecimento, (2) custos e (3) flutuações da demanda.

Foi recomendado por Neely e Byrne (1992), a partir de ensaios com simulações, que uma abordagem associada para o controle de materiais, inserindo a programação do recurso gargalo, era perfeitamente possível para uma organização.

Vollmann *et. al.*, (1997) faz menção que diversos autores têm como um tema de conformidade, a não existência de somente uma ótima solução que possa ser generalizada. Soluções práticas encontram-se geralmente em conceito híbridos e às vezes em novos conceitos. As condições específicas para cada situação precisam ser atenciosamente analisadas até que uma decisão possa ser adotada.

Uma das classificações mais completas de sistemas de produção é a proposta por MacCarthy e Fernandes (2000) a partir de quatro grupos de características, envolvendo 12 variáveis.

Os grupos de características considerados por MacCarthy e Fernandes (2000) são: Característica Geral, Característica do Processo, Característica do Produto e Caracterização da montagem sendo que dentre as variáveis consideradas nos quatro grupos, encontra-se a variável nível de repetição, variável relevante para o desenvolvimento dessa dissertação.

Contudo, será abordado neste capítulo somente a variável nível de repetição entre as consideradas pelos autores. A descrição completa da classificação proposta por MacCarthy e Fernandes (2000) pode ser encontrada em Fernandes e Godinho Filho (2010).

Como descrito em Fernandes e Godinho Filho (2010), de acordo com MacCarthy e Fernandes (2000): “Enquanto o nível de repetição tem um forte impacto na escolha do sistema de controle da produção básico a ser escolhido, as outras variáveis têm impacto significativo sobre a complexidade do detalhamento do sistema de controle da produção” e Fernandes e Godinho Filho (2010) complementam ainda que a classificação dos sistemas de produção de acordo com o nível de repetição é muito importante para a tomada de um grande número de decisões no âmbito do Controle da Produção.

De acordo com o exposto na literatura indicada o nível de repetição representa uma variável de decisão na definição do sistema de coordenação de ordens de um sistema de produção, o que é seguido no desenvolvimento da presente dissertação.

Com o propósito de definir o nível de repetição de um sistema de produção MacCarthy e Fernandes (2000) consideram que o nível de repetição pode ser caracterizado para um item a ser produzido e para um sistema de produção da seguinte forma:

- a. um item é repetitivo se ele consome uma porcentagem significativa do tempo total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%);
- b. um sistema de produção é definido como sendo repetitivo se apresentar pelo menos 75% dos itens de produção repetitivos.

Nesse contexto MacCarthy e Fernandes (2000) consideram: “um sistema de produção não repetitivo é aquele no qual pelo menos 75% dos itens são não-repetitivos e um sistema semirrepetitivo é o sistema de produção com pelo menos 25% de itens repetitivos e pelo menos 25% não-repetitivos”.(p.481-496)

De acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010) outros dois conceitos relevantes que influenciam o nível de repetição de um sistema de produção são o conceito de distinção e o de diversificação. Esses autores definem distinção como a habilidade de o sistema de produção responder a mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito similares relacionando o conceito de distinção com a variedade de modelos semelhantes, sendo essa habilidade dependente de baixos tempos de *setup* como é o caso do sistema de produção da empresa objeto de estudo desta dissertação. Já o conceito diversificação relaciona-se com a variedade de produtos muito diferentes. Sendo que essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*, uso de equipamentos universais e versáteis e mão de obra versátil, não sendo o caso do estudo de caso deste trabalho.

A Figura 2.10 ilustra a relação do nível de repetição dos sistemas de produção discretos com o conceito de diversificação e distinção de acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010).

Níveis de repetição dos sistemas de produção discretos	<i>Diversificação</i>	<i>Distinção</i>
Produção em massa	Inexistente (produto único)	Baixa/Média
Repetitivo	Baixa	Média/Alta
Semi repetitivo	Média	Alta
Não repetitivo	Alta	Alta

**Figura 2.10 – Grau de Diversificação e Distinção nos Níveis de Repetição dos Sistemas de Produção Discretos. Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010)**

### 2.11 Desafios para o PCP

Para encerrar este capítulo tratamos de algumas questões que são desafios para o PCP, a saber:

- i. o impacto de um *mix* elevado de produtos e componentes;
- ii. os desafios da combinação de sistemas;
- iii. o desafio do crescimento da demanda;
- iv. a instabilidade da demanda e dos processos no ambiente puxado;
- v. flexibilidade no ambiente puxado;
- vi. a programação e o nivelamento no sistema puxado.

### 2.11.1 *Mix* elevado de produtos e componentes

Para LEI (2004) a transformação enxuta torna-se um processo difícil em plantas com alta variedade de produtos e componentes. Contudo, se forem itens semelhantes (alta distinção) o problema torna-se possível de solução; é exatamente o problema a ser enfrentado e resolvido nesta dissertação.

Segundo Jina *et al.* (1997), as circunstâncias de alta variedade são qualificadas por:

- Alta variedade de produtos e peças, os quais podem ser customizados.
- Ampla ocorrência de políticas de atendimento de pedidos do tipo “Fazer Mediante Ordem” (*Make-to-Order*).
- Construção de produto com flexibilidade de *mix* do produto final, mas que no mesmo período pode se transformar em conjunto ou *kits* formados por peças que compõe módulos do conjunto.
- Ambiente com turbulência, tendo como resultado as precariedades e variabilidade de seus “*inputs*”. Há quatro razões de turbulência em uma fábrica, as quais são:
  - Programação: Mudanças habituais em decorrência de tempos extremamente próximos da data de produção e entrega.
  - Flexibilidade de: Mudanças no volume de produção em curto período de tempo.
  - *Mix* de produto: Produtos com ampla variedade de módulos e padrões, e que precisam oferecer mudanças evidentes entre períodos.
  - *Design*: Nível e frequência de mudanças dentro do prazo aguardado pelo mercado. A capacidade de adequar *designs* existentes e proporcionar novos *designs*, dentro das especificações dos clientes, também é um fator de sucesso para as organizações.

Nas plantas com ampla variedade de produtos e peças, segundo Conner (2001), há a necessidade de uma abordagem híbrida de programação e controle para os produtos. O autor relata que é necessário identificar as categorias/famílias de produtos com controle de demanda para cada produto.

Desta forma, cada família teria maneiras de programação e controles exclusivos. Nessas plantas, uma linha de montagem tende a ser dividida por produtos com diversos modelos de demanda e, deste modo, com diversos tempos *takt*.

Para estes eventos, o uso da abordagem *Takt-time* x *One-piece flow* x Puxado (TOP) necessita ser ajustada, se comparado o seu aproveitamento em plantas cujos processos de manufatura são dedicados a poucos componentes cuja demanda é relativamente previsível (NAZARENO, 2008).

### **2.11.2 Combinação de sistemas**

Nesta dissertação seguir-se-á nomenclatura de Fernandes e Godinho Filho (2010): sistema híbrido é um sistema onde se combina as abordagens de empurrar e puxar a produção; um exemplo é o sistema DBR. Por outro lado, quando empregamos dois ou mais sistemas, estamos realizando uma combinação de sistemas.

Ming-wei e Shi-lian (1992), afirmam que em plantas manufatureiras existirá continuamente a necessidade de combinar o MRP II com o JIT. Devendo-se projetar assim um sistema combinado, conforme a realidade de cada empresa. Um amplo número de organização que se utilizam do MRP arriscam encontrar maneiras de produzir determinados produtos ou parte da sua produção, utilizando princípios do *Just-in-time* (JIT).

Neste aspecto, o uso muito mais simples da sistemática do *Just-in-time* (JIT), simplifica o próprio uso do MRP, que, desta maneira, no âmbito de sua atribuição de administrar uma quantidade menor de itens, resulta em uma quantidade menor de ordens de produção e passou a controlar uma quantidade menor de transações de realimentação de informações para a utilização do sistema, a respeito do que ocorreu na fábrica (CORRÊA; GIANESI, 2009).

Segundo Rentes *et al.* (2005), quando uma unidade de produção é acionada por mais de um tipo de sistema de informação, esta unidade é controlada por um sistema combinado. Para exemplificar, podemos considerar uma célula de produção “X” controlada por um sistema “A” e uma célula de produção “Y” controlada pelo sistema “B”. Se os produtos *best seller* forem

produzidos em X e a demanda for razoavelmente comportada, a célula A seria controlada de forma adequada pelo *kanban*. Se na célula Y os itens menos repetitivos são em grande número, e são semelhantes entre si (alta distinção), a célula Y poderia convenientemente ser controlada pelo sistema PBC.

Para Slack (2008), em estoques com mais de um item, alguns desses itens serão mais importantes do que outros para a empresa. Em regra, uma pequena parcela dos itens totais inseridos em estoque vai bancar uma grande parcela do valor total em estoque, pela Lei de Pareto, ou Regra 80/20, que é típico 80% do valor do estoque de uma operação, corresponder a somente 20% de todos os tipos de itens estocados. Poderíamos então, controlar os itens classe A por um sistema como por exemplo o MRP, os itens classe B pelo sistema de revisão contínua e os itens classe C pelo sistema de revisão periódica e, novamente estaríamos combinando sistemas.

Nazareno (2008) aponta que há situações em que usaríamos uma produção puxada de reposição, caso MTS (*make to stock*), e que há situações em que usaríamos um sistema puxado sequencial; os itens são fabricados, ao ritmo da demanda, com a instrução de produção sendo enviada para a primeira etapa do processo no início do fluxo de valor.

Ressaltamos que a sequência deve ser a mesma da demanda já que caso houvesse programação, estaríamos empurrando a produção, e não puxando a produção.

### **2.11.3 Crescimento da demanda**

A variação e ampliação da demanda é outro grande problema a ser atacado, além da variedade de produtos e componentes. Nesta situação, por estarem mais sujeitos a não atenderem eventuais picos de demanda, os itens com maiores taxas de variação seriam feitos mediante pedidos ou solicitariam um tamanho maior de supermercado.

Para qualquer processo com múltiplas etapas é considerada a tendência da amplificação da demanda, para os pedidos de produção, recebidos por cada processo fluxo acima, serem mais aleatórios do que a produção ou venda real no próximo fluxo abaixo.



Igualmente, é conhecida como Efeito Forrester (referência a Jay Forrester, do MIT, primeiro a caracterizar esse fenômeno matematicamente, na década de 1950) (LEI, 2004).

Para Lei (2004), a principal causa do efeito *Forrester* (Também chamado efeito chicote) é não usar a política de dimensionamento de lote L 4 L (faz-se exatamente o que é necessário) para, por exemplo, obter desconto com uma quantidade maior.

Existem causas principais de amplificação da demanda, na medida em que os pedidos se movimentam fluxo acima:

- (i) o número de pontos de decisão nos quais os pedidos podem ser ajustados e;
- (ii) os atrasos enquanto os pedidos aguardam o processamento (do mesmo como advém com a espera pelo processamento semanal do sistema MRP).

Quanto maiores os atrasos, maior a amplificação, conforme mais produção for determinada por previsões (o que se torna menos preciso quanto maior for o horizonte da previsão) e mais ajustes forem feitos aos pedidos.

Há gráficos de amplificação da demanda, em que é clara uma ocorrência típica na qual a variação da demanda do cliente final (Alfa) é modesta, cerca de +/- 3% durante um mês.

Entretanto os pedidos se movimentam ao longo do fluxo de valor, passando pela Beta e pela Gama, eles se tornam muitos erráticos, até que os pedidos enviados pela Gama aos seus fornecedores de matéria-prima variem +/- 35% durante o mês.

A variação nos pedidos em todos os pontos ao longo do fluxo de valor seria de +/- 3%, e refletiria a verdadeira variação da demanda do cliente se a amplificação da demanda pudesse ser completamente eliminada.

De acordo com Nazareno (2008), o tamanho do estoque padrão é influenciado pela intensidade da variação da demanda fluxo abaixo, o que criaria a necessidade de pulmões.

A determinação do estoque padrão para um processo e consecutivamente sua redução, quando possível, considerando sempre que isto deva ocorrer após a redução da variabilidade do fluxo abaixo e o aumento da capacidade do fluxo acima, é uma boa prática do *Lean*.

#### **2.11.4 Instabilidade da demanda e dos processos e o Sistema puxado**

Na literatura, parece existir uma conformidade em relação à questão da vulnerabilidade de sistemas puxados com a instabilidade interna e externa da demanda e dos processos de abastecimento. A seguir, algumas considerações esclarecem essa percepção.

Em respostas às pressões competitivas sobre a manufatura, um grande número de empresas estão interessadas em implementar a estratégia *Just-in-time* (JIT). Uma das ferramentas de aplicação do JIT, no nível do chão de fábrica, se dá por intermédio do sistema de controle *kanban*. De acordo com a tradição, o funcionamento deste sistema é bom em ambiente de chão de fábrica estável (MOEENI *et al.*, 1997).

O sistema *kanban* trabalha melhor, quando o fluxo é constante e o *mix* de produtos é altamente estável. Neste sentido, percebe-se que ele não é para qualquer um. (SIPPER; BULFIN JR., 1997).

Ao idealizar o JIT apenas para atuar em ambientes específicos, observa-se que seu desempenho é seriamente afetado pelos tempos de processamento e pela demanda (...) o JIT foi tencionado para tempos de processamento estável e para demanda contínua e constante, portanto seu desempenho é ótimo para este tipo de ambiente (...) (GUPTA; AL-TURKI, 1997). Não inclui no sistema *kanban* qualquer adaptabilidade para grandes oscilações e repentinas variações na demanda (MONDEN, 1981).

Se por um lado tais observações sobre as carências dos sistemas puxados têm sido intensamente citadas, infelizmente, por outro, insuficientes soluções têm sido sugeridas.

Contudo, com o objetivo de minimizar os efeitos indesejáveis de demanda e de fornecimento instáveis, muitas empresas no dia a dia vêm arriscando adequar, implantando esse sistema na prática (*ad hoc*). Algumas destas práticas podem ser empregadas isoladamente ou por meio de combinações criativas, as quais estão sintetizadas a seguir (SOUSA, 2004):

### **A) Aumentar a capacidade de produção por meio de horas extras**

Para aumentar a capacidade de produção no curto prazo, um grande número de empresas adere à utilização de horas extras. Esta prática opera como uma expansão da capacidade de produção viabilizando a fluxo de picos relativamente pequenos de demanda.

Para operar o sistema *Just-in-time*, a demanda precisa ser intimamente estável. Flutuações pequenas na demanda são dirigidas acertando-se o intervalo do dia de trabalho. Em seguida, a taxa de demanda horária precisa continuar a ser estável, mesmo que a demanda diária flutue (RESS *et al.*, 1987).

Trata-se de uma abordagem de custos que precisa considerar que as horas extras podem ser expressivamente mais caras do que as horas normais de trabalho.

Deste modo, caso a frequência de picos de demanda aumente o suficiente, as empresas buscam reduzir essas práticas (horas extras) e adquirir recursos permanentes, o que é justificável economicamente.

### **B) Repor a capacidade ociosa utilizando banco de horas**

A capacidade de produção neste cenário é fixada em um dado horizonte de planejamento.

Contudo, as frações da capacidade do trabalhador não consumidas são armazenadas em um banco de horas para que possam ser utilizadas posteriormente quando houver necessidade para a empresa. Basicamente, os funcionários são liberados a ir para casa quando a meta de produção e a capacidade são armazenadas.

Deste modo, a qualquer momento, a empresa conteria uma quantidade de horas disponível para complementar o turno padrão de trabalho.

### **C) Manter estoques dos produtos *best sellers* para absorver os picos de demanda**

Inventários de produtos de alta demanda são mantidos em algumas empresas. Estes inventários atuam como “amortecedores de picos de demanda” o que as habilitam a manter a produção dos produtos de baixa demanda enquanto as ordens dos produtos de alta demanda são igualmente cumpridas.

Já a capacidade remanescente, esta é utilizada para repor os inventários dos produtos *best sellers* nos momentos em que o nível da demanda diminui. Esta prática está alinhada com a estratégia MTS (*Make-to-Stock*) de atendimento da demanda.

### **D) Manter pulmões de tempo de entrega**

Para Nazareno (2008), possuir clientes com tolerância de espera é considerado outra prática que se pode adotar. Esta prática está alinhada com o conceito *lead time* de segurança. No entanto, ela tem sua permanência limitada a cenários onde tenha um ou poucos competidores e onde a competição fundamentada na rapidez de entrega, não seja um ganhador de pedidos.

### **E) Manipular a frequência de transferência dos *kanban***

Devido à adoção de uma determinada frequência de revisão, os *kanbans* precisam algumas vezes aguardar no quadro por um tempo maior que o desejado. Deste modo, podem-se causar interrupções na produção e logo perda de capacidade produtiva.

Se reduzido, o intervalo fixo do *kanban*, é possível que possua uma melhora na utilização da capacidade. Assim sendo, neste evento, permanece fixo no sistema o número de *kanban*, mas é aumentada a frequência de transferência. É exposta por Monden (1981), a adoção desta prática na Toyota conforme, a saber:

Apesar das variações na demanda, o número de *kanban* tende a permanecer fixo. Através da experiência da Toyota é possível apontar que de 10 a 30% da variação na demanda pode ser administrada mudando-se somente a frequência de transferência do *kanban* sem que seja necessário revisar o número de *kanban*. Isso somente é verdade se houver capacidade ociosa.

#### **F) Manipular o número de *kanban* no sistema durante o ciclo de produção**

Alterar o número de cartões no sistema durante o ciclo de produção é outra prática que se pode adotar.

Pode-se promover uma melhora na utilização da capacidade ao adotar esta prática de manipular dinamicamente o nível de estoque em processo.

Deste modo, Nazareno (2008) relata que a habilidade do sistema em responder à instabilidade na demanda e no tempo de processamento, pode receber influencia do tempo de inserção e retiradas de cartões *kanban*.

Esta prática tem sido chamada de “*kanban Flexível*” (*Flexible Kanban System – FKS*).

#### **2.11.5 Flexibilidade e o Sistema puxado**

É relatado nesta etapa por Nazareno (2008), sobre o planejamento e controle da produção com enfoque nos Sistemas de *kanban Flexível* (*Flexible Kanban system – FKS*). Um FKS é diferente do sistema do *kanban* habitual, pois o número de *kanbans* que regula o nível de estoque em processo (*WIP – Work - In-Process*) pode ser modificado frequentemente.

De acordo com o descrito por Monden (1981), durante o ciclo de produção, as diretrizes oriundas do Sistema Toyota de Produção não defendem que este sofra alterações. A Toyota manipula a frequência do *kanban* para lidar com as variações da demanda em torno da média estimada, ao invés de alterar o número de *kanbans*.

Ainda conforme o autor, as ocasiões em que a Toyota modificou de fato o número de *kanbans* em função de amplas variações da demanda, sugeriram ainda uma intervenção na estrutura do sistema, criando-se uma espécie de configuração definida para cada ciclo de ajuste e implementação, considerando que, o número de *kanban* precisa ser aumentado ou reduzido, para as ocorrências de mudanças sazonais, ou de aumento ou redução significativa da demanda mensal atual acima da carga predefinida ou da carga do mês anterior. Deste modo, o tempo de ciclo precisa ser recalculado e o número de trabalhadores em cada processo precisa ser atualizado.

Para mudanças inesperadas e grandes variações na demanda, o sistema *kanban* não possui adaptabilidade. A alta gerência, no sentido de acompanhar os vales e picos na variação da demanda durante o ano, precisará decidir se nivela o volume de vendas para o ano todo, ou se projeta um plano flexível para rearranjar todas as linhas de produção, conforme as mudanças sazonais durante o ano (MONDEN, 1981).

De acordo com a teoria, um FKS estaria apto a melhorar a performance do sistema, a partir de uma determinada configuração padrão definida para cada ciclo de ajuste e implementação, segundo descrito por Monden (1981).

Para o fator de decisão, Rees *et al.*, (1987) e Gupta e Al-Turki (1997) simularam um procedimento de adequação dinâmico no número de *kanbans* em ambientes de demanda inconstante e concluíram que o maior potencial de um FKS está em desenvolvê-lo para ser utilizado durante o ciclo de produção e, por conseguinte, a adição/remoção de *kanbans* deve ocorrer em qualquer ponto a qualquer período, e não em intervalos de tempos fixos, como ocorre no sistema de *kanban* habitual. Nessa situação, não seria usar um sistema empurrado que gera as ordens necessárias nos momentos necessários?

Em uma operação de um sistema *Just-in-time* (JIT), parte-se do princípio que o plano mestre de produção é congelado por um mês e o número de *kanbans* em cada área de trabalho é adaptado com embasamento em uma média de demanda esperada para o período, permanecendo fixo de acordo com as diretrizes do Sistema Toyota de Produção (REES *et al.* 1987).

Complementa ainda o autor que, devido pelo menos a três motivos, empresas como a Toyota não precisam ajustar o número de *kanban* mensalmente:

1. Eles possuem uma ampla participação do mercado e, logo, os desvios em relação à previsão obedecem a uma pequena porcentagem do total.
2. Eles possuem operários multifuncionais que estão hábeis a migrarem dentre as diversas áreas de trabalhos a fim de combater gargalos interinos.
3. Seu chão de fábrica opera com tamanha eficiência, que eles conseguem administrar os problemas do dia-a-dia, tais como variações na demanda, com maior facilidade. De outro modo, os autores enfatizam que um número significativo de empresas que empregam, ou que analisam vir a atualizar, o sistema *kanban* não tem estas características e, com isso, a adequação no número de cartões torna-se indispensável.

Segundo Duggan (2002), os supermercados existem para absorver as variações da demanda. Contudo, a questão é, que quantidade os supermercados necessitam absorver? Por fim, expõe-se que inventário em excesso é sinal de superprodução.

Em um número significativo de empresas, a área de vendas tenta ajustar os níveis de estoque com fundamento nas previsões, enquanto que a área de produção acerta seus inventários com foco somente em aumentar a eficiência e produtividade dos recursos. Entretanto, segundo o autor, a resposta real está no *lead time*.

Quanto menor o *lead time*, maior a flexibilidade do fluxo de valor e menor o inventário necessário. Quebrar a demanda em intervalos de *lead time*, com fundamento na flexibilidade e desempenho do valor, é considerada uma boa estratégia.

Enquanto demonstra ser impossível presumir a demanda com uma ótima acuracidade, pode-se tentar torná-la mais previsível dividindo-a em pequenos intervalos e instituindo um supermercado dinâmico que é ajustado com fundamento nos sinais da demanda. Deste modo, o supermercado permanecerá alinhado com as alterações da demanda.

Será preciso olhar à frente para antecipar-se à demanda, mas não em termos de previsões de longo prazo.

Níveis pré-fixados de inventário podem ser estabelecidos nos supermercados. De maneira similar, sinais de necessidade de ajuste são enviados ao sistema *kanban*. Nesta situação, pode-se dar como exemplo que: um sinal será enviado comunicando que o supermercado precisa ser aumentado para um nível maior, se cinco intervalos de *lead time*, a partir da demanda do dia atual ultrapassar o que se está produzindo o inventário terá, contudo, um nível de estoque suficiente para absorver o pico de demanda, quando o quinto intervalo do *lead time* for atingido.

É almejado que as diversas configurações e respectivas lógicas de inserção e retirada de *kanban* precisam estar visivelmente representadas em um quadro exposto tanto na sala do PCP como também no chão de fábrica.

Além de uma abordagem híbrida e dos sistemas puxados flexíveis, que são acertados de acordo com a demanda, a versão futura de um ambiente de alta variedade e demanda inconstante também precisa incluir um processo puxador apto a absorver as flutuações da demanda, equiparar o *mix* de produtos e balancear os tempos de produção (DUGGAN, 2002).



### 2.11.6 Processo puxador – Programação e nivelamento do fluxo de valor

Diferentes pontos de programação atrelados com previsões de modo inerentemente duvidoso, com longo *lead times*, grandes lotes e indicadores centralizados nos departamentos, induzem os processos de produção a um estado de pensamento sobre “O que é melhor para si mesmo”, ao oposto de pensar “O que o cliente precisará a seguir?” Com isto, o resultado habitual é o excesso de estoque ajustado à falha na produção das peças, na quantidade certa e no momento certo para o cliente.

Concluindo, quanto mais pontos de programação existir no fluxo de valor, maior será a chance de ocorrer erros. Parte deste princípio a necessidade de indicar um único ponto no fluxo de valor como processo puxador para receber a programação do controle de produção (NAZARENO, 2008).

Regulada por um processo puxador, a produção puxada em um fluxo de valor, apresenta uma ampla vantagem sobre o modo de aplicações padrão dos *softwares*: os funcionários podem notar e reagir mais velozmente à dinâmica mutante da produção, quando o controle de produção está no chão de fábrica. Não existem atrasos esperando o processamento noturno (do MRP) ou até que a próxima programação possa ser criada e comunicada ao chão de fábrica. A resposta para o problema pode ser aproximadamente instantânea.

Smalley (2005) propõe dentro desse contexto, as seguintes diretrizes para a escolha de processo puxador:

- Em um sistema puxado de reposição, o processo puxador em quase todos os casos será a montagem final.
- Em um sistema puxado sequenciado, o primeiro processo no início do fluxo de valor é comumente o processo puxador. Entretanto, ele deve permanecer se possível situado mais aquém no fluxo de valor, pouco antes que mais tipos de estoques sejam necessários. É comum nestes acontecimentos, que a instabilidade de um processo faça com que as peças nem sempre cheguem no prazo. Por este ser um problema frequente, precisa-se manter um rígido controle FIFO e sincronizar o fluxo das peças com o *takt time* da montagem final. Oposto a isto,

acaba-se com o velho sistema empurrado sequenciado, e não puxado. Criar um supermercado após o processo em questão seria uma solução intermediária para simplificar o problema. Logo após, a primeira etapa para nivelar a produção no processo puxador é trocar o volume de produção irregular por uma produção nivelada em termos de quantidade produzida por turno no processo puxador. Para esta ocorrência, faz-se necessário a criação de células de fluxo contínuo funcionando conforme o *takt time* e as operações padronizadas. De outro modo, as células precisarão operar com horas extras, ou interromper suas atividades mais cedo, caso a demanda do cliente aumente rapidamente por vários dias ou diminua de forma abrupta para um nível menor. Com a variação do *takt time* em decorrência da mudança da demanda ao longo prazo, é importante que as células produzam um nível constante sempre que estiverem operando e mantenham este nível (NAZARENO, 2008).

A segunda etapa está em nivelar o *mix* de produção reduzindo o tamanho dos lotes produzidos para cada item nas células, com base na melhor reflexão sobre a quantidade real solicitada pelos clientes em seus pedidos diários de entrega. A eficiência pontual em cada etapa do processo do fluxo de valor, alcançada por meio de grandes lotes para evitar os problemas de *setup* e perda de produtividade, tende a produzir uma ineficiência do sistema muito maior na forma de estoques onerosos, necessidade de espaço, urgência por peças em falta e custos administrativos (NAZARENO, 2008).

## **CAPÍTULO 3**

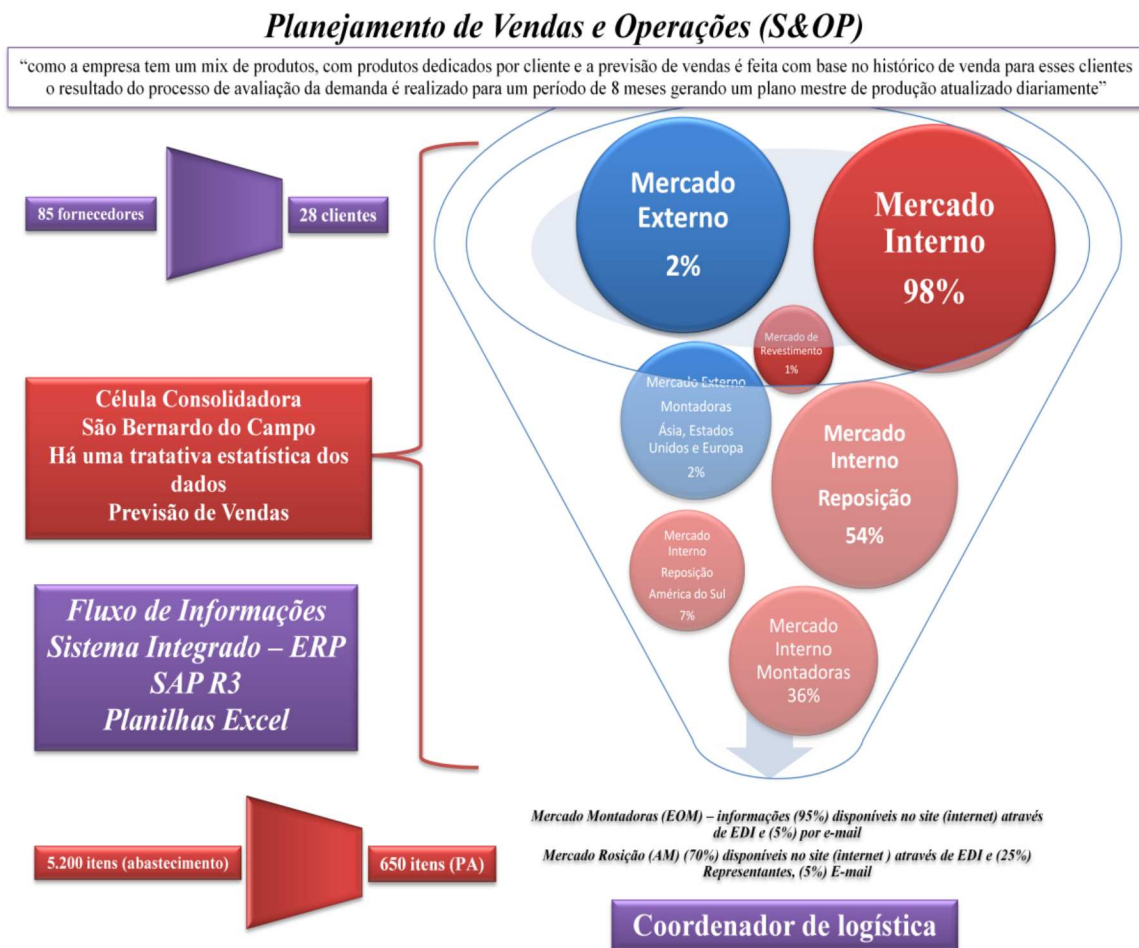
### **SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO**

#### **3.1 Introdução**

Surge na Alemanha em 1895, a Fichtel & Sachs, fundada por Karl Fichtel e Ernst Sachs, com o propósito de oferecer rolamentos e cubos. Com os avanços revolucionários tecnológicos, seus fundadores perceberam grandes oportunidades na indústria automobilística. Em 1937, a hoje renomada montadora Mercedes já utilizava em seus veículos, amortecedores e embreagens Sachs.

No Brasil, a Sachs começou suas atividades em 1953, tornando-se a primeira fornecedora de embreagem para as recém-chegadas Ford e Volkswagen. No ano de 2001, mais precisamente no mês de novembro, a Sachs é adquirida pelo grupo ZF *Friedrichshafen*, líder mundial no fornecimento de sistema de transmissão e tecnologia de chassis. A organização passa então a chamar-se ZF Sachs. Com essa transição, o grupo, passa a reunir então, numa só organização, o que há de mais avançado em tecnologia automotiva. Presente em 16 países, onde mantêm 21 unidades fabris, a ZF Sachs mantém em seu quadro atualmente, mais de 10 mil colaboradores.

Hoje a ZF Sachs conta com unidades fabris em São Bernardo do Campo e Araraquara, ambas no estado de São Paulo. No segmento de fornecimento de sistema de transmissão, detém o Centro de Desenvolvimento de Materiais de Fricção (revestimentos de embreagem), que atua como centro mundial de competência para o grupo ZF Sachs. A unidade brasileira é uma das poucas no mundo com tal autonomia. Atualmente, a ZF Sachs Brasil, fornece seus produtos para as principais montadoras, acumulando inúmeros prêmios outorgados pela mesma, além de certificados de qualidade emitidos por organizações credenciadas. Por se tratar de uma empresa fornecedora de 25 montadoras no mercado nacional, o que corresponde a 36%, de acordo com a Figura 3.1, a dinâmica enfrentada pelo departamento de planejamento e controle da produção da empresa, definido na estrutura organizacional da empresa como departamento de logística, é complexa.



**Figura 3.1 – Cenário de Atendimento à Demanda da Empresa Objeto de Estudo**

**Fonte: Próprio autor**

Essa complexidade se dá pela volatilidade dos planos de atendimento estabelecidos pelas montadoras.

Há um planejamento de vendas e operações (S&OP – *Sales and Operations Planning*) baseado no *mix* de produtos dedicados por cliente a partir de uma previsão de vendas para esses clientes, para um período de 8 meses disponibilizando um Plano Mestre de Produção que é atualizado diariamente.

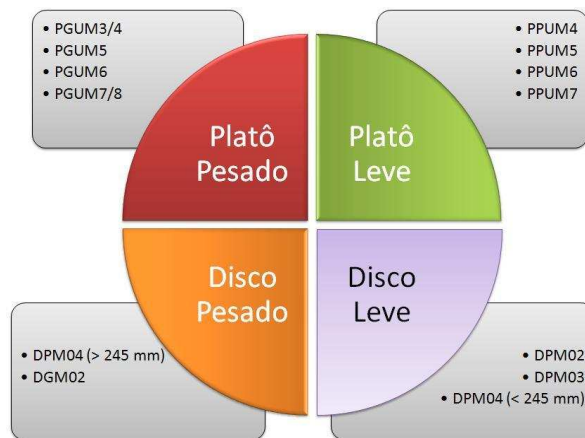
A empresa atende a partir da sua produção, 2% do mercado externo, Ásia, Estados Unidos e Europa, e 98% do mercado interno dividido entre:

1. Mercado de revestimento 1%.
2. Mercado de reposição América do Sul 7%.
3. Mercado Montadoras 36%.
4. Mercado de reposição Brasil 54%.

Contudo, há um *mix* de 650 produtos acabados com uma cadeia de abastecimento de 5200 componentes diferentes, o que caracteriza um sistema de planejamento e controle da produção bastante atuante no processo de atendimento à demanda e estratégico da empresa, responsável pelo atendimento do prazo de entrega e das quantidades a serem atendidas.

Com o propósito de estudar esse modelo, a presente dissertação teve como foco principal, a unidade da empresa localizada na cidade de Araraquara, montadora do conjunto de transmissão (embreagem), o qual representa o produto acabado fornecido pela empresa ao mercado.

Essa unidade monta platô e disco de repartição leve, platô e disco de repartição médio, platô e disco de repartição pesado a partir de células de manufatura repetitivas e semirrepetitivas dedicadas de acordo com a Figura 3.2.



**Figura 3.2 – Divisão dos Produtos Acabados por Grupo de Células de Manufatura Repetitiva Dedicadas**

**Fonte: Próprio autor**

Com esse propósito, o autor do presente trabalho realizou uma pesquisa descritiva do sistema de planejamento e controle da produção da empresa a partir das informações e dados coletados de profissionais da empresa em áreas envolvidas e relacionadas nos procedimentos executados pelo sistema de planejamento e controle da produção, de acordo com a Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 – Colaboradores da Empresa. Fonte: Próprio autor.**

<b>Código</b>	<b>Colaborado</b>	<b>Área</b>	<b>Sub área</b>	<b>Função</b>
(1)	ZF Sachs	Logístic	Expedição	Coordenado
(2)	ZF Sachs	Logístic	Expedição	Supervisor
(3)	ZF Sachs	Logístic	Planejament	Planejador
(4)	ZF Sachs	Logístic	Planejament	Coordenado
(5)	ZF Sachs	Logístic	Controle de	Supervisor

### **3.2 Sistema de Informação da Empresa (PCP)**

A pesquisa é descritiva do fluxo de informações da empresa do sistema de planejamento e controle da produção, realizada a partir de entrevistas e material coletado na empresa (em torno de 28 horas de entrevista). A descrição das entrevistas do fluxo de informação é apresentada no item 3.2.1.

#### **3.2.1 Colaborador (4) ZF Sachs – Coordenador de logística**

##### **3.2.1.1 Caracterização da demanda atendida pela empresa**

**Objetivo da entrevista:** descrever o fluxo de informações da empresa de acordo com a visão do coordenador de Logística e com o propósito de validar também, nesse contexto, questões relevantes à atuação da empresa no mercado.

**Questões abordadas:** competitividade e estratégia de atendimento à demanda.

A ZF Sachs Brasil tem sua estratégia de atendimento à demanda baseada em duas estratégias: atendimento à demanda *make-to-order* e atendimento à demanda *make-to-stock*, de acordo com o mercado: (1) interno – montadoras e reposição (*make-to-order* e *make-to-stock*) e (2) externo (*make-to-order*).

Mesmo sabendo que o mercado externo ainda representa uma pequena parcela das transações comerciais da empresa, a ZF Sachs vê este mercado como promissor, pois há nele clientes relativamente potenciais. É importante salientar que os pedidos do mercado externo praticamente não sofrem alterações e apresenta pouca frequência de novos pedidos.

O maior volume comercial da empresa ZF Sachs Brasil se faz no **mercado interno**, onde hoje são atendidas aproximadamente **25 Montadoras**.

A parte mais representativa do faturamento da empresa em valor monetário e em quantidade é o mercado de reposição (Distribuidores). Os contatos e acordos comerciais com os mercados internos e externos são todos realizados por profissionais fixados na unidade de São Bernardo do Campo em contato direto com os clientes.

O *layout* da planta de Araraquara é composto por 13 células de manufatura dedicadas de acordo com a Figura 3.2 com os respectivos planejadores responsáveis, onde na visão do grupo ZF este é considerado hoje o melhor *layout* para atender com rapidez e qualidade, toda sua linha, que é dividida por família de produtos, a empresa utiliza o conceito de Tecnologia de Grupo. A família de produtos da empresa basicamente se divide em seis grupos, sendo eles: platô e disco de repartição leve, platô e disco de repartição média e platô e disco de repartição pesada. Platô e disco de repartição média são fabricados nas mesmas células de manufatura dedicadas para platô e disco de repartição leve.

Além dos sistemas de embreagens que a ZF Sachs fabrica para as Montadoras e para o mercado de Reposição (Distribuidores), a empresa ainda fabrica e monta Kits – embalagens com platôs e discos caracterizando um produto em que a montagem da embalagem não é realizada na célula de produção e sim em uma área reservada específica. A empresa conta com 85 fornecedores em sua cadeia de abastecimento sendo o principal a ZF Sachs de São Bernardo do Campo. Para o segmento de reposição (Distribuidores) a ZF Sachs Brasil trabalha com base no histórico de vendas, a fim de atender este mercado em 72 horas, pois o mesmo tem uma representatividade de 85% de seu faturamento. Ainda, no segmento de reposição a ZF Sachs Brasil adota o sistema de *input* para atender à demanda de autopeças.

### 3.2.1.2 Estrutura do departamento de logística

A estrutura do Departamento de Logística da ZF Sachs Araraquara é composta de um coordenador logístico e mais 45 profissionais envolvidos entre o processo de planejamento e controle com o propósito de manter as tarefas alinhadas durante a execução no chão de fábrica.

Os profissionais que atuam no controle realizam o monitoramento do inventário diariamente para verificação dos componentes utilizados na produção dos itens fabricados pela ZF Sachs sendo monitorado pelo planejador.

As atualizações dos dados da fábrica são verificadas diariamente a fim de manter o apontamento do andamento das ordens de produção o mais preciso e atualizado possível.

Da equipe dos 45 profissionais do departamento de logística, a estrutura conta com 4 planejadores responsáveis pelo atendimento dos clientes a partir da execução das ordens de produção, de acordo com as famílias de produtos definidas. No controle dos cartões *kanban* disparados na produção pelos planejadores, a equipe conta com 1 estagiário para auxiliar.

O maior fornecedor da unidade de Araraquara é a unidade de São Bernardo do Campo de modo que o fluxo de materiais tem início na cidade de São Bernardo do Campo, caracterizando um ponto crítico no alinhamento entre as duas plantas fabris.

Diariamente no Departamento de Logística da ZF Sachs Araraquara, os profissionais envolvidos participam de reuniões diárias de 30 minutos com o coordenador logístico para discutir problemas que podem eventualmente ocorrer, para tomar as decisões cabíveis e até mesmo modificar o planejamento realizado, para que os planejadores possam deixar o responsável informado dos acontecimentos nas células de manufatura dedicadas, entres outros assuntos pertinentes.

É importante ressaltar que as decisões da empresa ZF Sachs não se fazem simplesmente com base em tentativas desconexas, mas sim em estudos e projetos, uma vez que o grupo é também um dos seguidores das práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing*.



### 3.2.1.3 A validação do plano mestre de produção

A empresa busca aproveitar as inúmeras oportunidades de melhorar a competitividade a partir de iniciativas relacionadas a treinamento da mão de obra para adequação do seu fluxo de produção. Nesse contexto, a equipe responsável pela melhoria contínua estuda, desenvolve e define as estratégias de manufatura para o fornecimento de produtos acabados aos seus clientes no prazo, com baixo custo, quantidade e qualidade desejada. A validação do Plano Mestre de Produção, a partir dos critérios de atendimento definido, busca manter indicadores de acordo com esse padrão.

O processo de elaboração e validação do Plano Mestre de Produção da ZF Sachs é baseado no histórico e na situação do mercado em cada momento para a validação, a ZF Sachs dispõe em seu sistema dados históricos de demanda de um período posterior até 8 meses do ano corrente. Dados esses que recebem o *input* do departamento comercial da ZF Sachs localizado em São Bernardo do Campo.

A partir do contato com os clientes e análise prévia do mercado, o departamento comercial em São Bernardo do Campo envia para a ZF Sachs Araraquara um plano de atendimento com quantidades e prazos definidos por cliente e por produto, para que assim a mesma possa iniciar seu processo de produção, baseado no Plano Mestre de Produção.

Para a elaboração do Plano Mestre de Produção, há relatórios que servem como *input*, com informações de demanda da planta de São Bernardo do Campo, e disponibilizados para a planta de Araraquara. Esse procedimento é realizado sempre no início de cada mês, onde é enviado o plano do mês corrente e a previsão dos 2 meses subsequentes, para que assim os envolvidos possam ter conhecimento de como anda o mercado em atuação. Lembrando como dito anteriormente, que há uma projeção para os períodos posteriores em um horizonte de 8 meses, caso necessário, atualizado frequentemente.

Ao receber o Plano Mestre de Produção, o coordenador do departamento de logística analisa os relatórios e faz os ajustes de volume por *part number*, caso necessário.

Entre o primeiro e o segundo dia que se inicia em cada mês, esse procedimento é realizado com frequência pelo coordenador logístico e os envolvidos no processo, uma análise minuciosa até a versão definitiva do Plano Mestre de Produção do mês corrente e a programação de até dois meses subsequentes para que assim possam ter ideia do que irá ocorrer no médio prazo definindo o plano de execução a ser colocado em andamento e a ser executado na planta.

Os relatórios emitidos pelo sistema, não são relatórios “*standard*” do SAP (sistema ERP da empresa), e sim relatórios customizados para a necessidade da empresa, com *layout* próprio.

Quando se diz customizado, o filtro das informações do banco de dados que o relatório deve trazer é específico para atender alguma necessidade do negócio da organização ou para atender alguma necessidade específica do PCP (Planejamento e Controle da Produção).

Nesse caso, a empresa optou pelo atendimento das suas necessidades, por relatórios semanais por célula de manufatura, mas ainda segundo o próprio coordenador logístico, esse relatório pode ser emitido a partir de uma parametrização específica de acordo com o período de tempo a ser solicitado: mensalmente, quinzenalmente, semanalmente ou diariamente inserindo ainda outras informações pertinentes caso necessário.

Mesmo que o sistema ofereça as informações da demanda, o coordenador logístico vê como importante a revisão, discussão e a validação dele com sua equipe, considerando que a revisão do relatório Plano Mestre de Produção dá à empresa a chance aumentar a precisão do processo de atendimento da demanda a partir da experiência dos planejadores e do histórico de demanda dos produtos por clientes, o que implica em um contato direto com o mercado. A função da mesa consolidadora responsável pelo contato com o mercado é manter o Planejamento e Controle de Produção informado quanto às necessidades do mercado. Os profissionais que compõe a mesa consolidadora operam esse sistema na unidade de São Bernardo do Campo.

Após a análise minuciosa da equipe do Departamento de Logística, o coordenador logístico, valida esses relatórios com o grupo estratégico da empresa envolvendo a mesa consolidadora.

O grupo estratégico é composto pelos coordenadores, gerentes e os diretores de operação. Tudo isso para examinar a necessidades de fazer algo diferente daquilo que foi definido no mês anterior ou nos meses anteriores, sempre que necessário.

Além da verificação do Plano Mestre de Produção, da planta de Araraquara, foram verificadas também, durante os encontros diários da equipe de planejamento e controle da produção as informações fornecidas pela planta de São Bernardo do Campo.

No processo de revisão, cada planejador realiza antecipadamente a análise da célula de sua responsabilidade, pois a partir daí é que o coordenador logístico reavalia e faz o ajuste necessário a partir dessas revisões, considerando o plano de suprimentos e possíveis faltas de componentes.

Apesar de o coordenador logístico envolver para essa etapa toda a sua equipe de planejadores, e demais grupos de colaboradores envolvidos na execução do plano de produção, não existe por parte deles a aplicação de um método específico de trabalho ou o uso de informações detalhadas do sistema ERP da empresa. O processo é realizado a partir das considerações dos próprios planejadores que a partir da experiência e troca de informações entre o grupo e o mercado define os referidos ajustes.

Nesse caso, não há um plano de produção detalhado a partir das necessidades reais do mercado gerado pelo sistema a partir de algum procedimento específico realizado entre as partes, com o propósito de alimentar com informações e dados precisos o ERP eliminando a avaliação do grupo pelo “*feeling*” dos profissionais.

A partir da reunião de consenso do grupo cada planejador age e faz a seu modo o controle das ordens de produção sob sua responsabilidade.

No caso de não haver uma padronização de conduta dos planejadores, muitas vezes o planejador acaba por fazer algo que na visão do próprio coordenador não é necessário, há um esforço maior para atender as necessidades do mercado.

É importante salientar que a mesa consolidadora constituída por profissionais responsáveis pelo contato com o cliente para definição dos mapas de entrega com a descrição dos produtos, quantidades e janelas de entrega avaliam o plano a partir também de projeções estatísticas baseadas em histórico e tendências de mercado realizadas por profissional da própria mesa consolidadora.

Esse procedimento valida em um primeiro momento o Plano Mestre de Produção enviado à planta de Araraquara.

A partir do plano mestre enviado à planta de Araraquara, o coordenador logístico realiza toda a análise com base nesse Plano Mestre de Produção (MPS), elaborado a partir do contato com os clientes e seu histórico de demanda como mencionado. Desse modo, o grupo de colaboradores envolvidos no processo busca avaliar a consistência da demanda dos itens a serem atendidos.

Caso o cliente realmente queira tal quantidade, o MPS não sofre por parte do coordenador ajuste em volume, havendo casos em que a dúvida implica em ajustes para mais ou para menos desde que não haja possibilidade de não atendimento.

Com a referida análise é possível identificar algumas anormalidades no mercado em questão, pois o coordenador logístico percebe que determinados itens são solicitados pelo cliente em períodos alternados, como por exemplo: em um mês ele solicita, no outro não, no outro também não e depois ele requer o produto novamente.

Com tal ocorrência, é percebido que o coordenador de logística considera o item em questão não regular. Com isso, o responsável logístico busca identificar o que está acontecendo para que itens não sejam fabricados na quantidade maior do que o necessário na execução do plano para um momento específico.

Esse procedimento é realizado não somente para minimizar o estoque de produtos acabados, mas também para uma melhor alocação dos recursos de manufatura, uma vez que são escassos e que dois mercados consumidores disputam recursos limitados:

1. **Mercado das montadoras** – a manufatura obrigatoriamente deve atendê-lo de acordo com as janelas de entrega a partir de contratos com multas de não atendimento. Esse mercado apresenta margem de contribuição reduzida.

2. **Mercado de reposição** – a manufatura atende a partir do excesso de capacidade com base na ocupação que a demanda das montadoras requerem. Mercado com margem de contribuição elevada.

Essa condição de mercado exige um balanceamento preciso do atendimento à demanda de modo a manter os mercados descritos atendidos próximo do consumo o mais exato possível.

O balanceamento deve manter a rentabilidade da empresa dentro de padrões que podem ser otimizados de acordo com os limites impostos pelo atendimento desses mercados.

É nesse contexto que a atuação do coordenador de logística é fundamental pela sua experiência complementada pela capacidade de reação da manufatura a partir da eficiência e da eficácia na gestão de processos e atuação eficiente e eficaz do planejamento e controle da produção que se traduzem em um novo conceito: Engenharia de manufatura. Contudo, a Programação da Produção é relevante nesse contexto.

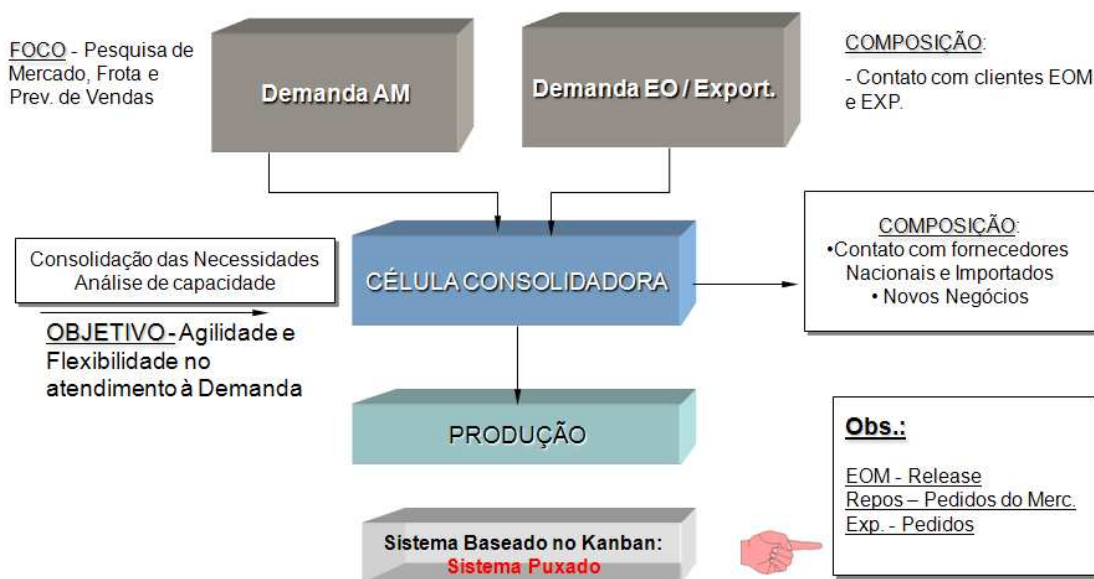
As Figuras 3.3 a 3.13 ilustram o processo descrito pelo coordenador de logística quanto à elaboração do Plano Mestre de Produção com sequência descrita pela Tabela 3.2.

O processo de elaboração e validação do Plano Mestre de Produção deve manter os *inputs* frequentes de informações atualizados em função da dinâmica do mercado de automóveis e da complexidade da cadeia de suprimentos.

**Tabela 3.2 – Figuras da Descrição das Etapas de Elaboração e Execução do Plano Mestre de Produção. Fonte: Próprio autor.**

Figur	Descrição da atividade envolvida
Figur a 3.3	A célula consolidadora é a responsável pela composição do <i>mix</i> por cliente relacionando produtos, quantidades e janelas de entrega.
Figur a 3.4	A partir das premissas do plano, validação do plano de materiais (MRP) e análise com a participação do coordenador de logística, a produção é informada pelos planejadores por meio de cartões <i>kanban</i> .
Figur a 3.5	Detalhamento do plano de produção para o acompanhamento e definição de prioridades.
Figur a 3.6	Relatório de prioridades das montadoras como apoio à função de controle do planejamento.
<b>Input e Feedback do processo de atendimento do mercado de reposição e de</b>	
Figur	Input do sistema de atendimento à demanda do mercado de reposição.
Figur	Plano de atendimento à demanda do mercado de reposição.
Figur	Input do sistema de atendimento à demanda do mercado de exportação.
<b>Plano de produção semanal e diário a partir do Plano Mestre de Produção</b>	
Figur	Plano de produção semanal.
Figur	Plano de produção diário.
<b>Execução do plano de produção e suprimentos</b>	
Figur a	Integração do fluxo de informações do atendimento à demanda com os fornecedores.
Figur	Suprimentos.

## FLUXO DO PROCESSO DE ATENDIMENTO À DEMANDA - SACHS BRASIL



**Figura 3.3 – Fluxo de Informações do Processo de Atendimento à Demanda. Fonte: Empresa ZF Sachs**

Notação adotada pela empresa para identificar a demanda dos Mercados atendidos pela empresa:

- Demanda AM= *Aftermarket* = Mercado de Reposição;
- Demanda EOM = Mercado Montadora;
- Demanda Mercado Exportação.

### PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

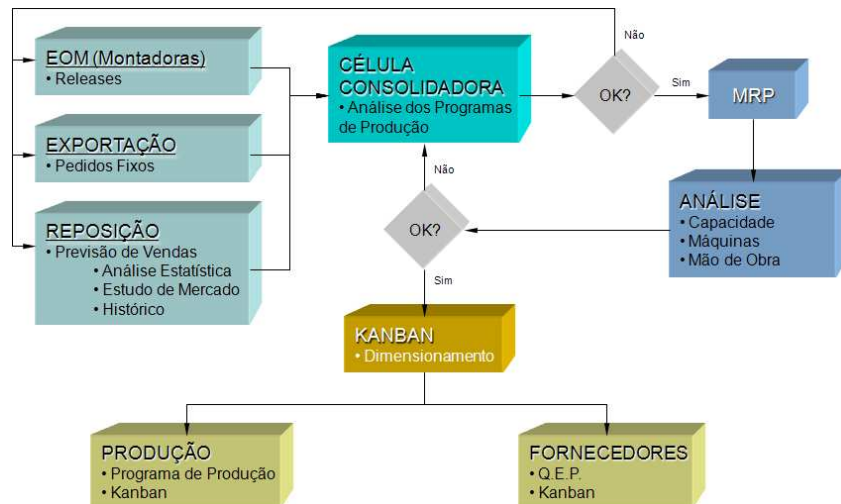


Figura 3.4 – Fluxo de Informações do Planejamento da Produção

Fonte: Empresa ZF Sachs

### PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

EOM (Montadoras) • Releases	Platô Peq.	Jan	media/dia	Fev	media/dia	Mar
			28		28	
EXPORTAÇÃO • Pedidos Fixos	PPUM4	95.200	3400	87.255	3116	94.969
	PPUM5	26.650	952	29.241	1044	28.136
	PPUM6	27.989	1000	40.725	1454	41.961
	PPUM7	63.811	2279	104.087	3717	109.529
REPOSIÇÃO • Previsão de Vendas • Análise Estatística • Estudo de Mercado • Histórico	TOTAL	213.650	7630	261.308	9332	274.595
	Platô G.	Jan	media/dia	Fev	media/dia	Mar
			23		23	
	PGUM3	2.203	96	6.136	267	5.149
	PGUM4	6.527	284	9.193	400	9.034
	PGUM5	7.276	316	11.238	489	11.934
	PGUM6	6.671	290	7.047	306	7.438

Base de dados Relatório ZBPP01

Tipo de Kanban : Todos		Centro : 7904		Data Base : 15.01.2010											
Linha Produção : 09M03															
Dados Materiais	Pr. Venc.	11/01/10	18/01/10	25/01/10	01/02/10	08/02/10	15/02/10	22/02/10	01/03/10	08/03/10	15/03/10	22/03/10	29/03/10	05/04/10	12/04/10
099862025001A1	CONJ. DISCO 180VTB	Ref. Comerc. : 0 03-429													
Estoque Real		Tipo de Kanban : K													
Qtd. Dispon.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Necessidades		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Tot. Necess.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ordem Planej.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Total Ordens		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
099862025001B0		Ref. Comerc. :													
Estoque Real		Tipo de Kanban : K													
Qtd. Dispon.		46	46	46	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Necessidades		0	0	0	29	583	583	583	583	583	583	583	583	583	583
Tot. Necess.		0	0	0	29	583	583	583	583	583	583	583	583	583	583
Ordem Planej.		0	0	0	0	566	583	583	583	583	583	583	583	583	583
Total Ordens		0	0	0	0	566	583	583	583	583	583	583	583	583	583

Figura 3.5 – Detalhamento do Planejamento da Produção

Fonte: Empresa ZF Sachs



## Relatório de prioridades Montadoras


Programação Ford					Programação GM							
Peça Ford	Produto	16.06.08	18.06.08	20.06.08	23.06.08	PROGRAMAÇÃO MONTAGEM DE MOTORES GMB e GMA						
<b>Taubaté</b>												
XS61 7540AB	009000061001C2	0	0	0	0	PEÇA	Nº GMB	REMESSA	MOTOR	ATRASSO	17.06.08	19.06.08
XS61 7540CA	009000068001C2	0	0	0	0	009082180000X1	93260529	7911100303			2.160	
2S65 7540DA	009000150001C2	990	1.815	1.320	1.485	081878001988X1	93399200	7911101546	1.0/EXPORT		984	
5N15 7540AA	BA3000000219C2	495	990	825	825	081878001988C4	93399200	7911101348				
7S45 7540AA	BA3000000357C2	165	495	330	330	009082180000C4	93260529	7911100023	1.0 CELTA	3.157	2.002	1.001
<b>Cargo</b>												
4C45 7502AA	133488000069C2	104	0	0	128	073082000471C4	93348548	7911101585				
4C45 7502BA	153488000070C2	80	0	0	128	101878002410C4	93348549	7911101586	1.4 FLEX	616	385	231
4C45 7502CC	183488000071C2	112	0	0	144	009082035000C4	93285967	7911100024		240	240	120
<b>CKD</b>												
XS61 7540AB	009000061001C2	0	165	0	0	201878002296C4	93344744	7911101739	S.10 FLEX 2.4	360	240	120
2N15 7540CB	009000101001C2	0	0	0	0	009862522001C4	93310426	7911100875				
5N15 7540AA	BA3000000219C2	0	1.690	0	0	073082000471C4	93348548	7911101585				
5S45 7540AB	BA3000000245C2	0	550	0	0	101878003559C4	94701554	7911101834	MONTANA 1.4	1.463	924	462

Figura 3.6 – Lista de Tarefas a partir das Prioridades das Montadoras

Fonte: Empresa ZF Sachs

## Atendimento AFtermarket

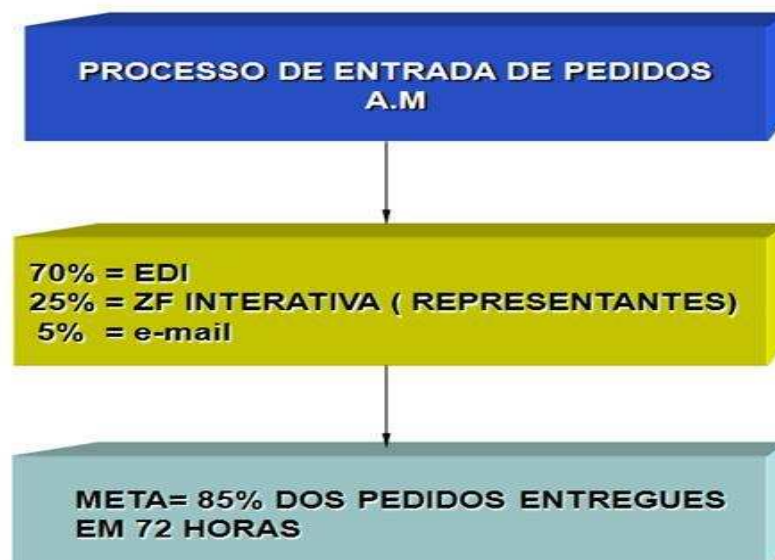


Figura 3.7 – Input do Sistema de Atendimento à Demanda do Mercado de Reposição

Fonte: Empresa ZF Sachs



## Carteira de Pedidos *Aftermarket*

CARTEIRA X ESTOQUE															
Setor:	Desc. Grupo	Material	Ref:	Neg.Desde	Est Tot	Est Disp	Programa	Entregue	Saldo	%	Qtd Cred	Qtd Fat	Qtd Pre Ft	Cart Ft Mês	Cart Fut
Pes	DISCOS	491862176108A1	5389	29/12/2009	6	-2	150	150	0	100%	0	4	4	0	49
Pes	CONJ/KITS	003000000123A1	6079	29/12/2009	38	-1	120	121	-1	101%	0	22	17	0	0
Pes	CONJ/KITS	BA3400000657A1	6580	29/12/2009	2	-71	20	20	0	100%	0	71	2	0	1
Pes	PLATOS	009482018104A1	1201		77	68	150	135	15	90%	0	5	4	0	175
Pes	PLATOS	009482273000A1	1273		13	13	90	90	0	100%	0	0	0	0	68
Lev	PLATOS	0098082014000A1	1278		136	136	150	145	5	97%	0	0	0	0	25
Pes	PLATOS	009482176001A1	1324		29	27	120	120	0	100%	0	2	0	0	20
Pes	PLATOS	009482275000A1	1469		24	23	50	50	0	100%	0	0	1	0	31
Pes	PLATOS	009482274000A1	1470		46	43	70	70	0	100%	0	3	0	0	184
Pes	PLATOS	009482060300A1	1512		73	69	80	80	0	100%	0	0	4	0	177
Pes	PLATOS	009482100203A1	1553		148	139	80	80	0	100%	15	0	9	0	212
Pes	PLATOS	423483000057A1	1979		3	3	10	10	0	100%	0	0	0	0	4
Pes	DISCOS	009861043001A1	5414		83	8	420	420	0	100%	0	55	20	0	5
Lev	DISCOS	009862407001A1	5488		280	158	420	390	30	93%	5	106	16	0	9
Pes	DISCOS	009862433001A1	5559		171	161	200	200	0	100%	5	9	1	0	57
Pes	DISCOS	009862512001A1	5684		92	41	120	120	0	100%	0	27	24	0	0
Lev	CONJ/KITS	BA3000000217A5	6053		758	722	800	785	15	98%	0	6	30	0	39
Lev	CONJ/KITS	BA3000000250A5	6105		443	323	610	545	65	89%	20	66	54	0	340
Pes	CONJ/KITS	009000035001A1	6106		317	311	610	524	86	86%	10	2	4	0	116
Pes	CONJ/KITS	009000036001A1	6171		69	37	500	442	58	88%	30	24	8	0	27
Pes	CONJ/KITS	BA3400000654A1	6185		16	12	50	50	0	100%	0	2	2	0	0
Lev	CONJ/KITS	003000000113A5	6267		1.996	1.721	7.000	6.008	992	86%	0	140	135	0	288
Pes	CONJ/KITS	009000016001A1	6294		1.024	1.012	1.220	1.217	3	100%	0	4	8	0	44
Lev	CONJ/KITS	003000000050A1	6329		74	58	90	90	0	100%	0	12	4	0	10
Pes	CONJ/KITS	BA3400000672A1	6358		58	53	110	94	16	85%	100	0	5	0	197
Pes	CONJ/KITS	BA3400000798A1	6382		242	238	180	181	-1	101%	6	0	4	0	295
Pes	CONJ/KITS	009000125001A1	6553		491	480	570	571	-1	100%	0	2	9	0	35
Pes	CONJ/KITS	003000000137A1	6585		80	59	110	111	-1	101%	0	15	6	0	37
Lev	CONJ/KITS	BA3000000226A1	6671		107	101	130	130	0	100%	4	1	5	0	15
Lev	CONJ/KITS	009000516001A1	9072		29	23	130	128	2	98%	20	2	4	0	40

Figura 3.8 – Plano de Atendimento à Demanda do Mercado de Reposição

Fonte: Empresa ZF Sachs

### Atendimento Exportação



Figura 3.9 – *Input* do Sistema de Atendimento à Demanda do Mercado de Exportação

Fonte: Empresa ZF Sachs

# Programação Semanal



Programa Semanal

CÉLULA		DPM4		001917104125		Mês: An		11		Data		12/2010 12.06						
REF.	CÓDIGO	MC	FROGR.	Saldo Progr.	UNID. PROD.	SEMI	TOR	QTD	SEX	SAD	Total Programado	Montagem Disponível	Componentes					
						SEMI	TOR	QTD	SEX	SAD			SEMI	TOR	QTD	SEX	SAD	
5416	009161043001	A1	46	46	290 C3						496	510	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4103		BB	0	0						HW			0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
FORD													0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
CUM													0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5478	009162406001	A1	0	0	290 CB						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5488	009162407501	A1	25	25	250 CB			20			116	32	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0				06					0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5264	009162410001	A1	0	0	290 CH			007			504	264	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4561		BB	0	0				197					0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5291	009162410051	A1	0	0	325 CH						20	134	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4028		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5291		JJ	28	28									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5291	009162411002	RD	24	24	265 CB			254			254	93	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5291		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5402	009162416001	A1	0	0	255 CB						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5402		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5307	009162419003	RD	0	0	175 TH						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5307		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5407	009162423001	A1	0	0	290 CB						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5407	009162425001	A1	0	0	290 CH			318			318	56	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
5405	009162429002	A1	0	0	255 CPB						80	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129	009162433001	A1	0	0	290 CB						544	400	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129	009162435002	A1	0	0	265 CH						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129	009162446001	A1	0	0	325 CH						0	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129	009162449001	A1	0	0	250 CH						142	0	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129		BB	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000
4129	009162450001	K7	0	0									0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000	0010000000

Figura 3.10 – Plano de Produção Semanal

Fonte: Empresa ZF Sachs

Base para programação diária – Transação MF60  
Disponibilidade de Materiais

Total neces.										
D.	Status	Cen.	Material	De...	QtdNe...	Estoque ...	Q.	Txd	Breve	Material
7904	003017014025	4433	15.000	195.191	0	REBITE			6 X 9.4	
7904	003017042025	4433	15.000	139.557	0	REBITE				
7904	003018000002	4433	5.000	8.045	0	ANEL DE ARTICULACAO				
7904	003030000004	4433	30.000	65.555	0	MOLA DE RETROCESSO				
7904	003032079100	4433	5.000	6.349	0	CARACA				
7904	009002165099	4433	5.000	9.362	0	PLACA DE PRESSAO				
7904	009010004000	4433	30.000	234.716	0	REBITE DA MOLA MEMBRANA				
7904	009027165102	4433	5.000	4.947	53	MOLA MEMBRANA				

### Programa Diário

FG UM 3/4											
Programa Diário - 566											
Seq.	Saldo	Produto	Merc	QK	MK	Qtd.	Qtd./ Hora	Total	Início	Fim	Data início
01		009482060304	C7	8	40	38	33	1:00:00	1:26:22	14:20:00	15:46:22
02			AA	3	25	75	33	1:00:00	2:50:27	15:46:22	18:36:49
03		153482000265	C7	3	40	120	33	1:00:00	4:32:44	15:20:00	19:52:44
04	500	153482131801	A1	5	32	160	33	1:00:00	6:03:39	19:52:44	1:56:22
05	500		AA	8	25	200	33	1:00:00	7:34:33	16:20:00	23:54:33
05		143482012325	F9	1	30	30	33	1:00:00	1:08:11	23:54:33	1:02:44
07	400		A1	3	51	153	33	1:00:00	5:47:44	17:20:00	23:07:44
08	1000		AA	18	30	540	33	1:00:00	20:27:16	23:07:44	19:35:00
09											
10						1.316					
11											
12											

Figura 3.11 – Plano de Produção Diário

Fonte: Empresa ZF Sachs



## Sistema *kanban*

*Painel Kanban*



*Kanban Eletrônico (ZBPK01)*

Monitor KANBAN

Solicitação-F6 Liberação-F7 Processo-F8 Rec. Interno-F9 Rec. Externo-Ctrl+F10 Cancelar-Ctrl+F11

Centro Área de suprimento de Produção			Kanban				Diagn. Super
Material	Total de KB	Qtd. por KB	Disponibilizados	Priorizados	Sólic. Proce. Trans. Erros		
7904 4401 Embalagem KIT 0090020400002 CONJ. PLATO Nº100 012		105,0 PEG	003 003 006	0	0		000
7904 4401E Embalagem KIT - Evento 0200020000001 CONJ. PLATO Nº200 004		105,0 PEG		0	0		000
7904 4401E2 Embalagem KIT - Extra 0090020400002 CONJ. PLATO Nº100 012		105,0 PEG		7	0		000
7904 4551 Espel Montadoras 0090020300001 CONJ. PLATO Nº215 041		100,0 PEG	009 007 025	0	0		000

**100% dos itens internos são movimentados via *kanban* tanto Painel físico, quanto painel Sistêmico**

Figura 3.12 – Execução do Plano de Produção

Fonte: Empresa ZF Sachs

## *Kanban* para Fornecedores

Os cartões *kanban* de componentes, após solicitados, ficam dentro de contenedores no setor de recebimento aguardando a chegada dos materiais dos fornecedores e posterior à conferencia física são recebidos no sistema.

Monitor KANBAN

Solicitação-F6 Liberação-F7 Processo-F8 Rec. Interno-F9 Rec. Externo-Ctrl+F10 Cancelar-Ctrl+F11

Centro Área de suprimento de Produção			Kanban				Diagn. Super
Material	Total de KB	Qtd. por KB	Disponibilizados	Priorizados	Sólic. Proce. Trans. Erros		
7904 4K33 Placa Pequena 0090020000000 PLACA DE PRESSAO 030		300,0 PEG	030 000 000	0	0		000
7904 4K34E Placa Grande - Extra 00900200130 PLACA DE PRESSAO 002		01,0 PEG		0	0		000
7904 4K33E Placa Pequena - Extra 0090020000000 PLACA DE PRESSAO 002		300,0 PEG		0	0		000
7904 4K34E Placa Grande - Extra 00900200130 PLACA DE PRESSAO 001		01,0 PEG		0	0		000
7904 4K34E Placa Grande - Extra 00900200130 PLACA DE PRESSAO 002		01,0 PEG		0	0		000
7904 4K34E Placa Grande - Extra 00900200130 PLACA DE PRESSAO 001		01,0 PEG		0	0		000
7904 4K34E Placa Grande - Extra 00900200130 PLACA DE PRESSAO 002		210,0 PEG		2	0		000
7904 4K34 Placa Grande 00900200130 PLACA DE PRESSAO 010		01,0 PEG	010 000 000	0	0		000
7904 4K34 Placa Grande 00900200130 PLACA DE PRESSAO 010		01,0 PEG	010 000 000	0	0		000
7904 4K33 Placa Pequena 0090020000000 PLACA DE PRESSAO 020		345,0 PEG	020 000 000	0	0		000

**90% dos itens de fornecedores externos são *kanban***

Figura 3.13 – Integração do Fluxo de Informações do Atendimento à Demanda com os Fornecedores

Fonte: Empresa ZF Sachs

É questionável se a análise feita pelo coordenador de logística deve ser realizada para todos os itens correspondentes da ZF Sachs unidade Araraquara ou somente para os itens que apresentam números alarmantes e se a resposta adequada do sistema quanto ao atendimento da demanda consegue ou não manter o mesmo resultado para todos os itens, uma vez que o *mix* de platô e disco é alto. Essa atividade não é da responsabilidade do coordenador logístico e sim das pessoas que fazem esses *inputs*, ou seja, alimentam o sistema. Também é mencionado que o seu envolvimento na realização dessa análise é de caráter proativo.

**Observação:** a revisão do Plano Mestre de Produção recebido da célula consolidadora pelo coordenador logístico deve ser realizada por ele a fim de garantir uma maior precisão do processo de atendimento à demanda, proporcionado pela qualidade dos dados do plano. Caso o coordenador não realize tal revisão pode ocorrer que solicitações a serem feitas à fábrica implique em algum item ser solicitado em quantidade exagerada prejudicando os indicadores da manufatura. Ou até mesmo, podem ser encomendados materiais à área de suprimentos que podem não ser usados, o que irá originar estoque.

Os números apresentados no Plano Mestre de Produção impactam diretamente nos resultados:

- Performance do processo de atendimento à demanda.
- Nível de estoque.

Na dinâmica do setor automobilístico quanto ao consumo de veículos com modelos diferenciados, em vários momentos, é percebido pelo coordenador de logística que a análise do plano de demanda em São Bernardo do Campo, alimenta números ou (dados) que podem sofrer alterações quanto à necessidade real do cliente, uma vez que existe quantidade de determinado item no sistema que acaba não sendo solicitado pelo cliente, havendo distorções ou falta de precisão dos dados de determinados itens.

### **3.2.1.4 Análise do plano mestre de produção por família de produtos**

#### **3.2.1.4.1 Análise no plano mestre de produção da linha disco leve**

A partir do cálculo realizado com base no histórico de demanda pelo Departamento de Logística, é detectado em determinados períodos, que o cliente solicita uma quantidade menor que a quantidade indicada pelo Departamento Comercial.

Contudo, na visão do Departamento, esse número a mais implica em distorção. O coordenador de logística, a fim de garantir o atendimento sem risco de falta, procura manter uma quantidade a mais da ordem de 12% por *part number*.

Defende-se ainda que o motivo para que não seja cortada toda quantidade adicional, é o fato de não poderem iniciar o mês sem itens no estoque, pois caso fizessem isso, não conseguiriam atender seus clientes ao longo do mês corrente.

Apesar de toda a revisão e ajuste realizado pelo coordenador de logística, no caso da ZF Sachs Araraquara, o sistema de coordenação de ordens *kanban* desacelera todo esse programa na grande maioria dos casos e em alguns casos o *kanban* vai restringir a programação a partir do seu dimensionamento prévio e parametrizado no sistema integrado de gestão (SAP/R3) a partir do módulo *kanban* eletrônico. Porém, mesmo ciente que o *kanban* irá restringir as quantidades a partir dos parâmetros do sistema, ele precisa informar a fábrica para realizar o planejado.

Há casos em que ocorre erro na somatória dos números contidos no relatório, o que implica na necessidade de análise criteriosa do Departamento de Logística. Desse modo, além de ser com base no comportamento do mercado, a análise é dividida em etapas. De acordo com a definição da empresa, as etapas compreendem:

- Atendimento da demanda EOM = Mercado Montadora como prioridade 1.
- Atendimento da demanda AM= *Aftermarket* = Mercado de Reposição como prioridade 2.
- Atendimento da demanda Mercado Exportação como prioridade 3.

O mercado *aftermarket* obtém, atualmente, a média de 35 a 40% da demanda da empresa. O coordenador do Departamento de Logística realiza a análise desse mercado no primeiro dia.

Com a abrangência de 60% da representatividade da demanda da ZF Sachs Brasil, o mercado EOM é o que mais possui excesso na definição da quantidade prevista a ser produzido. Esse excesso de produtos em termos de quantidade a serem produzidas, de acordo com o plano de produção definido pela célula consolidadora, deve ser revisto constantemente.

Sendo assim, a não observação dos dados em excesso e os ajustes necessários desses números, pode acarretar na diminuição de participação do mercado de reposição, uma vez que o mercado EOM poderá solicitar, e por fim não levar.

A programação da produção deve apoiar a solução desse problema a partir do uso de um sistema específico de programação, principalmente nas células de manufatura da empresa semirrepetitivas.

A partir das inconsistências detectadas, o Departamento de Logística acabou por desenvolver um modelo de trabalho, o qual consegue identificar rapidamente pela aferição dos dados, os números em exagero relacionados às quantidades a serem produzidas e que podem ser ajustados.

Segundo o coordenador de logística, por meio das atividades de avaliação e revisão dos planos, é possível conhecer seus clientes e traçar o perfil para cada um deles.

Para exemplificar, é usado o cliente montadora Ford como sendo um cliente que normalmente, no plano, tem demanda definida acima da real necessidade pelo fato de em todas as análises e revisões efetuadas, esse cliente é o que mais demonstra incerteza em sua demanda, tornando assim um cliente crítico quanto ao dimensionamento da carteira de produtos a ser atendida.

É importante mencionar que a ZF Sachs monta aproximadamente 6 mil peças por dia somente em uma determinada célula. Sendo essa, uma célula das que apresentam quantidades fabricadas com frequência em excesso, o coordenador de logística explica que para a demanda do mercado de EOM, um estoque de dois dias é o suficiente.

De acordo com o coordenador logístico, deixar uma semana de estoque como solicitado no relatório, deve afetar demasiadamente o indicador WIP, salientando que caso permaneça como solicitado, estaria deixando para uma semana um estoque de 30 mil peças na maioria dos casos em que o excesso é detectado. Contudo, é salientado pelo coordenador logístico que em média 10 mil peças de estoque, atende às necessidades do cliente sem riscos de falta e que esse número é razoável para ZF Sachs manter.

Na realização da análise dos relatórios, o coordenador logístico em função da sua experiência, consegue identificar o item que pode ser considerado novo na programação. Quando ocorre de um item novo aparecer no Plano Mestre de Produção, o coordenador logístico ajusta a demanda e aguarda o departamento comercial validar a programação desse item.

É exemplificado, nesse contexto, um item cuja denominação recebe o código de 307 da célula PSA, onde o responsável explica que o item não fará agenda de programação no momento e que pode dividir sua programação entre o mês corrente e o mês subsequente.

Há casos frequentes de ajuste de demanda pelo Departamento de Logística como, por exemplo, a programação final de um determinado mês de uma célula específica, em que é constatado que a programação da célula é de 203.657 peças e após o ajuste, o programa passa a considerar a necessidade de 182.787 peças, já contabilizado um estoque. Na avaliação do Departamento de Logística, este número é o suficiente para atender tal demanda. É importante ressaltar que o ajuste é de uma única célula com uma diferença para menos de 20.870 peças o que corresponde a 10% de um total de 203.657.

Outro acontecimento a ser relatado é que se torna comum o coordenador de logística apontar nos relatórios, erros na demanda. Há casos em que a demanda do plano do mês seguinte é definida a partir de quantidades a serem produzidas muito altas. “Exemplo de células com 196 mil peças definidas no plano o que caracteriza que o departamento comercial colocou um programa de um mês, somente em uma semana do mês abril”.

De acordo com o coordenador de logística, todo o processo de análise e revisão do Plano Mestre de Produção pela sua equipe, permite aos colaboradores conhecer a origem da demanda com uma visão mais precisa de tudo que irá transcorrer dentro do mês. O planejamento deve permitir ao envolvido, uma visão geral da logística, da planta e do faturamento da empresa.

O coordenador logístico da empresa dispõe de experiência suficiente para avaliar o Plano Mestre de Produção, a fim de identificar prováveis inconsistências dos *inputs* do plano e encontrar os mais diversos erros.

Em uma das falhas encontradas, verifica-se que um simples erro de digitação pode prejudicar a precisão dos dados de entrada do MRP.

A fim de minimizar a imprecisão dos dados o Departamento de Logística utiliza o relatório do Plano Mestre de Produção para identificar clientes que possam estar solicitando demanda muito diferente dos últimos 3 meses em análise.

É percebido, nesse caso, pelo Departamento de Logística, cliente que constantemente nos últimos meses, teve perda de demanda e que foi significativa. O que após analisar, pode ficar constatado, é que o departamento comercial colocou o programa de um mês em outro e assim sucessivamente nos meses subsequentes em análise. Dessa análise é que o Departamento de Logística percebe então, que isso se refere a um erro de digitação e reforça a imprecisão da informação o que prejudica o nível de acerto do planejamento de materiais realizado pelo MRP, do sistema integrado SAP R3.

Em todo o contexto dessa observação, o coordenador de logística leva em consideração o número de dias úteis correspondentes aos meses em análise. Onde um mês é menor que o outro em relação aos dias úteis, não podendo assim ter uma programação maior em um mês e menor no outro em relação aos dias de trabalho.

O autor do presente trabalho constata que a revisão dos relatórios divide-se em 3 momentos. Porém, cada momento recebe a mesma importância de atenção, detalhamento e parametrização. Os momentos em que a revisão é realizada são:



1. Análise e revisão por célula – os envolvidos no processo analisam e revisam:

- a capacidade programada para a célula;
- a capacidade real da célula;

2. Análise e revisão por mercado – se subdivide em:

- Mercado EOM (montadora) – os responsáveis pelo processo analisam e revisam a(s) demanda(s) dos clientes. Sempre com maior atenção àqueles clientes que na visão da empresa são considerados clientes críticos. Onde para tal, a demanda apresenta uma produção com demanda instável.

**Observação do coordenador de logística:** “O Departamento Comercial faz *input* com muita diferença do real solicitado pelos clientes”.

- Mercado AM (reposição) – análise e revisão de acordo com o mesmo procedimento realizado para o mercado montadora. Porém para o coordenador de logística, não há alterações críticas, uma vez que a ZF Sachs não atende em 100% sua demanda.
- Mercado Exportação – esse mercado não tem alterações significativas em função de:
  - a. frequência do pedido;
  - b. o fato de disponibilizar pedidos sempre na 2º quinzena de cada mês.

3. Análise e revisão por componentes – após os ajustes efetuados nas etapas anteriores, é realizado o plano de suprimentos de componentes. O coordenador de logística em conjunto com o setor de compras (responde à logística) realiza o ajuste da aquisição da matéria-prima e componentes, uma vez que cabe ao setor de compras definir a demanda dos componentes junto aos fornecedores.

O coordenador de logística relata que a customização do SAP no atendimento das necessidades da empresa quanto ao fluxo de informações de todo esse processo garantiu aos envolvidos a agilidade e a facilidade de conhecer o estado crítico dos cenários de atendimento à demanda permitindo maior rapidez no processo de tomada de decisão.

No processo de revisão do Plano Mestre de Produção, o coordenador de logística afirma que sua experiência inibe sensivelmente a possibilidade de erros no atendimento sem excesso de estoque. Isto permite entender os números do relatório a partir de critérios coerentes com o comportamento da demanda de cada cliente. Contudo, as empresas falham por não darem a devida importância ou ignorarem a revisão do Plano Mestre de Produção.

Nesse contexto, segundo o Coordenador de Logística, é comum empresas forçarem a capacidade da produção sem necessidade, gerando assim estoques desnecessários e para completar, ainda alocam espaços físicos para armazenarem a produção desnecessária (superprodução).

Na visão do coordenador de logística, ignorar a revisão do Plano Mestre de Produção reflete diretamente em todo programa de produção da fábrica, e os erros gerados impactam em custos desnecessários.

O autor do presente trabalho identifica que, como os clientes EOM (montadoras) exigem mais da ZF Sachs no que se refere à produção envolvendo prazos e quantidades, quando o coordenador de logística relata sobre produzir além do necessário, envolve esse mercado.

Ignorar os números do Plano Mestre de Produção pode fazer com que a ZF Sachs produza além do necessário uma vez que o mercado EOM (montadora) normalmente retira quantidades menores do que o solicitado no Plano Mestre de Produção na maioria das vezes. Caso isso ocorra, a empresa deixará de atender o mercado de reposição que é mais rentável, pela falta de capacidade produtiva.

O coordenador de Logística reconhece que tem problemas de dados precisos nos relatórios, e diz ainda que os problemas, já foram maiores e piores.

A equipe do Departamento de Logística já corrigiu muito dos erros em conjunto com o departamento comercial quanto ao plano de atendimento à demanda, e que hoje analisa junto com eles o plano realizando ajustes em conjunto.

Porém, os números do supermercado da empresa não são tão ruins quantos outros supermercados operados por empresas do setor automotivo.

É também demonstrado nesse processo, que entre os departamentos: comercial e logística há forte integração para analisar os dados previamente antes de disponibilizar para a produção.

O coordenador de logística e sua equipe normalmente levam 2 dias para analisar o Plano Mestre de Produção em conjunto com o departamento comercial da empresa.

#### **3.2.1.4.2 Análise no plano mestre de produção da linha disco pesado / intermediário**

Nesse caso, a análise e a revisão do coordenador de logística em conjunto com um dos planejadores sênior, da demanda do mercado AM na semana 29 do ano de 2010, permitiram ao autor da presente dissertação identificar problemas de parametrização do sistema de informações da empresa.

O diálogo entre o coordenador de logística e o planejador sênior prossegue onde o coordenador de logística diz ao planejador sênior que teoricamente o que ficou de AM na semana 29 é do mês 4 (abril), ou seja, do mês seguinte naquele momento. O coordenador de logística explica para o planejador sênior o problema identificado por ele.

O sistema não tem nenhum registro de produto acabado na semana do dia 29, caso também não tenha quantidade solicitada para montagem do *kit*, o planejador sênior deve cuidar da família de produto intermediário, que se houver demanda deve ser do mês de abril.

O coordenador de logística explica para o planejador sênior que caso isto esteja ocorrendo, o sistema está considerando a programação do mês seguinte no mês atual.

Terminada a verificação por parte do planejador sênior, é constatado que realmente o mesmo não fez *input* daquela programação. Após a confirmação por parte do planejador sênior, o coordenador de logística solicita que ele reajuste, zerando os números que aparecem naquela semana, por se tratar de um erro no sistema e o coloque no mês correto, ou seja, o mês de abril.

O coordenador de logística solicita ao planejador sênior que ele cuide da célula de disco leve e que verifique sua planilha, pois encontrou anormalidade na referida célula DPM2. Em seguida o planejador sênior, diz que tem excesso de dados no relatório.

O coordenador de logística relata que o problema encontrado é de parametrização.

O problema de parametrização relatado pelo coordenador de logística implica no fato do sistema de informações da empresa importar a demanda de uma semana para a semana anterior tanto para o mercado de montadoras quanto para o mercado de reposição AM. É constatado que em alguns casos a parametrização do sistema causa essa falta de precisão dos dados, o que acaba por anteceder uma semana da outra a programação.

O coordenador de logística relata ainda que a revisão que sua equipe está fazendo no sistema integrado SAP R3 pode ser realizada no próprio sistema por meio de relatórios, migrando os dados do sistema para o Excel. Porém ele com a sua equipe preferem fazer uma análise mais crítica dos números e assim obterem maior precisão dos resultados. Comenta ainda que, caso tenha condições de fazer a referida análise crítica, é melhor para a empresa.

O coordenador de logística segue fazendo a revisão e ajustando a planilha, nela são realizadas diversas correções ou ajustes nas quantidades solicitadas à produção para cada grupo de família de produtos e componentes.

Percebe-se que o trabalho de revisão é realizado com detalhes, onde o coordenador de logística percorre toda a cadeia de suprimentos pela qual o componente e ou produto passa ao longo da fábrica.

A planilha de revisão identifica a quantidade que um determinado cliente está solicitando e o que a fábrica ZF Sachs colocou no plano mestre de produção. A diferença é de 8.000 peças para um determinado item e mais de 20.000 peças para outro item. O coordenador de logística se surpreende e comenta que algo errado acontece com os números identificados.

O coordenador de logística identifica nesse caso o mesmo problema do caso anterior, onde a parametrização antecedeu uma retirada para o mês anterior.

O coordenador de logística ainda mostra que o programa de produção do platô que ele está olhando no momento, faz parte do programa de disco, e salienta que após esta análise, eles agrupem tudo (toda a programação de platô e disco) e coloquem no mês corrente (março) enfatizando que é isto que a equipe está fazendo todo o mês.

O coordenador de logística mostra ainda na planilha do Plano Mestre de Produção ao autor do presente trabalho, que alguns itens, a equipe acabou de revisar, outros estão corretos e mostra também que ainda têm outros itens a serem analisados.

É importante ressaltar que para as demais famílias de produtos é realizado:

1. Análise no Plano Mestre de Produção da linha disco pesado / intermediário.
2. Análise no Plano Mestre de Produção da linha platô pesado.
3. Análise no Plano Mestre de Produção da linha platô leve.

Os problemas relacionados à precisão dos planos de produção a partir da análise do coordenador do Departamento de Logística e de sua equipe são os mesmos para todas as famílias de produtos da empresa, com exceção da família da linha platô pesado identificado como item 2 acima.

O fato é que embora ocorra inconsistência de dados no *input* de demanda pelo departamento comercial no sistema o que se soma a problemas de parametrização, o procedimento de trabalho adotado pelo planejador sênior para essa família assegura, a partir da correção e ajustes realizados pelo planejador, a precisão esperada, a qual é garantida pela supervisão do coordenador de logística.

É possível identificar nesse ponto que as atividades a serem realizadas pelos planejadores devem ser padronizadas e que o padrão de trabalho do planejador sênior da linha platô pesado deve ser adotada como referência para a equipe.

#### **3.2.1.4.3 Problemas na planilha do plano mestre de produção.**

O planejador sênior (cuida da linha intermediária – nível de componentes da estrutura de produto) traz para a revisão um item que aparece na programação com atraso de 150 peças e comenta que o referido item apareceu com 2 programas em atraso. O planejador ainda realça que para tal item, não existe atraso e sim a programação normal do mês corrente.

É importante destacar nesse caso, que os envolvidos encontram no sistema dados que podem se tornar inconsistentes dependendo da interpretação, em função da parametrização, no momento de gerar os relatórios do Plano Mestre de Produção.

O planejador sênior identifica que a demanda dos referidos itens analisados foi apontada pelo departamento comercial e que de acordo com a planilha, a demanda do dia 22 de dezembro está em atraso, embora o mês vigente no momento da análise é março.

Nesses casos, o planejador sênior verifica com a colaboradora do departamento comercial em São Bernardo do Campo o que está acontecendo. O planejador sênior ainda aponta para o coordenador de logística o caso do disco que no começo do mês anterior tinha um programa para este item de 1500 peças para o fechamento do mês e quando foi fazer o fechamento programado, o item estava com 507 peças a menos no programa e que essas 507 peças a menos apareceram naquele momento.

Posteriormente ao ocorrido, o planejador sênior diz ao coordenador de logística que vai verificar o programa de exportação da fábrica inteira, pois assim ele terá certeza do programa que está trabalhando. Em seguida, o coordenador de logística pede que o referido planejador sênior ligue para o departamento comercial em São Bernardo do Campo e questione sobre o que está sendo inserido no programa quanto à demanda do Plano Mestre de Produção para os casos identificados, pois o mesmo está causando distorções

na estrutura dos produtos e impactando negativamente por toda a cadeia de suprimentos. Ainda solicita ao planejador sênior que após o contato com o departamento comercial, o avise para que assim possa ficar informado sobre o assunto em questão.

### **3.2.1.5 Distorções do fluxo de informações do planejamento e controle da produção**

A revisão do planejador sênior a partir dos problemas identificados anteriormente com o coordenador de logística da ZF Sachs em São Bernardo do Campo identifica inconsistências no fluxo de informações entre as unidades a partir dos *inputs* do departamento comercial da empresa. Contudo, deve conduzir o processo de aferição do sistema junto com o departamento de Tecnologia da Informação (TI) da empresa, a fim de avaliar se as inconsistências ocorrem apenas no *input*, não havendo falhas no fluxo como um todo.

O coordenador de logística da ZF Sachs Araraquara entende que o trabalho braçal de sua equipe quanto a se desdobrarem fazendo a análise do Plano Mestre de Produção, por haver inconsistências na liberação das montadoras, pode ser minimizado uma vez que os erros são grosseiros e podem causar problemas sérios de atendimento à demanda e aumento dos níveis de estoque.

Questões operacionais envolvendo a equipe de São Bernardo do Campo podem também estar ocorrendo por não haver um filtro quanto às solicitações das montadoras a partir de dados históricos e da análise de mercado, podendo insuflar o programa de produção com quantidades irreais acima da necessidade real de consumo.

O coordenador de logística ainda enfatiza que é por isso que a equipe da ZF Sachs Araraquara está identificando tantos erros no programa de atendimento aos clientes. O coordenador de logística ressalta ainda que a equipe do departamento comercial possa estar fazendo *inputs* sem análise prévia e gerando dados imprecisos.

O planejador sênior ainda aponta ao coordenador de logística que a equipe do departamento comercial em São Bernardo do Campo está colocando no sistema demandas com datas de atendimento sem tempo suficiente para a produção produzir.

O planejador continua a comentar que o pessoal de São Bernardo do Campo coloca a programação hoje e diz que precisa da peça hoje. Só que eles, em São Bernardo do Campo colocaram no programa deles hoje, e conseqüentemente sem tempo o suficiente para que a unidade de Araraquara possa atendê-los na data.

### **3.3 Fluxo de Informações**

#### **3.3.1 Pontos relevantes**

A empresa opera com uma projeção de atendimento à demanda de 8 meses com revisão periódica do mês corrente (sempre no 1º ou 2º dia do mês corrente) a partir do Plano Mestre de Produção em execução com projeção revisada de 2 meses à frente.

A partir do Plano Mestre de Produção, o fluxo de informações relacionado à verificação dos componentes e matérias primas necessários à produção dos produtos acabados, a partir da programação da produção a ser realizada, há inconsistências de dados identificados durante o acompanhamento do autor do presente trabalho nas 28 horas de descrição, de acordo com os pontos críticos levantados:

- Inconsistência de datas – há no Plano Mestre de Produção a programação de atendimento à demanda de clientes com datas de atendimento defasadas em 2 meses para menos, ou seja, antecipação de atendimento não compatível com a necessidade do cliente. Exemplo: programação do dia 26 de abril aparece no sistema com data prevista para o dia 26 de março considerando uma data atual de fevereiro do ano corrente. Esse fato implica em sobrecarga de trabalho no período de análise sem visão de priorização em função de prazos equivocados, tanto por parte de clientes quanto por parte da unidade de São Bernardo do Campo que é o principal fornecedor.



- Falta a validação do Plano Mestre de Produção para o grupo de colaboradores envolvidos no processo de atendimento à demanda como plano padrão de atendimento à demanda a ser considerado e termos de quantidade, *mix* de produtos e datas de liberação precisas.
- Essa condição de trabalho gera um problema crônico de atendimento à demanda interno à empresa: programação da produção e planejamento de materiais a partir de um esforço significativo dos planejadores a fim de garantir o atendimento à demanda. Em função da dinâmica do segmento da empresa e da ineficiência do sistema ERP quanto à volatilidade dos dados e planos de produção o sistema não é suficiente para gerenciar a produção quanto aos mapas de atendimento à demanda, havendo a necessidade de uma equipe experiente de PCP. O problema é que a aferição do processo na fase de ajuste e controle é realizada em grande parte manualmente, o que leva muito tempo e exige da equipe uma atuação permanente no controle da execução dos planos de produção.

### **3.3.2 Revisão do plano mestre de produção com o departamento de suprimentos**

A partir da aferição do Plano Mestre de Produção, é realizada uma revisão do nível de estoque de componentes necessário ao atendimento da demanda prevista no plano, a partir da estrutura de materiais dos produtos acabados:

- Revisão rigorosa da equipe de planejadores do coordenador de logística com o propósito de minimizar o estoque e não programar além do necessário sem ter o risco de faltar componentes.
- A partir da revisão rigorosa da equipe de planejadores do coordenador de logística, o responsável pela área de suprimentos em São Bernardo do Campo faz os ajustes necessários das quantidades de componentes a serem adquiridas, para a fabricação dos produtos acabados junto aos fornecedores.

- Há casos de itens com margem de segurança que há quantidade de estoque em excesso. Normalmente a empresa trabalha com uma quantidade definida por componente suficiente para 2 meses de consumo. O nível de estoque fornecido pelo sistema apresenta diferenças com o disponível fisicamente, pelo fato de muitas pessoas da fábrica ter acesso e retirarem componentes para a produção sem o cuidado com o apontamento ou baixa de consumo. O coordenador de logística orienta o comprador componente por componente quanto aos ajustes necessários do nível de estoque a fim de minimizar o nível de inventário, o que implica em postergar entregas em alguns casos e antecipar entregas em outros junto aos fornecedores. É realizado um *follow-up* complemento de suprimentos para os principais componentes.
- Componentes de uso comum em mais de um produto são disputados em função de quantidade não suficiente em alguns casos por problemas diversos como: não entrega pelo fornecedor ou problemas no processo de fabricação do componente, detectados diariamente pelos planejadores. Para esse tipo de ocorrência cabe ao planejador decidir o uso em função das prioridades de atendimento do momento, podendo em alguns momentos haver o risco de parar a produção de uma determinada célula por abastecimento.
- Em função da particularidade descrita, há a necessidade de conhecimento da estrutura de produtos e do sistema de codificação por parte dos planejadores em detalhe e verificação *in loco* por parte dos planejadores mantendo um contato constante e intenso com os fornecedores, principalmente São Bernardo do Campo.
- Em função das restrições quanto à precisão dos dados, a revisão rigorosa do Plano Mestre de Produção realizada pela equipe de planejadores do coordenador de logística é dividida em três fases:
  - 1) Validação das quantidades solicitadas pela célula consolidadora por cliente no Plano Mestre de Produção a fim de manter a consistência dos dados de atendimento à demanda: datas de entrega e quantidades a serem consumidas.

- 2) Validação do planejamento de materiais a partir da estrutura dos produtos, MRP, níveis de estoque e histórico de consumo identificando itens críticos. Toda a orientação para o processo de compra a ser realizado pelo profissional responsável em São Bernardo do Campo é feita a partir da reunião periódica da equipe de planejamento, coordenada pelo coordenador de logística e realizada periodicamente.
- 3) Programação preliminar da produção com ajuste de datas de atendimento a partir de critérios de priorização. Programação preliminar de suprimentos com ajuste de datas de abastecimento da planta a partir das solicitações aos fornecedores que na operação ocorre por meio do disparo de cartões *kanbans*.

O processo descrito exige da equipe uma integração efetiva entre os planejadores e os fornecedores e há a necessidade de se rever os níveis de estoque pelo fato de que alguns componentes têm valor de aquisição alto como, por exemplo, um componente de R\$ 200,00 que caso o estoque atinja um nível de 1000 unidades o valor do inventário pode chegar à R\$ 200.000,00. Valor de inventário de apenas um componente. **Observação:** kanban de disparo deveria ser eventual, como aqui não é, é porque temos um pseudo kanban. Após a equipe do coordenador de logística avaliar e analisar os relatórios, o comprador prepara os pedidos de compra para os fornecedores.

### 3.3.3 Sistema de coordenação de ordens

Devido à frequência dos pedidos das Montadoras, o que implica no processo de reprogramação com certa frequência, a ZF Sachs adota o Sistema de Coordenação de Ordens *kanban* do *Just in Time* para o melhor controle de seus estoques de componentes e de produto acabado.

No sistema Kanban, quem determina a prioridade e o desempate da produção é o sistema computacional definido como *kanban* eletrônico (funcionalidade do ERP SAP R3), pelo fato de que, o sistema de painel não consegue identificar qual *kanban* entrou na faixa de sinalização de atenção (amarelo), primeiro, ou seja, apresenta restrições quanto à precisão dos dados

para se definir as prioridades do momento quanto à execução das ordens de produção. Para tanto, o próprio sistema computacional opera a partir de uma fórmula de dimensionamento do *Kanban*. Fórmula desenvolvida pela área de logística da ZF Sachs.

No processo de abastecimento da cadeia de suprimentos da empresa objeto de estudo, além das operações convencionais, há uma operação específica definida como operação triangular através da qual a ZF Sachs compra os componentes de um determinado fornecedor e os envia para outro fornecedor fazer a montagem de um determinado componente.

Para a operação triangular, o MRP tem uma parametrização diferenciada. Nesse caso o sistema identifica quais são os itens de acordo com a funcionalidade MRP para esse tipo de evento do sistema SAP R3. Um exemplo de componente obtido a partir de uma operação triangular é o código 3432012599 que está no sistema com quantidade zero, pelo fato do MRP não enxergar o estoque que está na empresa subcontratada para realizar um tipo de operação descrita. Para esses casos, é realizada uma análise e um ajuste manualmente das quantidades de estoque existente na empresa contratada.

A falta de visão do sistema nesses casos pode ser considerada como uma falha do sistema, o que implica na necessidade de uma atuação mais efetiva da equipe de planejadores:

- Caso os profissionais do departamento de planejamento e controle da produção não tenham conhecimento das particularidades do sistema integrado, até que possam descobrir tudo o que deve ser verificado nas planilhas eletrônicas, o sistema de manufatura pode entrar em colapso.
- Atualmente grandes corporações que possuem o sistema integrado de gestão SAP R3 apresentam grandes dificuldades de manter o módulo de planejamento da capacidade e de programação de acordo com as suas necessidades na operação, pela falta de funcionalidades específicas e precisão dos dados no fluxo de informações, principalmente pela falta de acuracidade dos dados e deficiência em manter *feedbacks* atualizados. A alta complexidade dos mercados também influencia. Há problemas similares ao sistema da ZF Sachs Araraquara, a diferença na maioria

dos casos é a atuação da equipe de planejamento com ajustes a partir de revisões feitas manualmente como descrito.

Essa descrição torna importante ressaltar que o fato de os pátios em algumas montadoras estarem com muitos veículos prontos para o envio ao distribuidor é porque não fazem a análise detalhada do Plano Mestre de Produção como a equipe de planejamento da ZF Sachs realiza e que essas empresas produzem aquilo que os sistemas integrados de gestão indicam, a partir do relatório gerado na elaboração do Plano Mestre de Produção.

A análise dos planos realizada pela equipe de planejamento implica em um trabalho braçal excessivo, aquém do ideal no processo de execução dos planos e que nem todos os colaboradores estão dispostos a fazer devido à complexidade e tempo que leva.

### **3.3.3.1 Considerações do processo de revisão do plano mestre de produção**

A necessidade de uma revisão detalhada dos dados gerados a partir do processo descrito ocorre em função de particularidades, tais como:

- O plano de atendimento elaborado pelas montadoras pode estar equivocado por dois motivos:
  - 1) Falta de acuracidade dos dados do sistema integrado das montadoras não havendo revisão por parte da equipe de PCP da empresa.
  - 2) Excesso de zelo pelos responsáveis na elaboração do Plano Mestre de Produção das montadoras considerando uma margem de segurança além do necessário e em excesso.
- A célula consolidadora da ZF Sachs não filtra as informações das montadoras a partir de um histórico de consumo ou por excesso de zelo mantém os números com margem de segurança das montadoras sem análise crítica a partir da previsão de vendas realizada pelo departamento da ZF Sachs a partir de modelos estatísticos.

- O balizador da equipe de planejadores do coordenador de logística da ZF Sachs Araraquara são os dados de consumo das montadoras dos últimos meses e uma análise do mercado quanto à vida útil da frota existente nacionalmente a fim de projetar o mercado de reposição.

A análise descrita é pertinente pelo fato das particularidades dos mercados atendidos terem uma característica de volatilidade de dados que, se não forem acompanhados para se estabelecer os critérios de atendimento à demanda no processo de manufatura, acarretam excesso de material em processo que pode não satisfazer a cadeia como:

- A linha leve tem muito mais particularidades, pois as quantidades de itens são maiores e as informações dessa linha são ruins e piores em função da complexidade do mercado.
- Muitas empresas sem a análise prévia mencionada ampliam seus espaços físicos para estocar suas superproduções. A justificativa dessas empresas é que os clientes cortaram alguns produtos que não estavam previstos de serem cortados de acordo com a programação.
- É importante para a equipe de planejamento do coordenador de logística saber quantos motores seu cliente monta por hora em sua fábrica, uma vez que, na ZF Sachs Araraquara, o coordenador pode direcionar as células de manufatura baseado nas informações dos clientes.
- O planejador da linha disco envia os relatórios para o responsável do sistema *Kanban* que auxilia o planejador na análise por mercado.
- Necessidade de células flexíveis – a maioria dos itens montados em uma célula pode ser montada em outras.
- O sistema integrado de gestão SAP R3 auxilia nas amarrações (sinergia no processo) quanto à estrutura do produto desde as matérias primas básicas passando por componentes, pequenos conjuntos e a montagem final do produto acabado gerando informações para o comprador que deve acionar os fornecedores, caracterizando a coordenação do *supply chain* (cadeia de suprimentos) da ZF Sachs.

- É importante salientar que mesmo tendo grupo de células dedicado a determinadas famílias de produtos, há produtos de determinados clientes da linha leve, por exemplo, que no grupo linha leve não pode ser produzido em qualquer uma das células dedicadas a esse grupo, havendo restrição de distribuição de demanda em função do produto na fábrica. Nesse caso o plano de capacidade da célula de manufatura é fundamental, como por exemplo: a célula PP7 tem uma capacidade de 2500 peças por turno enquanto a célula PP4 tem uma capacidade de 3400 peças.

### 3.3.4 Planejamento e programação da produção

A ZF Sachs Araraquara durante a elaboração do planejamento e controle da produção e na execução dos planos tem contato diário com a ZF Sachs São Bernardo do Campo por se tratar do principal fornecedor da ZF Sachs Araraquara.

O processo se dá a partir do *follow-up* realizado pelos planejadores da equipe do coordenador de logística a partir, entre outros procedimentos, do uso de tabelas do sistema integrado como, por exemplo, a tabela BBK 02 do SAP R3 onde, o planejador pode realizar um filtro pelo código do fornecedor, indicando as pendências por fornecedor. O Código 7904 é do *site* da ZF Sachs Araraquara.

Durante esse processo o planejador pode realizar o redimensionamento das quantidades de fornecimento de componentes específico como: o dimensionamento de alguns itens às vezes permanece limitado quando comparado o consumo atual com o nível do estoque existente aumentando o risco da possibilidade de falta no abastecimento das células de manufatura.

Por exemplo, o componente rebite 035201, chega a acabar em alguns momentos. O *follow-up* permite detectar a necessidade de aumentar a quantidade para a ZF Sachs Araraquara de modo a obter segurança do abastecimento e melhor visão de consumo.

Há casos em que o componente substituído por outros para algum produto, como por exemplo: um determinado componente da família de código **13**, pode não ter sido substituído totalmente, algumas montadoras continuam utilizando o componente, mas a demanda pelo componente reduziu. Nesse caso o código 13226 dessa família está dimensionado com 9000 mil peças por mês de consumo. A redução do número de *Kanbans* do código 13 deve ser compatível com a redução da demanda para mais ou menos 9000 (mil) por mês sem considerar os demais itens da família, por exemplo. Já o código 35 com aproximadamente 30.000 (mil) peças por mês de consumo real pode estar com um dimensionamento de consumo previsto no sistema da ordem de 8000 (mil) peças por semana que deve aproximadamente atender a demanda ao longo do mês:  $8.000 \times 4$  (semanas) = 32.000 de consumo mensal. Essa verificação é fundamental para a acuracidade dos dados do sistema e exige um trabalho atuante da equipe de planejamento do coordenador de logística.

Além da necessidade de aferição do sistema, os procedimentos de disparo de *kanbans* pelos planejadores também impacta nesse processo como, por exemplo: se o planejador disparou determinado volume de *Kanban* em uma única vez, nesse caso o alcance dos componentes quanto a suportar um alto consumo em um período muito curto da operação pode causar ao fornecedor problemas de fornecimento de modo que, se o mesmo conseguiu entregar no dia seguinte a quantidade de 5.000 ou 6.000 peças, o que não é suficiente, o mesmo deve redimensionar a programação a partir das orientações dos planejadores envolvendo:

- *Follow-up* junto ao fornecedor União Rebite em São Bernardo do Campo – fornece quase 80% do rebite da ZF Sachs Araraquara.
- Rever itens com muitos *Kanbans* em circulação sendo que em alguns casos trata-se de um item que dispõe de alguma particularidade: tratamento térmico realizado por terceiros. Neste caso, o *Lead time* do item é um pouco maior, isso já considerando o tempo do sistema o que impacta no processo de atendimento à demanda como um todo.



- O dimensionamento da ZF Sachs Araraquara para alguns itens permanece baixo o que dispara um volume muito alto de *kanbans* de uma única vez. Nessa situação, o fornecedor tem um tempo de reação que pode ser suficiente, o que é considerado normal.

Nesse caso, os planejadores redirecionam a programação de produção para que possam esperar uma reação do fornecedor. Isto pode ocorrer desde que não prejudique nenhum cliente da ZF Sachs.

#### **3.3.4.1 Dimensionamento do nível de estoque dos itens**

O dimensionamento do nível de estoque por componente da ZF Sachs é baseado no histórico de demanda do cliente. Verificado o histórico de demanda, os planejadores realizam o cálculo de dimensionamento do *Kanban* por componente para saberem quantos *Kanbans* é necessário colocar na operação sem correr o risco de comprometimento de fornecimento e sem gerar excesso de estoque.

Para o componente rebite, por exemplo, o dimensionamento no momento de uma das verificações estava equivalente ao consumo de uma semana. Porém, o *lead time* dele é maior, com isso, às vezes a equipe ajusta para 10 dias o dimensionamento do item, para que assim, possam manter toda a produção sem o risco de falta, ou seja:

- Uma semana para o rebite é insuficiente, pois o mesmo está muito limitado à quantidade consumida de modo que tudo o que chega de imediato é consumido pela produção.
- O aumento do dimensionamento do *Kanban* para que o fornecedor tenha uma visão antecipada do estoque da ZF Sachs Araraquara, nesse caso, é pertinente. Com o redimensionamento, o consumo do item deixa de ser tão rápido como estava sendo e com isso o fornecedor consegue abastecer a fábrica com um *lead time* de 10 a 12 dias. Ao redimensionar o item, é possível disparar aos poucos os chamados *Kanban* do fornecedor.

Os planejadores dispõem de planilha semanal com interface com o SAP, onde nela são inseridas informações de todas as famílias de produtos em cada linha de produção a fim de regular o abastecimento como:

- A família de produto deve conter todos os itens montados em cada célula. Por exemplo, na célula PGOM  $\frac{3}{4}$ , a programação semanal existente na planilha dá a situação de cada célula em termos de programação da produção e consumo de componentes respectivamente. A planilha dispõe de todas as informações dos itens montados na célula incluindo os componentes necessários para cada produto.
- Exemplo de acompanhamento da família de um produto a partir do histórico de consumo da família: para um determinado item há componentes para montar no máximo 700 peças. O que impede de montar mais itens de produto acabado é o componente carcaça, por exemplo. Para outra família, o que impede montar mais itens de produto acabado é o anel de circulação, por exemplo. O dimensionamento não revisado provoca situações de restrição de produção em função da falta de componentes podendo paralisar a produção de algumas células. Nesses casos, a saída é a priorização por mercado (segundo a ordem descrita, começando pelo mercado de montadora) em função da restrição de quantidade de componentes suficiente para atender a demanda: Mercado de Montadora, Mercado de Reposição e Mercado Exportação.
- Dependendo do cliente exportação, a ZF Sachs o prioriza antes do mercado de reposição durante o mês. Para o mercado de exportação, normalmente a ZF Sachs deixa para montar no final de cada mês por se tratar de pedidos sazonais e que os componentes para essa finalidade, não são componentes de giro normais. Os componentes não são de giro por se tratar de componentes eventuais e que a ZF Sachs Araraquara solicita uma vez ou outra para a ZF em São Bernardo do Campo.

Particularidades do abastecimento do sistema de produção:

- A ZF Sachs Araraquara recebe os componentes dedicados a produtos de exportação a partir do dia 15 e 16 de cada mês e a partir do recebimento, dá início à montagem dos itens de exportação.
- Já para o mercado de reposição, o planejador baseia-se na carteira de pedidos. A ZF Sachs recebe um programa no início do mês e dentro desse programa tem uma variável quantidade para cada item de produto acabado. O critério de priorização nesse caso depende da carteira de pedido.
- Os planejadores trabalham em constante sinergia e dependem um do outro para a montagem do produto acabado.
- O *layout* da ZF Sachs Araraquara se divide em 4 linhas dedicadas por família de produtos como descrito anteriormente, sendo elas: Platô Leve, Disco Leve, Platô Pesado e Disco pesado.
- Há um planejador para cada linha. Há também a linha intermediária de produtos.
- O planejador da montagem de platô pesado interage constantemente com o planejador da linha de disco pesado e verifica constantemente se ele vai montar para algum cliente em comum a fim de conciliar recursos materiais e de manufatura.
- Uma avaliação por parte dos planejadores quanto às peças da linha leve e da linha pesada a serem relacionadas no processo de fabricação é relevante, uma vez que as peças se unem da seguinte forma: embreagem e disco, platô e rolamento e a composição dessas que se transformam em *kit*.
- Nesse caso não adianta programar o platô se não há o disco, fundamental para a montagem do *kit*.
- O tempo de processamento do platô, por unidade, é maior do que o tempo de processamento do disco. Na linha leve, a fábrica opera com quatro células de manufatura de platô e três células de manufatura de disco enquanto que na linha pesada o processo de fabricação é realizado na proporção de uma célula e meia de disco para quatro

células de platô. Quanto ao número de componentes, a lista de materiais do disco é maior do que a lista do platô.

- Particularidade do segmento: para programar uma célula é necessário otimizar o tamanho do lote, porque além do cliente, a produção também tem condições de atendimento à demanda que restringem a operação. Tem lotes mínimos para entrar na célula. Se não tiverem o componente que precisam para trocar a família que o planejador gostaria de produzir na linha, pelo motivo, por exemplo, do fornecedor não conseguiu atender o abastecimento necessário do rebite, tenta-se montar outro produto, para posteriormente, voltar com a família de produtos fabricada anteriormente, ou seja, quebra-se o lote de fabricação.
- A produção não exige que seja colocado um lote mínimo, mas a fábrica procura manter lotes de no mínimo 300 peças, um *setup* por turno. Por exemplo, Platô pesado na linha são 170 peças por turno. Se programarmos 160 peças não é o ideal, mas se programarmos pelo menos 300 peças é um lote razoável para essa linha. “Consideramos a quantidade de um lote mínimo com *setup*, que ainda é muito para a linha pesada, mas é negociável se a peça for crítica.” Outro exemplo pode ser citado: “Se perguntarem se será posto um lote de 100 peças na linha, não é o ideal, mas se precisar é possível negociar e fazer, pois há flexibilidade.” Os planejadores têm que agir com bom senso no planejamento para evitar o máximo possível de *setup*. Os planejadores procuram colocar pelo menos 2 turnos diretos sem *setup* e há momentos em que mudam somente um componente como, por exemplo, uma mola. O principal componente que não pode ser mudado é a placa de pressão, onde o *setup* é mais demorado. A placa de pressão é o gargalo da linha e pelo menos 2 turnos sem interrupção com essa peça devem ser mantidos para mudar a família e realizar um *setup* de um produto para outro, mas não muda quase nada, é a mesma família.

Contudo, cada célula de manufatura tem uma particularidade diferente. No platô pesado é um *setup* por turno no máximo, no disco já tem um *mix* muito maior de produto. Exemplo, na linha DGM02 que é o disco que abastece o platô pesado é uma célula só que abastece quase quatro células da linha pesada. Aumenta e muito o *mix* de produtos, de modo que o planejador do setor não consegue fazer um *setup* por turno, ele faz muito mais, faz em torno de dez *setups* por dia, porque a célula em função da configuração do produto é mais rápida, ou seja, mais flexível, o tempo de *setup* é menor, em função das particularidades descritas a programação depende da família de produtos. Uma célula da linha pesada normalmente tem um *setup* por dia. Na linha leve é de 6 a 10 por dia. Já no caso do platô leve um ou dois *setup* por dia no máximo. Os lotes da linha pesada são de 300 peças, os da linha leve são de 3.000 peças.

A linha pesada trabalha em torno de 150 a 200 peças por turno, na linha de platô leve a produção gira em torno de 1.200 peças por turno, porque é menor, muito mais leve, o manuseio é mais rápido.

Na linha leve as células em alguns casos são totalmente automatizadas com a presença de robô, então é muito mais rápido. O diferencial na linha pesada é o volume menor comparado com a linha leve onde o volume é muito maior. A cadeia de suprimentos da linha pesada gira mais lenta, os componentes são mais pesados e o *lead time* maior.

Os componentes da linha leve são mais leves e gira muito rápido, tudo isso é lógico que na proporção, as linhas leves produzem em torno de 7000/8000 peças por dia e na linha leve em torno de 1200, 1300 peças por dia.

Para a precisão da execução do Plano Mestre de Produção ser mantida há uma aferição física do inventário, embora a empresa controle o inventário pelo sistema SAP/R3. A justificativa é que muita gente tem acesso ao estoque e que devido a isso, podem ocorrer vários problemas de acuracidade dos dados.

Pode ocorrer de chegarem materiais e estarem com alguma divergência no recebimento, pode surgir lançamento de nota errado ou ainda entrar errado na expedição causando distorções dos dados do sistema.

Uma determinada carcaça, por exemplo, utilizada em algum item permanece na linha de montagem no momento em que não deve ser utilizado pelo fato de outro item estar sendo montado.

De repente o planejador pode estar contando com 400 carcaças que não tem, falta dar entrada física em determinada quantidade do componente. Há na realidade somente 300 peças de carcaça e não 400.

O percurso realizado pelo colaborador responsável por verificar essas prováveis anomalias no sistema é:

- a. olhar a expedição se está apontada;
- b. aferir o estoque;
- c. verificar se as entradas de notas fiscais estão corretas;
- d. verificar se o processo de atualização do inventário do componente está correto, se tem peça registrada na área de “*try out*”, se tem peça na área de rejeição de componentes aguardando retrabalho;
- e. o colaborador deve percorrer todos esses processos para saber se realmente tem falha no apontamento das quantidades do item e se a falha existir deve corrigir de imediato.

Há casos em que clientes têm produtos em comum da mesma família. Nesses casos, a maioria dos componentes é comum – mola em comum, carcaça em comum, placa em comum, igual para vários produtos da família. De acordo com o sistema, muda somente um componente em particular, por exemplo.

Cada linha de produtos tem uma meta de produção diária a partir da capacidade das células de manufatura e o programa de produção contempla os mercados de reposição, exportação e a montadora e tudo isto contempla o programa de Produção da Fábrica ZF Sachs Araraquara. A produção média diária do platô pesado é de 1.500 peças por dia, como dito anteriormente.

A produção média diária do platô pesado no dia anterior foi de 2.200 unidades, porém é importante enfatizar que isto foi possível porque havia disponibilidade de material, disponibilidade de mão de obra e que a produção havia sido muito boa, pois conseguiram produzir um número maior de peças. As linhas de produção do platô pesado estão todas em torno de 95 a 99% de atendimento.

Se em algum turno houver falta de material, a linha ainda teria o poder de recuperação e conseguiria chegar ao programa da linha até o fechamento do mês.

Os planejadores da ZF Sachs não programam nada do mês subsequente sendo importante enfatizar que só programam o plano do mês vigente. Somente se o programa na linha de um determinado item do mês subsequente tiver sido vendido além do esperado, havendo disponibilidade de material, é produzido.

Caso a montadora apresentar uma quantidade adicional a ser produzida além da programada e a ZF Sachs tem disponibilidade de recursos para produzir, os planejadores reprogramam a produção, caso não tenham disponibilidade, não montam. Essas ocorrências são negociáveis.

Linhas de produção podem trabalhar, caso ocorra falta de algum componente, como por exemplo, o componente “anel”, os 3 turnos do dia seguinte na produção de um determinado produto a fim de recuperar o tempo perdido se o componente anel estiver disponível no dia seguinte.

Caso a linha pesada trabalhe os 3 turnos, é possível recuperar o número do dia anterior tranquilamente.

Tenta-se, na medida do possível, estar sempre com a produção um dia na frente. O fato de não se conseguir sempre, está associado à falta de materiais ou à baixa demanda do item e nesses casos, não é possível conseguir uma ocupação maior da célula, o que seria positivo.

Ao trabalhar antecipadamente, a atividade do planejador fica menos corrida e com isso ao chegar às 8 horas da manhã de cada dia consegue administrar melhor suas células.

O planejador que trabalha sempre um pouco na frente, para ter um pouco de folga quando chega à fábrica, usa o tempo livre para verificar se tem material. Há célula que depende de material que vai sair de São Bernardo do Campo. Por exemplo, recebe o item no dia, para trabalhar no dia seguinte pela manhã.

O acompanhamento diário é função de problemas rotineiros como:

- Não há segurança na informação de que vai sair o material como previsto e muitas vezes os responsáveis pelo acompanhamento têm insegurança de dar prazo, ou até mesmo definir o momento de execução das ordens de montagem, sendo assim, tem célula que não é possível programar ordem de produção para o dia inteiro em virtude da falta de material.

- Informar o volume de *kit* que deve ser montado ou que se pretende montar durante a semana, pois eles têm uma meta no mês. Há também o programa total, que necessita das informações do que está saindo dos itens casados, platô e disco – *kit* da linha. O coordenador de logística necessita ter uma visão precisa do que está ocorrendo na cadeia durante a semana, principalmente dos itens que estão mais negativos na carteira, por isso a reunião acontece uma vez por semana ou a cada 10 (dez) dias, porque depois, ele se reúne com o diretor para discutir as estratégias a serem mantidas.
- Quando o planejador vai programar uma família de produtos, o mesmo olha todos os mercados que o planejador atende e que tem programa.
- O fechamento do mês vai até o dia 27 do mês.

Casos de acréscimo de demanda muito grande, atingindo o limite de atendimento da cadeia, o planejador corrige ao longo da cadeia – ajusta o sistema a partir do aumento de demanda para gerar um tempo de resposta adequado, para que o fornecedor tenha uma visão correta da necessidade de abastecimento da cadeia.

Adequando o sistema, é necessário dar um tempo de recuperação para o fornecedor, por exemplo, uma peça que é tratada fora, tem particularidade no processo de fabricação. Normalmente uma semana, duas semanas no máximo o fornecedor recupera.

Para esse tipo de aferição são realizadas reuniões semanais, na última semana do mês são duas. Essa reunião é feita para verificar como está no geral a fábrica.

A montagem de *kits* implica em avaliar como estão os avulsos, ver se estão sendo produzidos os itens mais negativos e como está o atendimento à demanda. Na verdade, para monitorar e para ter um pouco mais de informações, é realizado todo o processo descrito.

Nesse caso, verifica-se a carteira de *kit*, checa se está saindo tudo dentro do programado, se a equipe deve conseguir atender o programa do mês, se há peças negativas na carteira de pedidos, se há disponibilidade para montar algum item que vendeu além do programado, além da previsão, para ver também a situação dos itens avulsos, no final do mês o coordenador de



logística verifica também a situação das montadoras quanto ao atendimento para que a empresa não vire o mês com muito estoque na ZF Sachs, é realizada uma avaliação geral.

Todo planejador mantém uma planilha no Excel para monitorar mais de perto o fluxo de produção. Todos os dias os planejadores se reúnem às 11 horas para tratar de componentes com os planejadores de São Bernardo onde verificam os prazos, os itens críticos, como estão os componentes para atender a montadora, tudo o que vai sair durante o dia, do que dependem para trabalhar nas linhas de montagem na ZF Sachs em Araraquara e enviam um *e-mail* para São Bernardo do Campo, definindo a linha de produção crítica ou programada, qual o componente e em que carreta tem que sair.

Item crítico é tudo o que está em vermelho e se não vier corre o risco de parar uma linha de montagem, é mais para sinalizar para São Bernardo do Campo o principal fornecedor. A fábrica possui 13 células de manufatura.

Contudo, o processo deve relacionar:

- Programador do disco puxa o platô para a montagem do kit, o importante é montar dentro do mês.
- Quanto à reprogramação – acontece às vezes porque dimensiona do seguinte modo à necessidade de determinados componentes – uma quantidade dentro de uma determinada caixa pode não ser precisa, o planejador não pesa todas as embalagens considerando mais ou menos pelo que está marcado no sistema, pode ser que falte, geralmente quando é componente que não tem restrição de embalagem incompleta (componente de reposição), pode montar até acabar determinado item.
- Quando a embalagem é de quantidade tipo múltiplo, é exigido, por exemplo, componente de montadora, o planejador não pode fazer isso, porque não pode deixar a caixa incompleta, a montadora só fatura no que o múltiplo definido como múltiplo padrão de embalagem, agora um componente de reposição não, se um componente é restrição, monta até acabar a componente, programa e se faltar um pouco de componente para fechar a embalagem, não tem problema. O próximo lote volta e montam-se mais peças, não tem múltiplo.

### 3.3.4.2 Conferência do estoque físico na fábrica

Para o mercado da linha pesada, tudo que é rebite é armazenado em um determinado local da fábrica, tudo o que é componente menor, caixinha azul, fica em duas prateleiras. Os itens são conferidos periodicamente, só verifica o que há dúvida, que é a mola membrana que é diferente, a mola membrana deste item é da PG5, depois o planejador verifica os anéis que são diferentes, a placa PM após meio-dia, ou seja, por exemplo, essa placa só vai chegar à tarde e entra na linha amanhã à tarde.

Mesmo com os controles descritos, há problemas do tipo:

- Problemas de itens armazenados pelo recebimento em local errado.
- Placa de pressão e carcaça são componentes que, se apresentarem diferenças, têm que ser ajustadas na hora, porque o consumo é alto, *lead time* tem que ser avaliado, contudo, recursos são compartilhados na produção sendo difícil negociar a demora na volta do componente mesmo fazendo *follow-up* intenso com São Bernardo do Campo o que é restrição na cadeia, sendo preciso um acompanhamento do planejador mais intenso, pois não pode faltar. Se faltar rebite não monta peça, mas é um item que consome rápido e automaticamente retorna mais rápido entre a unidade fornecedora e a unidade consumidora quando solicitado.
- O planejador da linha pesada programa quatro células de montagem e um torno de usinagem. O torno de usinagem é para abastecer a linha PGUM5 e a PGUM6. Para esse torno o planejador tem que programar de acordo com o que vai entrar na linha, então tem carcaça que chega num código e se transforma em outro para poder ser utilizada na linha, normalmente o planejador verifica o que tem de bruto e o que tem de usinado para ver o alcance da linha, isso o planejador faz todo dia, para poder programar o torno mecânico de acordo com a sequência correta de produção, porque corre o risco de usinar uma determinada linha de produtos e faltar para outra, e se chegar o bruto ao mesmo tempo, uma das linhas deve parar se não houver alternativas de ordens a serem produzidas.

- Essa restrição é só da linha pesada, é uma particularidade dessa linha. Linha leve são todas estampadas e já vem pronta para montar.

### 3.3.4.3 Controle do nível de inventário

Quanto aos itens comprados, há a necessidade de se avaliar para cada item o *lead time* de suprimentos a fim de identificar a duração do período de suprimento, que caso não atenda à necessidade de consumo da fábrica deve ser revisto.

Uma alternativa é dimensionar os itens com base no conceito de taxa de tempo esgotamento, ou seja, verificar quanto tempo atende o consumo da fábrica para uma quantidade padrão de lote de compra e direcionar a reposição do item podendo estar vinculado ao dimensionamento do cartão kanban do item.

Itens de baixa confiabilidade nos cumprimentos dos prazos de aquisição em função do tamanho do lote, a utilização de um sistema a ser definido a partir do critério do coeficiente de variação de acordo com a equação 3.1 pode ser aplicado.

$$\text{coeficiente de variação (V)} = \text{desvio padrão} / \text{média} \quad (1)$$

Desvio padrão – do histórico de consumo

Média – do histórico de consumo

O modelo de gestão de estoque a ser adotado com base na equação (1) tem o seguinte critério:

- Se a demanda for aproximadamente constante e  $(V) < 0,2$  o modelo de gestão poderá ser considerado determinístico e pode ser controlado a partir de um lote econômico de compra.
- Se a demanda variar razoavelmente, mas  $(V) < 0,2$ , a demanda é determinística, mas variável e pode ser controlado a partir de um modelo de reposição contínua.
- Se  $(V) > 0,2$  é aproximadamente constante no tempo, o modelo de gestão de estoque deve ser probabilístico e estacionário havendo uma complexidade maior de controle.

- Se  $(V) > 0,2$  e a demanda varia muito → o modelo de gestão de estoque deve ser probabilístico e não estacionário sendo complexo o controle.

O controle pelo nível de estoque é uma alternativa se dividindo em:

1. Modelos determinísticos:

- a. Modelo EOQ conhecido como lote econômico;
- b. Modelo EOQ com falta planejada;
- c. Modelo EOQ com desconto.

2. Modelos Estocásticos – Probabilísticos:

- a. Modelo R – Q mais conhecido como revisão contínua;
- b. Modelo para um período;
- c. Revisão periódica;
- d. Entre outros.

Há a necessidade de se avaliar o comportamento do consumo dos itens de demanda independente a fim de se estudar o melhor modelo por item. Como não é o foco desse trabalho, o autor da dissertação propõe como trabalho futuro estudar a cadeia de abastecimento da empresa com esse propósito.

### **3.4. Dificuldades de Desempenho de uma Célula de Manufatura**

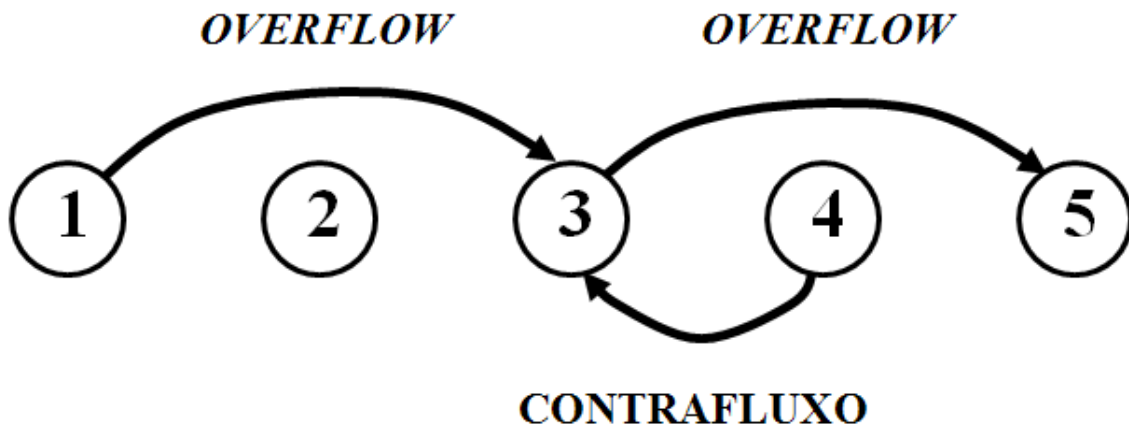
Como exposto anteriormente, há na fábrica, dificuldades na programação dos itens fabricados em células de manufatura semirrepetitivas com padrão de fluxo de produção *Job Shop*, ou seja, a contrafluxo (Figura 3.14). A dificuldade está na diversidade do *mix* de produtos, o que envolve mais de um fluxo de produção diferente a partir da família de produtos a ser produzida. Outra dificuldade é a falta de uma padronização conveniente de certas atividades da célula.

Nesse contexto, o sistema de coordenação de ordens *kanban* não dá uma visão detalhada da programação da produção com o propósito de otimizar o uso do recurso e atender à demanda a partir de critérios pré-definidos de sequenciamento, mesmo adequando o painel *kanban* a partir de critérios de sequenciamento por data devida.

Propõe-se na seção 4.3 um modelo de sequenciamento a partir de critérios definidos pela empresa da aplicação do PBC – *Period Batch Control*, um sistema de coordenação de ordens de produção de fluxo programado.

A proposta relacionada à padronização da atividade é apresentada na seção 4.2.

Como objeto de estudo, foi selecionado a célula DGM02 da linha pesada que é descrita na seção 4.1. Trata-se de uma célula de manufatura semirrepetitiva.



**Figura 3.14. Fluxo numa Célula em Linha com *Overflow* e Contra Fluxo**  
**Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010)**

## CAPÍTULO 4

### MELHORIA DE DESEMPENHO DE UMA CÉLULA DE MANUFATURA USANDO PADRONIZAÇÃO E O SISTEMA PBC – *PERIOD BATCH* CONTROL

#### 4.1 Célula de Manufatura DGM02

##### 4.1.1 Introdução

No capítulo três é definido o *mix* de produtos fabricados na unidade da divisão ZF Sachs Brasil em Araraquara a partir de dois conjuntos: Platô e Disco de Embreagem da linha automotiva em uma área construída de 10.983,76 metros quadrados com área total disponível de 65.997,70 metros quadrados. Nessa unidade trabalham 504 funcionários e 19 estagiários em um sistema de revezamento 6 x 1 e 6 x 2, ou seja, no sistema 6 x 1 o funcionário trabalha de segunda a sexta-feira oito horas e aos sábados quatro horas em um turno de trabalho, com folga sempre aos domingos de acordo com a Figura 4.1. No sistema 6 x 2 o funcionário trabalha ininterruptamente oito horas por turno de trabalho seis dias e folga dois independentemente do dia da semana que a folga cai de acordo com a Figura 4.1.

		1 turno de trabalho 6 X 1	1 turno de trabalho 6 X 2
		horas por funcionário	horas por funcionário
sexta	1	8	8
sábado	2	4	8
domingo	3		8
segunda	4	8	8
terça	5	8	8
quarta	6	8	8
quinta	7	8	
sexta	8	8	
sábado	9	4	8
domingo	10		8
segunda	11	8	8
terça	12	8	8
quarta	13	8	8
quinta	14	8	8
sexta	15	8	
sábado	16	4	

**Figura 4.1 – Sistema de trabalho 6 x 1 e 6 x 2**

Fonte: Próprio autor

A unidade produz diariamente em torno de 18.300 peças, sendo aproximadamente 1.400 unidades produzidas na célula de manufatura DGM02, produtos da linha pesada (caminhões e ônibus).

No capítulo três, o objetivo foi descrever o processo de validação do Plano Mestre de Produção a partir do fluxo de informações do Planejamento e Controle da Produção e dos controles dos materiais e insumos na fábrica.

Neste capítulo o objetivo é caracterizar a célula de manufatura DGM02, propor melhorias usando padronização de atividades e a aplicação do sistema PBC para controlar as ordens de produção nessa célula.

O estudo do sistema de produção da ZF Sachs para o propósito do presente trabalho, de apresentar um modelo de programação da produção que apóie o processo de coordenação de ordens de produção da empresa, é de grande importância para o entendimento de como essas células operam quanto ao fluxo de produção para o atendimento à demanda, o que permitiu ao autor do presente trabalho compreender como o sistema de coordenação de ordens de produção adotado pela empresa, o *kanban*, estabelece as prioridades de produção, como monitora a execução e a sua flexibilidade quanto ao processo de reprogramação e a visão que o *kanban* fornece do que está acontecendo na operação pelos envolvidos nesse processo sem perder o controle.

O *kanban* foi implantado na empresa a partir de um projeto com escopo *Just in Time* que evoluiu ao longo dos últimos dez anos para a concepção do *Lean Manufacturing*.

Não há dúvida quanto aos resultados relevantes que o sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* gerou ao longo desse tempo de forma geral, mas como é previsível, há dificuldades do *kanban* em atender os requisitos mencionados no caso de células de manufatura semirrepetitivas.

O fato do sistema de produção ter sido configurado com células de manufatura repetitivas e semirrepetitivas, implica na dificuldade do *kanban* em garantir um bom desempenho do processo de programação da produção das células com padrão de fluxo *Job Shop*.

A célula de manufatura DGM02, objeto de estudo do presente trabalho, é um caso de célula com padrão de fluxo *Job Shop* e, devido à alta distinção cai-se no caso semirrepetitivo. A Figura 4.2 mostra o *layout* celular da unidade Araraquara da ZF Sachs.



**Figura 4.2 – Layout Celular da ZF Sachs unidade Araraquara**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Como exposto no capítulo 2, de acordo com Fernandes & Godinho Filho (2010) e Maccarthy, B. L. e Fernandes, F. C. F. (2000), o sistema de coordenação de ordens *kanban* é adequado para células com padrão de fluxo *Flow Shop* com perfil de demanda repetitivo de acordo com a Figura 4.3, diferente do caso em estudo com perfil de demanda semirrepetitivo em que o PBC – *Period Batch Control* e o OPT – *Optimized Production Tecnology* são os sistemas de coordenação de ordens de produção mais adequados.

<b>NÍVEL DE REPETIÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b>		
<b>Produção em massa</b>	<b>Repetitivo</b>	<b>Semi repetitivo</b>
<i>kanban</i>	<i>Kanban ou PBC</i>	<i>PBC ou OPT</i>

**Figura 4.3 – Sistema de Planejamento e Controle da Produção versus nível de repetição dos sistemas de produção. Fonte: Maccarthy, B. L.; Fernandes, F. C. F. (2000)**



Como exposto, a célula de manufatura DGM02 é um caso particular de sistema de produção semirrepetitivo em que há a restrição da atuação do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* do *Just in time*. É importante salientar que o sistema de planejamento da empresa é híbrido com *kanban* e MRP do sistema integrado SAP/R3.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um método que a partir de procedimentos definidos, auxilie na programação da célula DGM02 em substituição ao sistema de coordenação de ordens *kanban*, não na fábrica toda, mas nas células em que o perfil de demanda não é repetitivo, sendo que se propõe usar como sistema de coordenação de ordens, o sistema de fluxo programado PBC – *Period Batch Control*. Antes da descrição da proposta de um **Modelo de sequenciamento proposto a partir do PBC para a célula DGM02** é apresentado um estudo detalhado da operação da célula de manufatura DGM02, a fim de definir o escopo do problema de programação da produção desse tipo de célula e entender a complexidade do ambiente a partir do fluxo de produção.

#### 4.1.2 Caracterização da célula de manufatura DGM02

A célula de manufatura DGM02, dedicada à fabricação do disco grande, é o objeto de estudo quanto à execução do *kaizen* de fluxo e de processo e da aplicação do modelo de programação a ser proposto. O *kaizen* de processo e o *kaizen* de *setup* foram realizados no período de 15 de julho de 2010 a 19 de julho de 2010 com a participação da equipe:

- Dois colaboradores da célula DGM02 por turno de trabalho, a célula opera com 3 turnos, ou seja, 6 colaboradores atuantes na célula.
- O analista de processo da empresa.
- O planejador responsável pelo planejamento e programação da célula DGM02 (departamento de logística)
- Supervisão da produção da empresa.
- Coordenador da produção da empresa.
- O autor do presente trabalho e o orientador.

A célula DGM02 tem várias características, a saber:

- Operação realizada em 3 turnos.
- Baixo desempenho da produção.
- Desperdícios internos e externos à célula.
- Total de 28 famílias de produtos fabricados na célula. Em torno de 203 *part numbers*.
- Total de 10 operadores por turno.
- Há máquinas não utilizadas em todo o fluxo (dependendo da família produzida) caracterizando *overflow* pontual na célula de acordo com o exemplo da Figura 3.14.
- Média de 5 *setups* por dia envolvendo ferramental e componentes (*setup* completo).
- A célula DGM02 tem de 11 a 12 *setups* diários quando somente são alterados componentes.
- Performance atual da célula em rendimento 75% com meta de 95%.
- Implementação do OEE (*Overall Equipment Effectiveness* – Eficiência Global do Equipamento) -> atual 63% -> meta 85%.
- Peça hora homem -> base (média) = 6,18 -> meta = 7,25.
- Falta com clientes -> em torno de 11% da demanda.
- Troca de turno – tempo perdido no início de cada turno -> 8 montadores aguardando peças sendo feitas no início do turno por 2 montadores na pré-montagem.
- Não há padrão de montagem.
- Não há padronização quanto ao fluxo do processo.
- 1500 peças por dia -> meta (podendo chegar a 1920).
- 1150 peças por dia -> produção atual.
- Cálculo da capacidade -> 3 turnos (24 horas) – 3 horas entre refeições e ginástica laboral = 21 horas por dia -> considerando 26 dias por mês trabalhados ->  $26 * 21 = 546$  horas mês -> considerando um fator de carga de 85% ->  $546 * 0,85 = 464$  horas.
- Produto 430WGTZ -> maior volume.
- Mapear as 9 famílias (9 fluxos) mais representativos. No total há 17 fluxos diferentes de produção.

- A empresa possui apenas a célula DP2 com o conceito de supermercado (puxado), as demais células operam com o sistema empurrado.
- Problemas com padronização de *setups*.
- Retirado da célula uma demanda de 10.000 itens para a Sachs R (São Bernardo do Campo) -> ficaram na célula itens de montagem mais complexa diminuindo ainda mais a produtividade, dependendo como a produtividade é medida.
- Mapeamento atual da família 350 divide família por *setup* (ferramental).
- Operações na célula:
  - 10 – alimentador (arrebite tubular);
  - 20 – torneamento;
  - 30 – prensa dos arrebites tubulares -> 1 guarnição com mola e 1 guarnição com disco (realizada em paralelo com a 20);
  - 40 – prensa de arrebite maciço (une por arrebite as duas guarnições – recebe componentes por gravidade da operação 30);
  - 50 – posiciona mola de torção (faz parte da montagem de fechamento com a mola de torção);
  - 60 – em paralelo monta tubo + disco de retorção + pinos;
  - 70 – unir as peças manualmente e o fechamento na prensa de fechamento (1 prensa);
- Algumas peças passam para gravar o cubo no pré-amortecimento -> prensa -> de travamento -> balanceamento e teste -> máquina de medir giro livre -> simula a pisada da embreagem (disco não dá problema de balanceamento platô sim).
- As peças são transferidas em lote e não uma a uma.
- Verificar processo de gravação a laser.
- *Lead time* da célula = tempo de ciclo do gargalo -> detalhar no processo.
- 1 dia de trabalho = (21 horas de trabalho (3 turnos)) \* 60 \* 60 = 75600 segundos.
- Há funcionários trabalhando demais. Para verificar isso serão mapeadas atividades e tarefas.

- O gargalo varia dependendo das tarefas que estão sendo realizadas.
- Régua do tempo do mapeamento  $\rightarrow$  (estoque \* *takt time*)/75600 (máquinas em paralelo – considerar o menor).

É importante destacar que a partir dos dados levantados foram realizados dois eventos *kaizens* na célula: um de processo e um de *setup*. A partir dos resultados apresentados no capítulo 4 foi proposto o modelo a partir do PBC – *Period Batch Control* e de um procedimento de sequenciamento a partir de critérios definidos pela empresa.

A célula de manufatura DGM02 é uma das células de manufatura da empresa e objeto de estudo dessa etapa do desenvolvimento da dissertação, responsável pela fabricação de discos de embreagem (Figura 4.4) da linha pesada (caminhões e ônibus). O disco de embreagem, de acordo com a Figura 4.4, é composto de 4 subconjuntos: 1. Guarnição, 2. Mola da guarnição, 3. Disco de torção e 4. Cubo.

A célula DGM02 e o disco de embreagem fabricado por ela estão representados na Figura 4.5. A estrutura de materiais do disco de embreagem está representada na Figura 4.6 e é relativamente simples, com um número reduzido de níveis e componentes como pode ser verificado.



**Figura 4.4 – Disco de embreagem**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

**Célula DGM02**

**• Disco de Embreagem NKW - 32 tipos construtivos - 17 Fluxos de processo.**



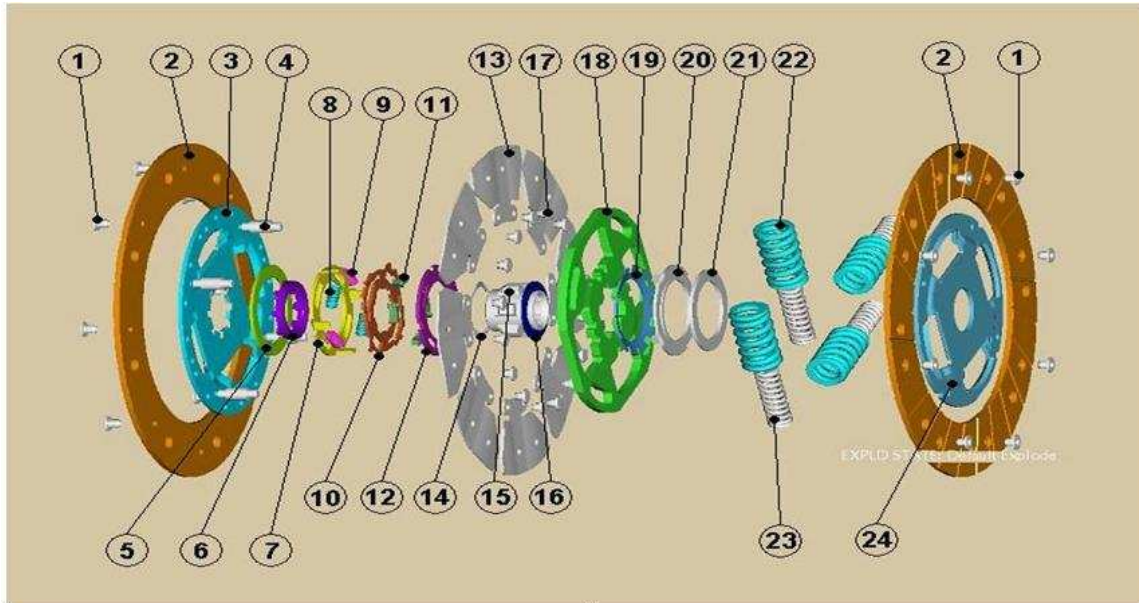
**Figura 4.5 – Célula DGM02 e o disco de embreagem produzido na célula**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

O impacto na cadeia de abastecimento quanto à dinâmica da movimentação de materiais é a velocidade com que as células de manufatura consomem os itens que compõem os conjuntos platô e disco de embreagem por se tratar de um processo de montagem com tempo de processamento da ordem de segundos e com a possibilidade de reprogramação constante ao longo do período de operação, o que implica em um esforço maior dos envolvidos no processo de coordenação das ordens de reabastecimento em função da variedade dos itens de mesmo tipo construtivo.

Definimos como itens de mesmo tipo construtivo os subconjuntos e conjuntos que compõem o produto embreagem podendo apresentar configurações diferentes dependendo da montadora e do veículo de cujo produto embreagem deve ser montado.

Embora a engenharia de produto e de processo vem trabalhando na padronização dos itens, há casos em que um determinado item ou componente pode ter configuração diferente, dependendo da montadora e do veículo em que o produto deve ser montado no momento do acoplamento do conjunto embreagem ao produto veículo.



1	REBITE DA GUARNIÇÃO	1817 104 125	13	MOLA DA GUARNIÇÃO	1825 000 715
2	GUARNIÇÃO S188TT	1849 002 294	14	ANEL ESPAÇADOR ONDULADO	1818 000 020
3	DISCO DE TORÇÃO	1847 784 302	15	CUBO - NIQUELADO	1829 001 876
4	PINO DISTANCIADOR	9810 175 106	16	ANEL DE ATRITO	1831 509 025
5	ANEL DE ATRITO	1831 335 114	17	REBITE	1817 120 091
6	ANEL AUTOCENTRANTE	1831 654 800	18	FLANGE	1829 001 875
7	DISCO DE TORÇÃO (PA)	1847 035 101	19	MOLA PRATO	1827 167 303
8	MOLA DE TORÇÃO (PA)	1830 977 025	20	ANEL DE PRESSÃO	1831 644 226
9	MOLA DE TORÇÃO (PA)	1830 689 325	21	ANEL DE ATRITO	1831 000 008
10	DISCO INTERMEDIÁRIO (PA)	9819 279 900	22	MOLA DE TORÇÃO	1825 000 752
11	ANEL DE ATRITO (NANO PEÇAS)	1831 575 000	23	MOLA DE TORÇÃO	1825 000 753
12	DISCO DE RETENÇÃO (PA)	1843 086 002	24	DISCO DE RETENÇÃO	1843 443 225

**Figura 4.6 – Estrutura de materiais do produto**

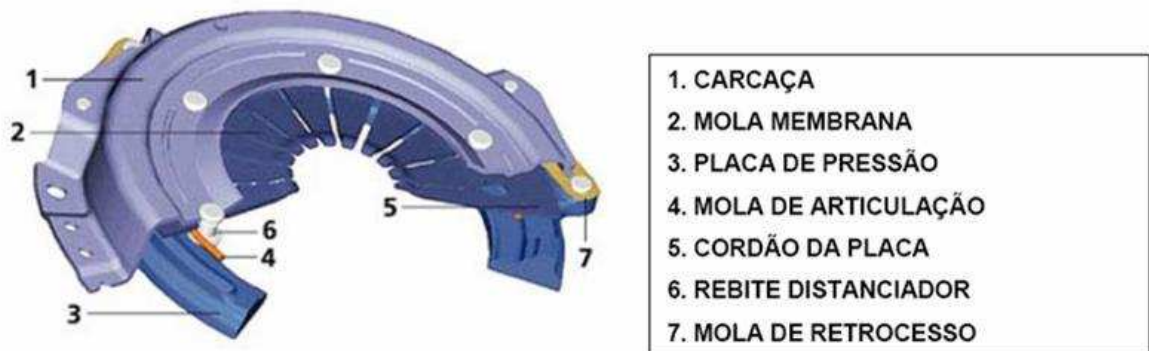
**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Apenas como informação adicional, como exposto no início deste texto, o produto embreagem é composto de dois conjuntos:

1. Disco de embreagem (Figura 4.5 e Figura 4.6).
2. Platô de embreagem (Figura 4.7). O platô de embreagem é composto de 7 subconjuntos: 1. Carcaça, 2. Mola membrana, 3. Placa de pressão, 4. Mola de articulação, 5. Cordão da placa, 6. Rebite distanciador e 7. Mola de retrocesso.

Conseqüentemente, há duas células fornecedoras para o produto embreagem: uma 1º célula dedicada à fabricação do disco de embreagem (célula DGM02 – objeto de estudo do presente trabalho é uma dessas células) e uma 2º célula dedicada à fabricação do platô de embreagem configurando em um 3º ambiente de produção a união dos dois conjuntos no produto final, no caso para o segmento de veículos pesados – caminhões os discos produzidos pela célula de manufatura DGM02.





**Figura 4.7 – Platô de embreagem**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

De acordo com a Figura 4.5 e a Figura 4.6 é possível constatar que a estrutura de materiais do “conjunto disco” que compõe o produto embreagem com o conjunto platô é de poucos níveis e, portanto não é complexa como já exposto. Nesse caso, o presente trabalho tem como objetivo estudar o processo de montagem a partir do fluxo de produção da célula DGM02 e propor um modelo de programação da produção a partir do sistema de coordenação de ordens PBC – *Period Batch Control* considerando que os materiais necessários à execução das ordens de produção estão disponíveis e não representam restrição ao processo. Considerando a descrição do capítulo três, isso não é verdade, há restrições de abastecimento, mas não é o foco do presente trabalho abordar essas restrições no momento.

Há uma segunda dissertação sendo desenvolvida na empresa, cujo objetivo do estudo é desenvolver um modelo de abastecimento a partir do conceito de supermercados previamente exposto no apêndice H.

Os principais clientes da linha pesada da ZF Sachs são a VOLVO, MERCEDES, SCANIA, VOLKSWAGEN e FORD.

O *mix* de famílias dos produtos produzidos na célula DGM02: disco de Embreagem NKW apresenta 32 tipos construtivos com 17 Fluxos de processo o que dificulta a padronização das atividades envolvidas no processo de fabricação e a configuração de uma célula de manufatura com o propósito de manter o fluxo de produção o mais contínuo possível, além de ter a maioria dos produtos fabricados com demanda de comportamento semirrepetitivo.

A célula DGM02 passou por um processo de melhoria para tratar do Balanceamento e padronização das atividades, Adequação do *layout* das máquinas, Otimização do tempo de *setup*, Sequenciamento de ordem de produção, Aplicação do 5S, Treinamento dos operadores em sistema de produção e o Monitoramento de perdas por problemas de qualidade (no equipamento giro livre).

A partir desse processo de melhoria foi que a Engenharia de Processos identificou os 17 fluxos de produção diferentes, o que permitiu reavaliar o procedimento de programação da produção a partir de um estudo detalhado desses fluxos, quanto aos processos de fabricação envolvidos, dispositivos, ferramental e tempos de preparação dos recursos.

Os produtos manufaturados pela ZF Sachs são agrupados por famílias de produtos distribuídas em 13 células de manufatura como mencionado.

A célula DGM02 produz 9 famílias de produtos principais com participação de acordo com o gráfico de percentual de demanda descrito na Figura 4.8. As famílias 430WGTZ e 395WGTZ são as mais consumidas.

Há trabalhos na literatura que consideram a configuração de um *layout* celular relativamente fácil após a definição da família de produtos a partir do conceito de tecnologia de grupo.

Na verdade, há casos como o da célula DGM02 em que essa afirmação não é correta em função do *mix* e da diversificação de roteiros de fabricação que define diferentes fluxos de produção impactando no número de atividades envolvidas e conseqüentemente na padronização dessas mesmas atividades na operação.

A família 430WGTZ é composta por 7 *Part Numbers* ou 7 produtos de acordo com a Figura 4.9.

De acordo com os dados das Figuras 4.7 e 4.8 ao aplicarmos o conceito de repetitividade definido por Fernandes & Godinho Filho (2010), a célula DGM02 opera com um *mix* de família de produtos repetitivo o que não ocorre no nível de produtos.



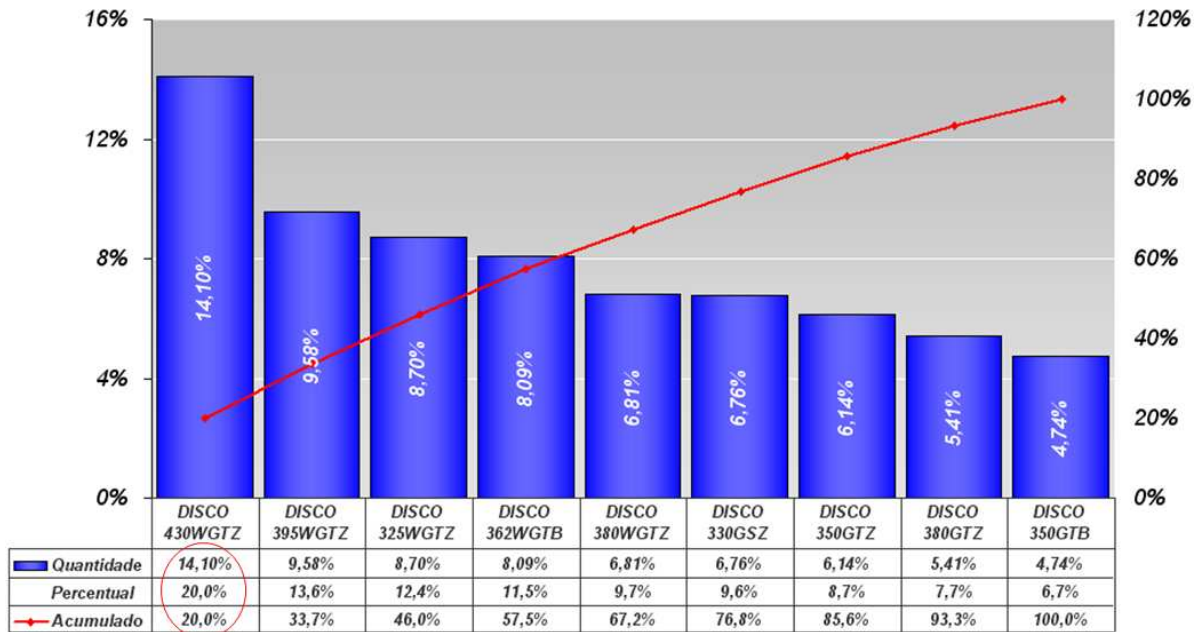


Figura 4.8 – Gráfico de percentual de demanda

Fonte: Empresa ZF Sachs

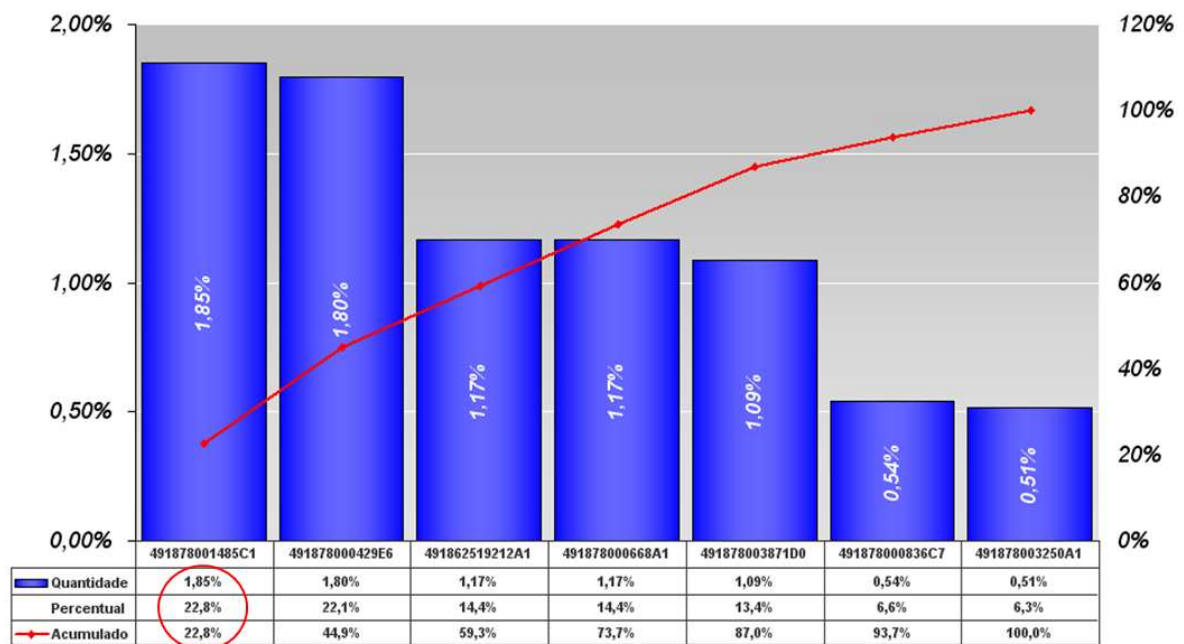


Figura 4.9 – Gráfico de Percentual de Demanda por *Part Number*  
430WGTZ

Fonte: Empresa ZF Sachs

No nível de produtos, a repetitividade não existe individualmente podendo ser considerado um *mix* de produtos semirrepetitivos, o que causa sérias dificuldades de coordenação das ordens de produção pelo *kanban*. A Figura 4.10 ilustra o fluxograma de processo da célula DGM02 que representa os dezessete fluxos de produção.

A partir dessa complexidade, detectada a partir dos resultados de dois *kaizens* realizados pela empresa, *kaizen* de processo e *kaizen* de *setup*, foi possível avaliar as particularidades de cada fluxo de produção e identificar alternativas a partir da padronização das atividades quanto à melhoria dos fluxos e agrupamento dos produtos por fluxo, de acordo com os dados descritos e apresentados a seguir.

O autor do presente trabalho participou do *kaizen* de processo junto com a equipe envolvida no evento: equipe da engenharia de processos da empresa, operadores dos três turnos da empresa, orientador da dissertação e o responsável pelo planejamento e programação da célula de manufatura DGM02.

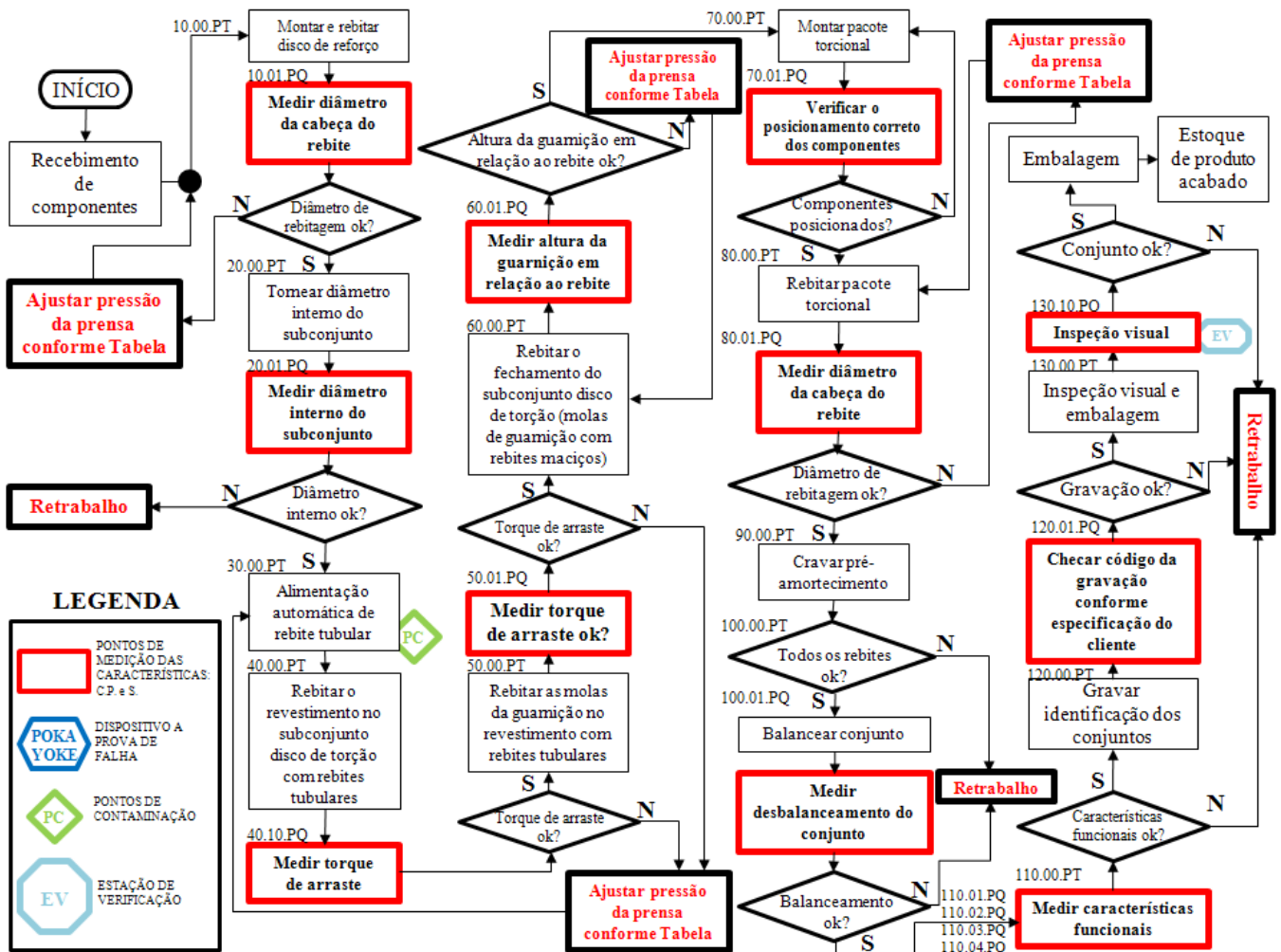


Figura 4.10 – Fluxograma de Processo da DGM02

Fonte: Empresa ZF Sachs

## **4.2. Proposta de Melhorias com Base numa nova Padronização das Atividades da Célula DGM02**

Um método definido a partir de procedimentos de trabalho padronizados para realizar qualquer atividade em uma operação envolvida ao longo do fluxo de produção, incluindo as atividades não programadas ou consideradas anormais no âmbito organizacional, é à base de qualquer projeto *Lean Manufacturing*.

Dentre essas situações, problemas envolvendo o processo de fabricação e a maneira como realizá-lo podem ser identificados e dentro do possível, padronizados.

Além das “situações de rotina” consideradas normais e periódicas no processo atividades de manutenção, inspeção, troca de ferramental entre outras menos frequentes, também podem ser padronizadas.

A proposta de melhoria com base numa nova padronização das atividades da célula DGM02 compõe as seguintes etapas:

**Etapa 1)** Mapear o Fluxo de Valor do Estado Atual da célula (Figura 4.11).

**Etapa 2)** Definir o Fluxo de Valor do Estado futuro da célula, ou seja, estabelecer um novo padrão (Figura 4.12).

**Etapa 3)** Estabelecer um Plano de Ação de Implantação do Estado Futuro. O Mapa do Estado Futuro mostra as modificações realizadas a partir do balanceamento da célula com ajuste de tempo de processo e melhor distribuição entre os operadores das atividades primárias e secundárias de acordo com as Figuras 4.22 a 4.40. A Figura 4.12 mostra o Mapa do Estado Futuro.

**Etapa 4)** Realizar *kaizen*.

**Etapa 5)** Treinar os operadores na nova sistemática.

**Etapa 6)** Selecionar indicadores apropriados para avaliação de desempenho do plano de ação.

**Etapa 7)** Realizar o monitoramento diário da produção do 1º turno para ter uma avaliação da proposta.

Os tópicos seguintes tratam do desenvolvimento das etapas relacionadas no processo de adequação da célula, a fim de preparar a célula de manufatura para a implantação do sistema de coordenação de ordens de produção PBC – *Period Batch Control*.

### **4.3 Mapa do Fluxo de Valor Atual**

A Figura 4.11 ilustra o Mapa do Fluxo de Valor Atual da família de produtos 430WGTZ.

A construção do mapa do fluxo de valor atual dessa família foi realizada a partir do levantamento de dados de processo pelo analista de processo da empresa, cronoanálise dos tempos na célula de manufatura e estudo do fluxo de processo.

Além dos dados mencionados, o fluxo de informações do PCP quanto às ordens de produção a serem executadas é realizado na entrada e de modo visual de acordo com o mapa.

As alterações necessárias de acordo com o tópico 4.4 definido no Mapa do Fluxo de Valor futuro tiveram como foco, a adequação do fluxo quanto à disposição do *layout* e o fluxo de informações do PCP.

### **4.4 Definir o Fluxo de Valor do Estado futuro da Célula, ou seja, estabelecer um novo Padrão**

A proposta da padronização na célula objeto de estudo, neste momento, consiste na aplicação do evento *kaizen*, o qual se divide em 2 etapas principais, a saber:

- (i) diagnóstico a partir do mapa do estado atual;
- (ii) adequação do fluxo, sendo ajustado durante os três dias que se seguiram de acordo com a descrição das sequências.

O evento, de acordo com a proposta, teve a justificativa, objetivo, escopo e métrica de processo como balizadores do evento como descrito a seguir:

**Justificativa para aplicação do evento *kaizen*** – atualmente a célula de montagem de disco grande DGM2, não atende a demanda projetada de produção no mês, havendo muitas perdas durante o processo e impactando no atendimento ao cliente.

**Objetivo com a aplicação do evento *kaizen*** - Identificar os desperdícios durante o processo e eliminá-los, impactando na melhora do atendimento à demanda.

**Escopo** - Trata-se do processo produtivo de montagem de disco grande DGM2, somente no 1º turno.

**Métrica de processo** – Produtividade da célula e Atendimento a demanda da célula.

O Quadro 4.1 identifica o cronograma e descrição das atividades realizadas no evento *kaizen* de fluxo de modo a complementar o evento *kaizen* de processo.

**Quadro 4.1 – Evento *kaizen* de fluxo. Fonte: Próprio autor**

EVENTO KAIZEN DE FLUXO		
Sequência	Data	Descrição das atividades
01	15/07/2010	Construção do mapa do estado atual
02	26/07/2010	Descrição do problema <b>Avaliação do estado atual</b>
03	27/07/2010	Descrição das atividades realizadas na célula por operador e proposta de adequação
04	28/07/2010	Simulação da proposta

#### **4.5 Plano de Ação de Implantação do Estado Futuro**

O plano de ação de implantação do estado futuro envolve sete etapas:

- 1) Balanceamento e padronização das atividades.
- 2) Adequação do *layout* das máquinas.
- 3) Otimização do tempo de *setup*.
- 4) Sequenciamento de ordem de produção.
- 5) Aplicação do 5S.
- 6) Treinamento dos operadores em sistema de produção.
- 7) Monitoramento de perdas por problemas de qualidade (giro livre).

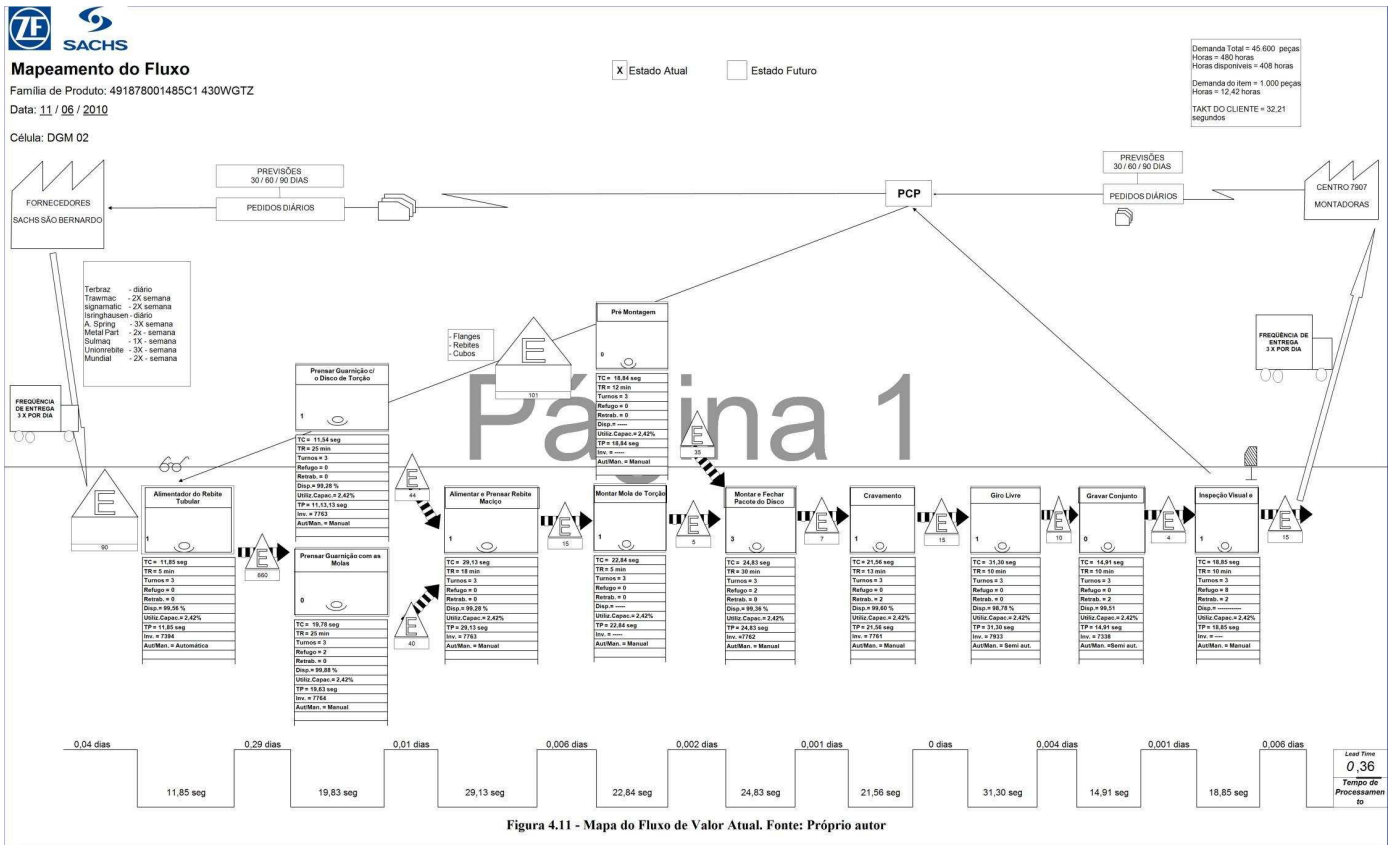


Figura 4.11 - Mapa de Fluxo de Valor Atual. Fonte: Próprio autor

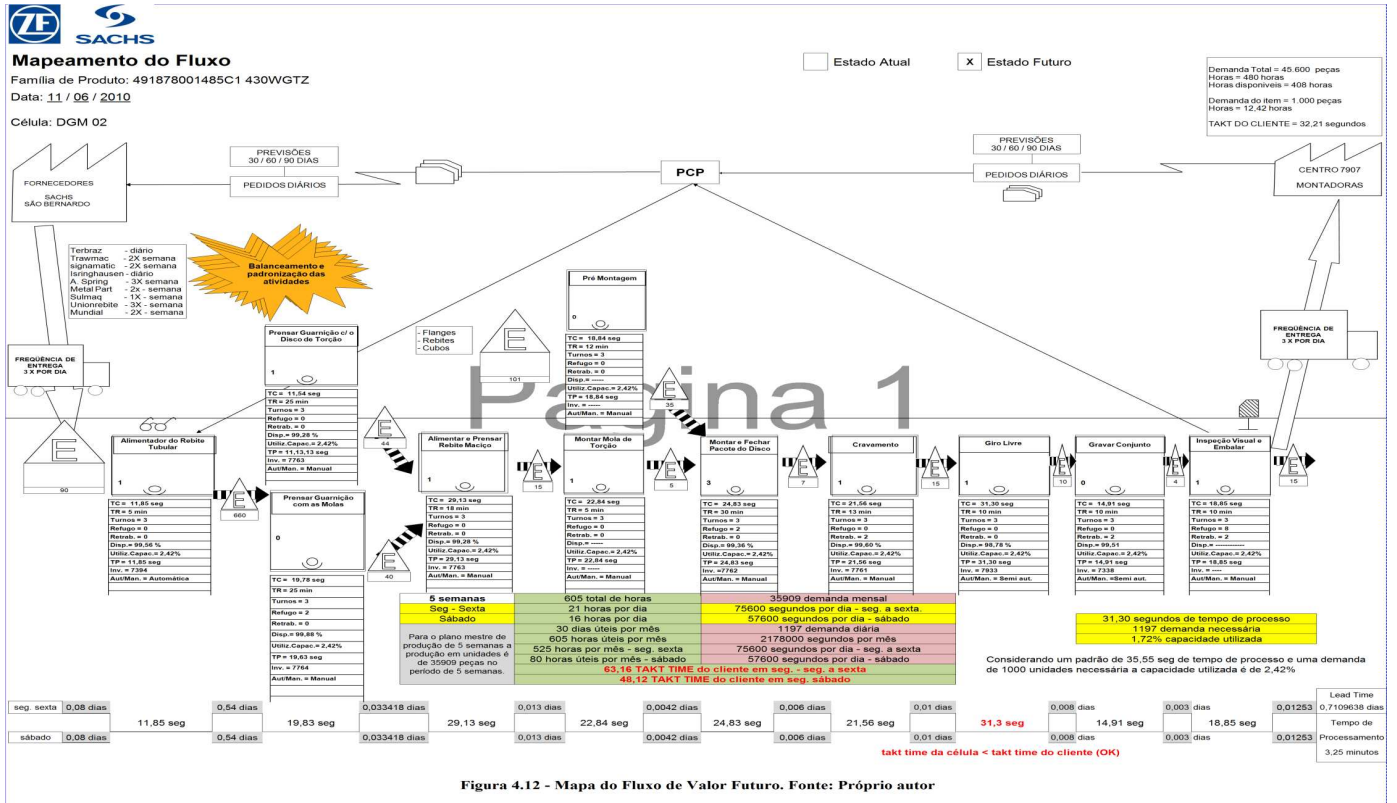


Figura 4.12 - Mapa do Fluxo de Valor Futuro. Fonte: Próprio autor

## **4.6 Kaizen**

### **4.6.1 Introdução**

A configuração de um *layout* celular, de acordo com a tecnologia de grupo, envolve além da criação de uma matriz produto x processo, para a definição da similaridade entre os produtos a partir do roteiro de fabricação, a construção do fluxo completo de cada família, envolvendo dispositivos e ferramentas, além da distribuição das atividades primárias e secundárias de cada fluxo. Para um sistema complexo, com muitos fluxos, essa descrição ou caracterização dos roteiros de fabricação por similaridade, de acordo com as famílias de produtos, só é possível a partir do trabalho desenvolvido em equipe entre operadores, analista de processo, planejador de produção e supervisor de produção. A formação da equipe e a agenda de trabalho com o propósito de levantar os dados necessários para esse estudo é facilitado a partir de eventos *kaizen*, que no caso, é definido como *kaizen* de processo.

A fim de agilizar os trabalhos, a equipe por um determinado tempo se dedica exclusivamente a essa atividade se reunindo em uma sala dedicada normalmente por uma semana e 100% da jornada de trabalho diária. Para que o resultado seja efetivo, ferramentas e técnicas apropriadas são utilizadas como no caso, o Mapeamento do Fluxo de Valor, a fim de adequar o fluxo de produção e definir sistematicamente o procedimento de planejamento a ser adotado. O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma técnica de planejamento do *Lean Manufacturing*.

### **4.6.2 Kaizen de processo**

Para os produtos produzidos pela célula DGM02 foi desenvolvido o mapa de fluxo de valor da Família de Produto: 491878001485C1 430WGTZ apresentado nas Figuras 4.11 e 4.12. Para o desenvolvimento dos mapas atual e futuro o evento *kaizen* de processo identificou as principais atividades desenvolvidas pelos operadores da célula DGM02 de acordo com a Figura 4.13.



Inicialmente 10 operações foram identificadas relacionando para cada uma a operação primária e a operação secundária desempenhada pelo operador em seu posto de trabalho.

Foi considerado como em todo o presente trabalho uma jornada de 21 horas de trabalho diária de segunda a sexta-feira e 16 horas de trabalho diário aos sábados de acordo com a Figura 4.14. Os estoques entre processos são apresentados nas Figuras 4.11 e 4.12 no Mapa do Fluxo de Valor.

Foram também realizadas oito medidas de tempo por operação e para cada tomada de tempo realizada, a descrição dos resultados é apresentada de acordo com as Figuras 4.15 a 4.18, demonstrando a partir dos formulários de preenchimento dos tempos cronometrados e validados, o comportamento do fluxo de produção no *software* Arena 13.5, de acordo com a Figura 4.19.

A partir do volume inicialmente produzido na célula, de 1150 peças por dia com operação em 3 turnos, sendo que 4 horas gastas entre refeições e ginástica laboral, foi considerado uma jornada diária de 21 horas. Considerando um fator de carga de 85%,  $21 * 60 * 60 * 0.85 = 64260$  segundos. A Figura 4.15 mostra a tomada dos tempos para análise do tempo de ciclo.

Como verificado na Figura 4.19 o Giro Livre é um dos recursos gargalo da célula sendo realizado no evento *kaizen* uma avaliação detalhada a partir das Figuras 4.15 a 4.18, a montagem da mola de torção de acordo com a Figura 4.19 e a montagem do conjunto de acordo com a Figura 4.20.

O resultado da simulação da Figura 4.20 é comprovado na célula de manufatura DGM02 durante a operação, a partir do estoque em processo acumulado nos respectivos postos de trabalho, de acordo com a Figura 4.21. É nítido o excesso de *WIP* de acordo com a Figura 4.21. A Figura 4.14 ilustra o cálculo da produção na condição de operação da Figura 4.19. É importante observar que a produção anterior as modificações propostas, eram de 1150 peças dia em função da falta de padronização de atividades e sincronismo na execução das tarefas pelos operadores, reduzindo a produtividade da célula. A partir do ajuste de tempo das operações 10 e 20 no alinhamento do tempo de operação de acordo com a Figura 4.14, o resultado em termos da quantidade a ser produzida, de acordo com a simulação resulta em valor muito próximo do estabelecido como ideal, de acordo com a Figura 4.20.

<i>Operação</i>	<i>Operador</i>	<i>Operação Primária</i>	<i>Operação Secundária</i>
10	1	Alimentar rebite tubular	Abastecer guarnição Abastecer rebite tubular
20	2	Prensar rebite tubular (mola e disco)	Separar mola de guarnição Abastecer disco
30	3	Prensar rebite maciço	Alimentar rebite maciço
40	4	Montar Pré	Montar torção do pré Abastecimento do pré
50	5	Fechar conjunto	Finalizar montagem do fechamento
60	6	Cravamento	Abastecer prensa cravamento
70	7	Auxílio do Fechamento	Abastecimento da mesa
80	8	Giro Livre	Gravar peça
90	9	Inspeção visual	Guardar peça Preencher documentação
100	10	Bater mola de torção	Pré montagem da mola

**Figura 4.13 – Rol de operações da célula DGM02 divididas em operação primária e operação secundária. Fonte: Empresa ZF Sachs**

operação	Atividade	tempo
10	Alimentador de rebite tubular	11,42
20	Prensar guarnição	29,93
30	Alimentar e prensar rebite maciço	30,52
40	Montar mola de torção	18,46
50	Montar e fechar pacote de disco	24,43
60	Cravamento	21,06
70	Giro livre	32,03
80	Gravar conjunto	13,82
90	Inspeção visual e embalagem	17,8
	Tempo total do ciclo	199,5 segundos

A diferença de tempo de execução entre a operação 10 e a operação 20 implica no acúmulo de produtos, fila. Se ajustarmos o alimentador de rebite tubular para 29.93 segundos a produção indicada pela simulação é em torno de 1905 peças, como previsto no item produção esperada.

jornada diária	24 horas
almoço e ginástica laboral	4 horas
disponibilidade	20 horas
Fator de carga	85,00%
jornada diária	61200 segundos
produção esperada	1904
produção realizada	1150
defasagem de produção	754

**Figura 4.14 – Estimativa da quantidade a ser produzida na célula DGM 02**

**Fonte: Próprio Autor.**

GPC		Análise de Tempo de Ciclo								ZF SACHS		
Área de atuação / Processo: DGM2 - 491878001485C1 - 430WGTZ				Equipe Márcio-OAE; Mateus - OAE		Data: 11/6/2010		Workshop:				
						Página: de:						
Atividades	Ciclos medidos								Média dos tempos medidos (em segundos)	Estoques	Observações	
	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	Alimentador de Rebite Tubular	11,02	11,65	11,48	10,68	12,15	11,25	11,46	11,68	11,42	66	
2	Prensar Guarnição	31,25	28,23	30,15	30,28	30,48	31,24	28,56	29,25	29,93	660	
3	Alimentar e Prensar Rebite Maciço	30,25	31,28	32,02	30,15	30,02	30,45	29,85	30,15	30,52	40	
4	Montar Mola de Torção	17,45	19,25	18,25	18,46	18,14	18,45	19,23	18,45	18,46	15	
5	Montar e Fachar Pacote do Disco	24,82	24,12	25,68	24,12	24,89	23,89	24,78	23,12	24,43	5	
6	Cravamento	21,35	21,38	21	20,45	20,48	22,45	19,48	21,85	21,06	7	
7	Giro Livre	32,3	31,45	36,23	30,85	30,15	31,45	32,02	31,8	32,03	15	
8	Gravar Conjunto	13,45	11,65	15,21	12,21	14,56	15,02	14,23	14,75	13,89	10	
9	Inspeção Visual e Embalar	16,45	18,12	16,25	16,85	17,45	17,24	19,65	20,36	17,80	4	
10										Produto Acabado	15	
11												
Somatório:												



**Figura 4.15 – Análise de Tempo de Ciclo da célula DGM02 – item 49187001485C1**

Fonte – ZF Sachs do Brasil

GPC		FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - FTT								ZF SACHS			
Família de produto: 430WGTZ				Folha: 01 / 01		Data: 19-07-2010		Tempo de acompanhamento: 2 horas					
Nome do Processo: Montagem DGM2				Posto de Trabalho: Máquina de Giro Livre									
OPERADOR													
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera
1	Alimentar máquina	Colocar peça no giro	Acionar botão de medição	3,3	2,5	4,4	3,5		3,4		3,4		
E	Espera máquina (medição)	Acionar botão de medição	Abrir pratos de medição	20,6	24,2	26,3	29,4		25,1				21,7
A	Leitura e aprovação da peça	Abrir pratos de medição	Abrir porta	21,5	26,1	28,1	30,1		26,5			1,4	
3	Descarregar máquina	Abrir porta	Retirar peça da máquina	25,5	28,4	29,5	31,2		28,6		2,2		
A	Liberar para próxima operação	Retirar peça da máquina	Colocar no espeto do lase	27,4	31,1	32,1	34,3		31,2			2,6	
A	Retornar para posição inicial	Colocar no espeto do lase	Colocar peça no giro	30,1	37,4	38,1	36,6		35,6			4,3	
E	Operador atividade parada	Realização de retrabalho		4,0	9,0	2,4			15,4	15,4			
MAQUINA													
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada (min)	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total					
1	Máquina 01	5,6	21,7				27,3						
2	Operador			8,3		8,3							
3	Desperdício/retrabalho				15,4		0,0	35,6					



**Figura 4.16 – Tomada de tempo do recurso giro livre da célula DGM 02**

Fonte – ZF Sachs do Brasil

 <b>FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - F</b> 													
Família de produto: 430WGTZ				Folha: 01 / 01		Data: 19-07-2010		Tempo de acompanhamento: <b>2 horas</b>					
Nome do Processo: Montagem DGM2						Posto de Trabalho: <b>Montagem de mola de torção operador 2</b>							
OPERADOR													
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum seg	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera
	Montagem de mola de torção			24,15	25,23	22,68			24,02		24,02		
	Abastecer posto			15,00	67,00				82,00			57,98	
	Abastecer prensa			92,00	21,00				56,50				
	Pré montagem de mola												
	Abastecer pré montagem												
	Operador atividade parada												
MAQUINA													
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total (seg)					
1	Máquina 01	0,00	0,00				0,00	<b>24,02</b>					
2	Operador		24,02	57,98		82,00							
3	Desperdício/retrabalho				0,00								

**Figura 4.17 – Montagem da mola de torção da célula DGM 02**

**Fonte – ZF Sachs do Brasil**

 <b>FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - F</b> 													
Família de produto: 430WGTZ				Folha: 01 / 01		Data: 19-07-2010		Tempo de acompanhamento: <b>2 horas</b>					
Nome do Processo: Montagem DGM2						Posto de Trabalho: <b>Montagem do conjunto operador 9</b>							
OPERADOR													
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum seg	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera
1	Montagem do conjunto					0,45			0,45		0,45		
A	Abatecimento do posto					0,11			0,56			0,11	
A	Abastecimento da prensa					1,00			1,56			1,00	
E	Pré - montagem da mola					2,00			3,56		2,00		
E	Montagem da mola					1,75			5,31		1,75		
MAQUINA													
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total (seg)					
1	Máquina 01	0,00	0,00				0,00	<b>0,45</b>					
2	Operador		0,45	0,11		0,56							
3	Desperdício/retrabalho				4,75								

**Figura 4.18 – Montagem do conjunto da célula DGM 02**

**Fonte – ZF Sachs do Brasil**

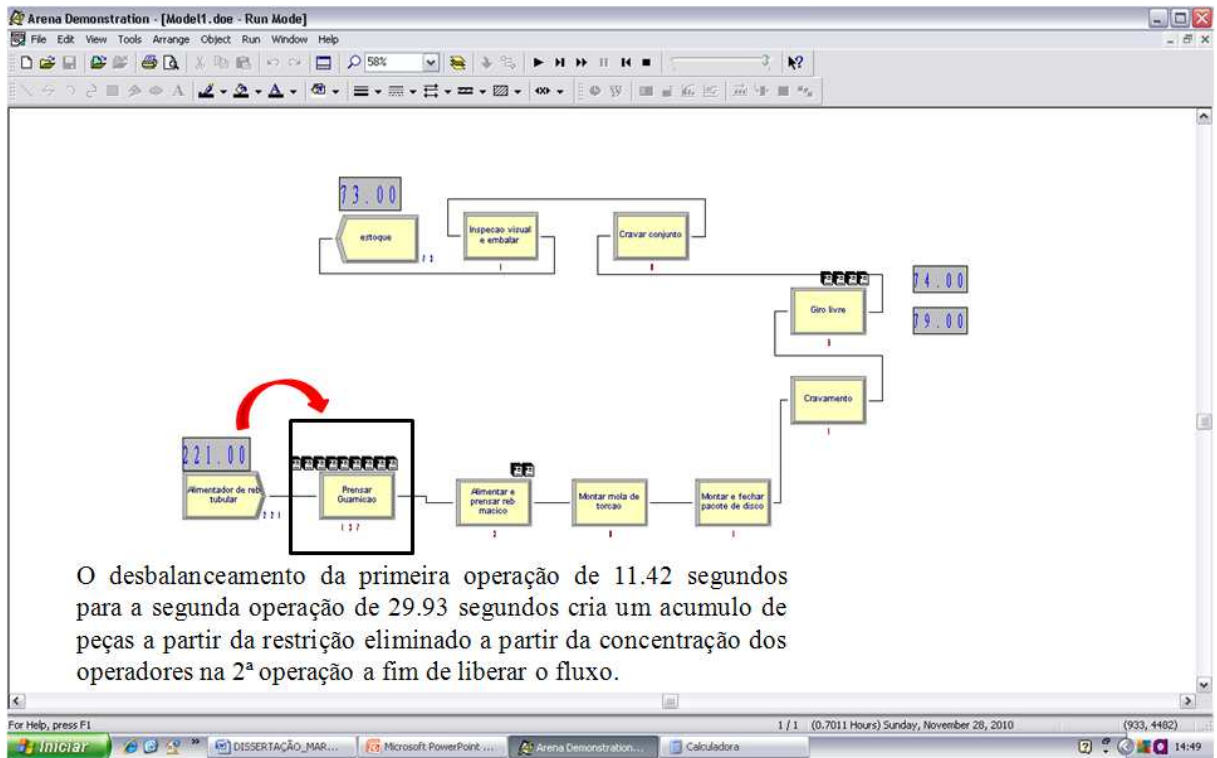


Figura 4.19 – Simulação do fluxo de produção da célula DGM02

Fonte: Próprio Autor

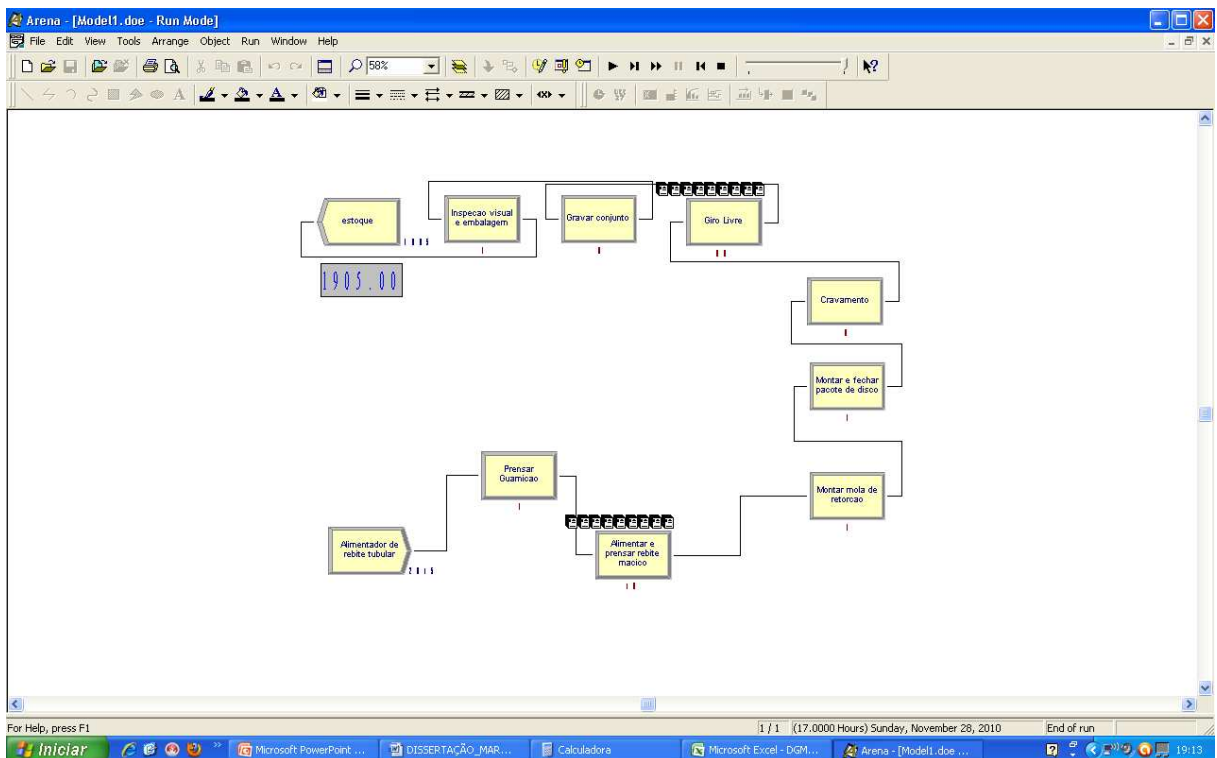


Figura 4.20 – Ajuste do tempo da operação 10 de 11.42 segundos para 29.93 segundos da 2ª operação. Fonte: Próprio Autor.



O resultado apresentado na Figura 4.20 pela simulação indica os gargalos nas operações alimentar e prensar o rebite maciço e a operação de giro livre, embora a produção de acordo com a estimativa de 1905 peças seja bem razoável.

A falta de padronização das atividades restringe a produção a 1150 na operação real.



**Figura 4.21 – Visual do *layout* anterior da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Após a medição dos tempos de processo e a identificação das restrições de fluxo da célula a ter um fluxo contínuo de produção, foi elaborado o mapa do fluxo de valor atual de acordo com a Figura 4.11. A Figura 4.22 apresenta um resumo dos parâmetros de processo definidos a partir do mapeamento do fluxo atual.

É importante salientar que os dados utilizados é resultado do *kaizen* de processo realizado em agosto de 2010 e o estudo quanto à operação da célula em termos de demanda é baseado no plano mestre de produção da semana do dia 28/02/2011 a 28/03/2011 para a simulação da programação da produção a partir do modelo proposto.

<b>5 semanas</b>	605 total de horas	35909 demanda mensal
<b>Seg - Sexta</b>	21 horas por dia	75600 segundos por dia - seg. a sexta.
<b>Sábado</b>	16 horas por dia	57600 segundos por dia - sábado
Para o plano mestre de produção de 5 semanas a produção em unidades é de 35909 peças no período de 5 semanas.	30 dias úteis por mês	1197 demanda diária
	605 horas úteis por mês	2178000 segundos por mês
	525 horas por mês - seg. sexta	75600 segundos por dia - seg. a sexta
	80 horas úteis por mês - sábado	57600 segundos por dia - sábado
	<i>63,16 TAKT TIME do cliente em seg. - seg. a sexta</i>	
	<i>48,12 TAKT TIME do cliente em seg. sábado</i>	

**Figura 4.22 – Jornada e trabalho e *takt time* a partir do plano mestre de produção**

**Fonte: Próprio autor**

A disposição dos operadores no *layout* da célula, antes das melhorias propostas, é representada pela Figura 4.23 e com a alteração pela Figura 4.25. As Figuras 4.23 a 4.26 mostram a adequação do *layout* da célula DGM02 com o propósito de adequar o fluxo de produção. As Figuras 4.23 a 4.25 mostram a evolução do processo de adequação do *layout* da célula DGM02 sendo:

1. A Figura 4.23 ilustra a retirada das áreas de abastecimento de mola de torção e mola de guarnição da área da célula para um espaço próximo, mas fora da área de operação.
2. A Figura 4.24 mostra a criação do posto de pré-montagem na célula de manufatura.
3. A Figura 4.25 mostra o deslocamento do operador 10 para o posto de pré-montagem criado na célula.
4. A Figura 4.26 mostra a identificação da operação crítica (pré-amortecimento) e da operação gargalo (giro livre) com a implementação dos carrinhos para movimentação na prensa tubular, fechamento do conjunto e balanceamento.
5. O uso de esteiras de movimentação entre a prensa tubular e prensa maciço, prensa fechamento e balanceamento e no laser são identificadas nas Figuras 4.27 e 4.28.

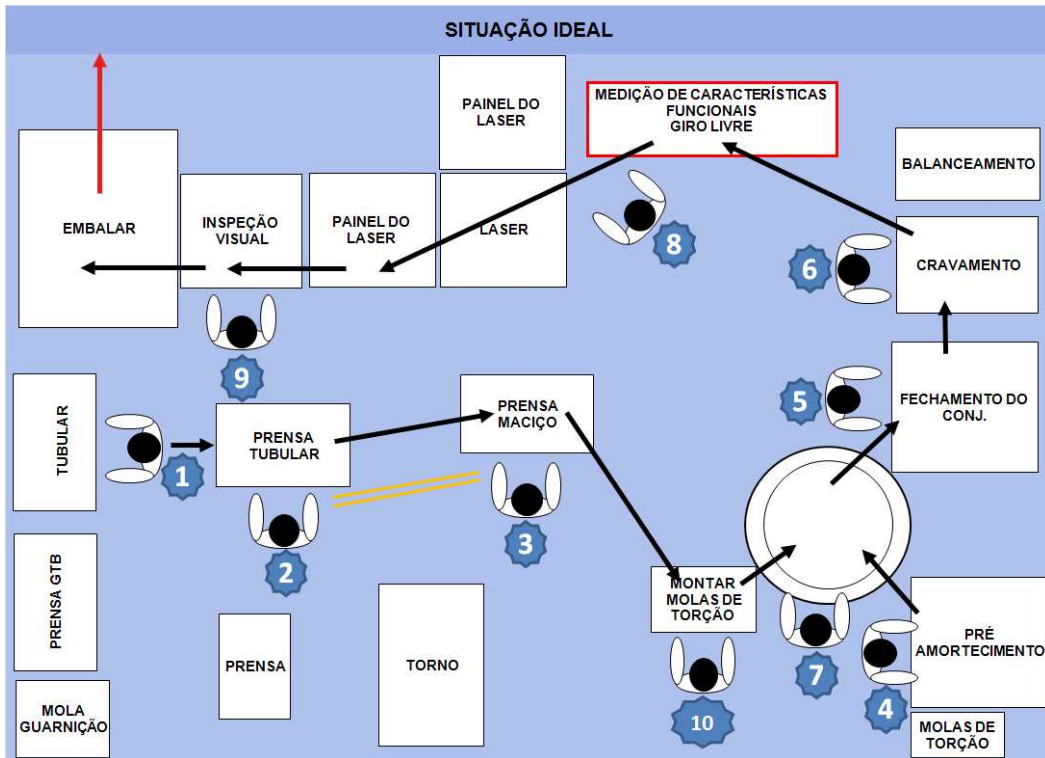


Figura 4.23 – Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 –  
01. Fonte: Próprio autor

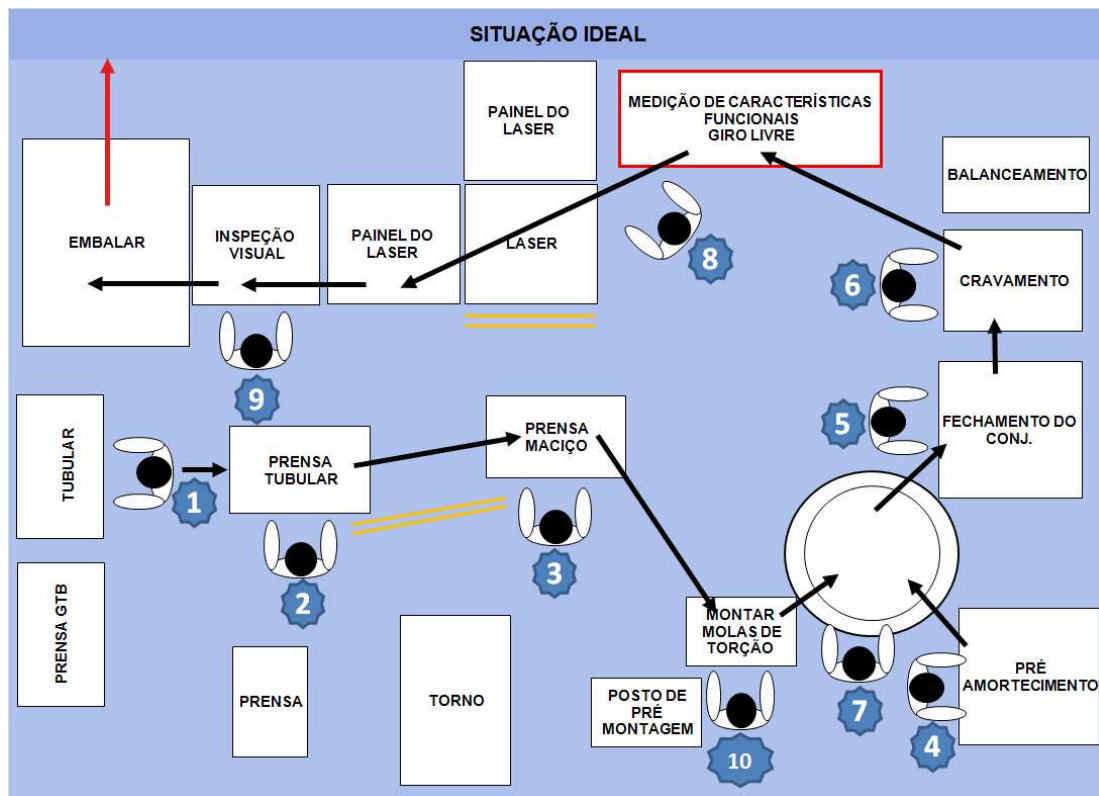


Figura 4.24 – Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 –  
02. Fonte: Próprio autor



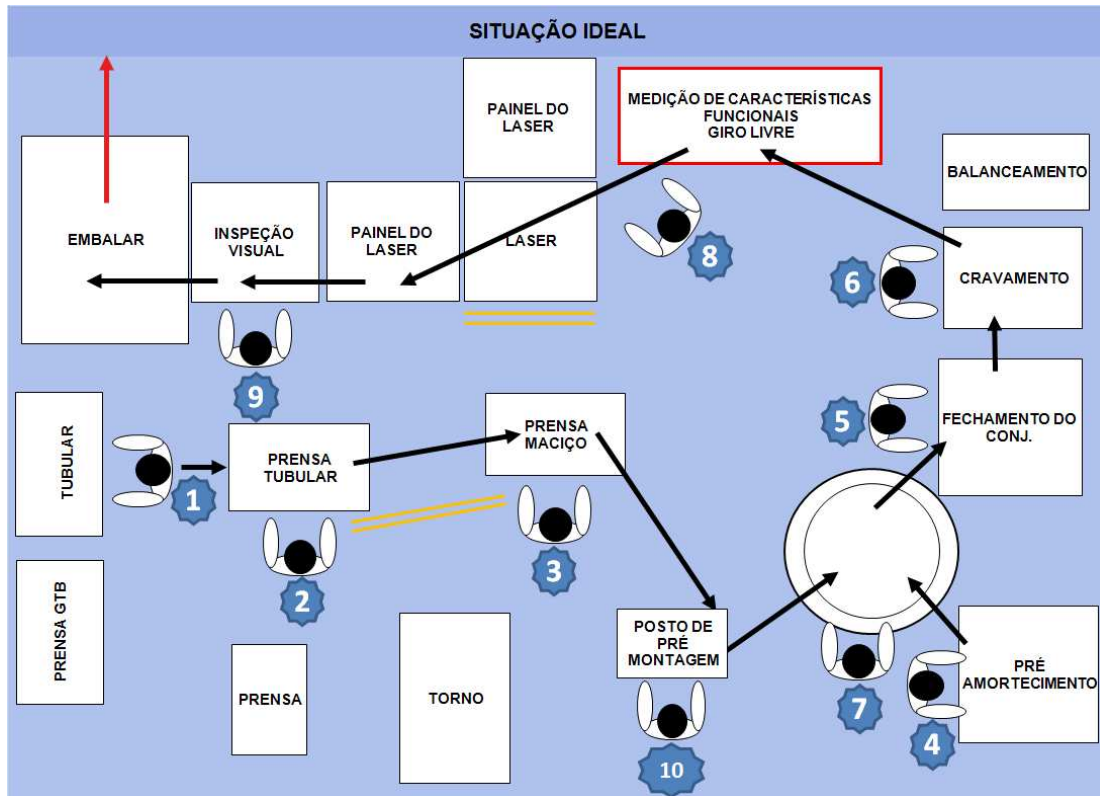


Figura 4.25 – Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 03. Fonte: Próprio autor

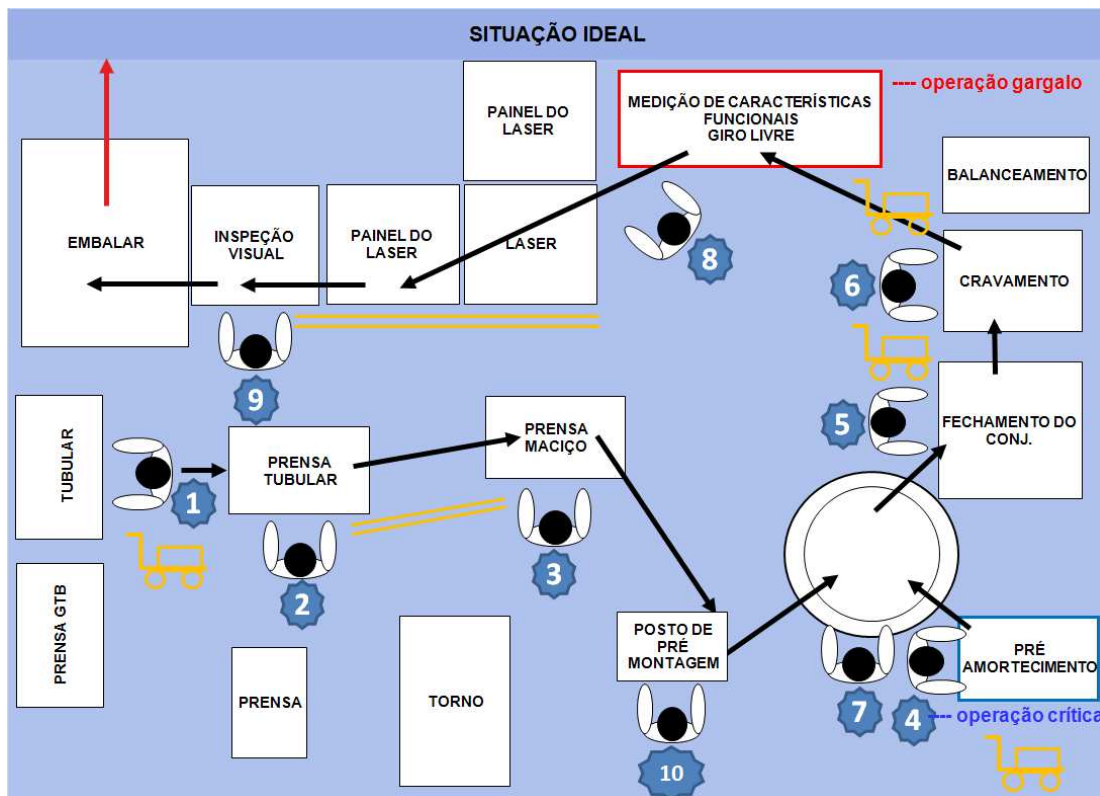


Figura 4.26 – Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 04. Fonte: Próprio autor

## Movimentação e *Layout*

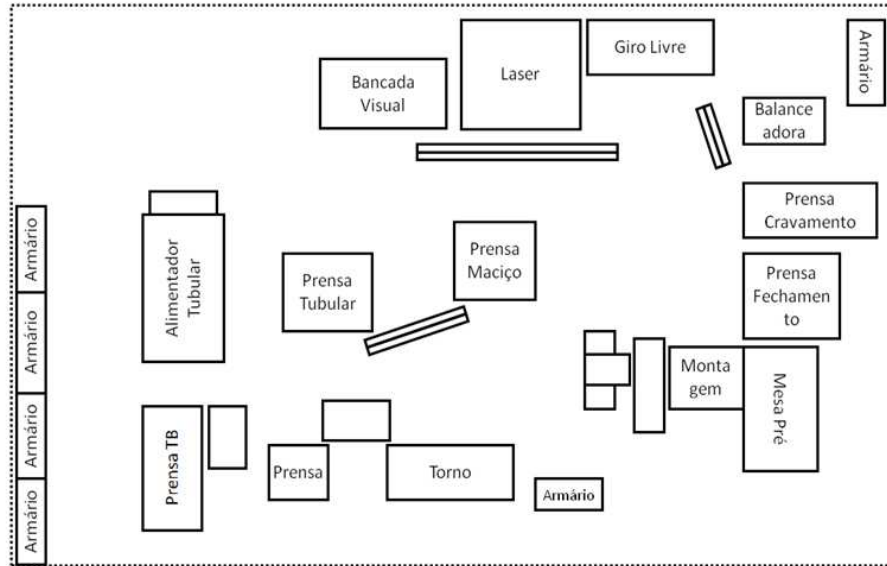


Figura 4.27 – *Layout* anterior da célula DGM02 (*Kaizen* de *Setup*)

Fonte: Empresa ZF Sachs

## Movimentação e *Layout*

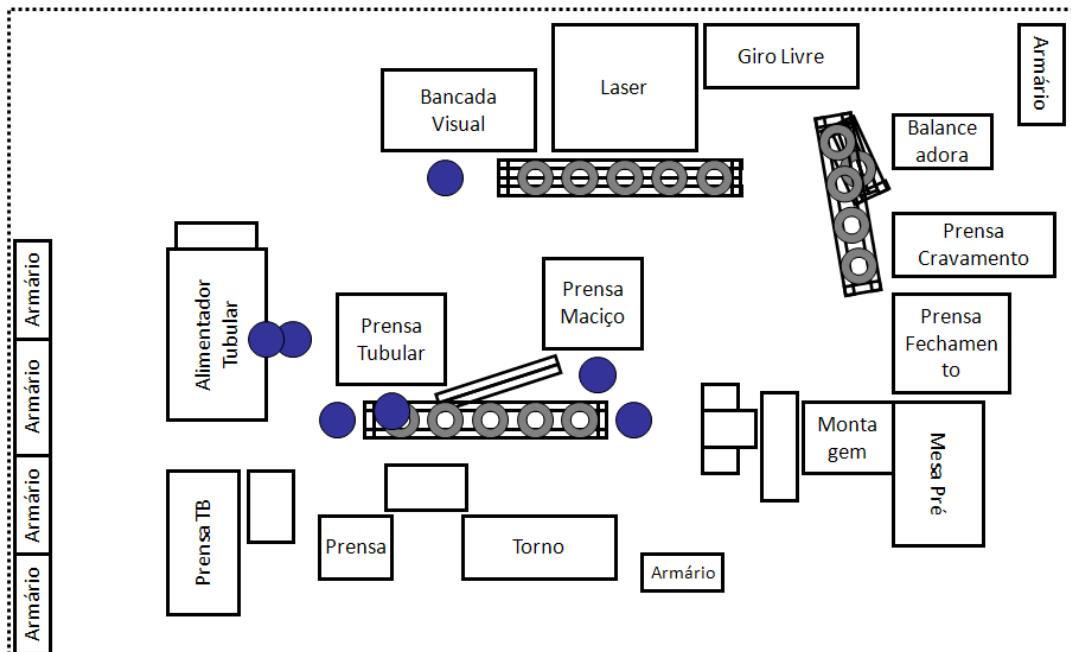
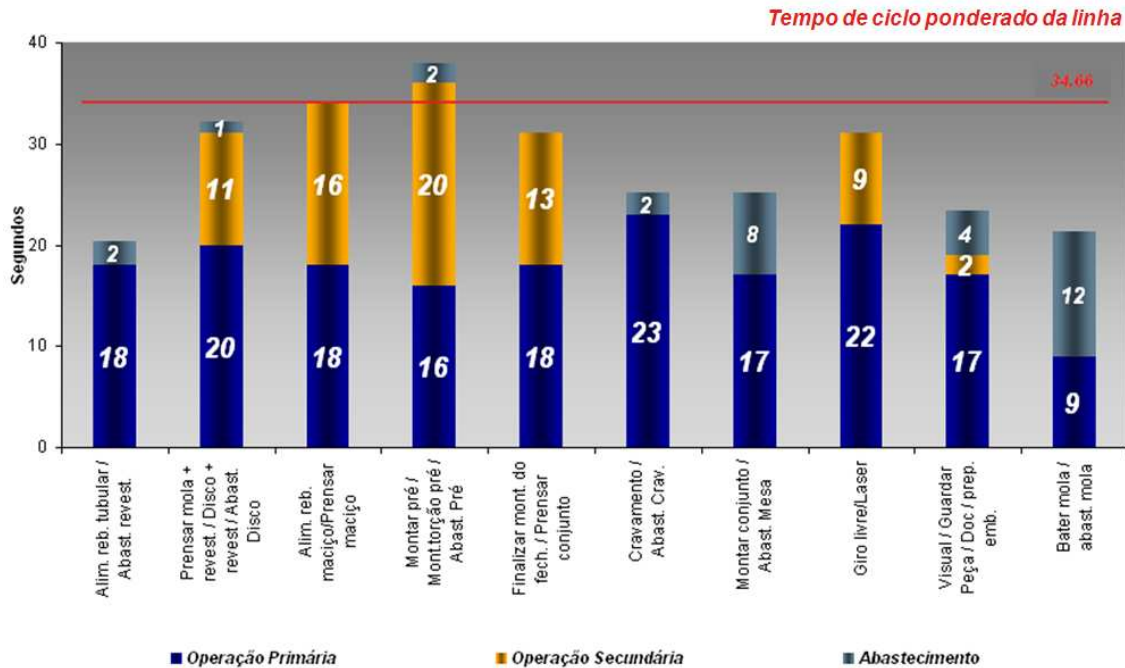


Figura 4.28 – *Layout* posterior da célula DGM02 (*Kaizen* de *Setup*)

Fonte: Empresa ZF Sachs

A partir da nova concepção do *layout*, há a necessidade do balanceamento dos tempos das atividades, desbalanceado de acordo com a Figura 4.29 a partir dos tempos cronometrados de acordo com os formulários apresentados anteriormente.



**Figura 4.29 – Cronoanálise das atividades da Célula DGM02**

**Fonte: Próprio autor**

As Figuras 4.30 a 4.40 representam as etapas do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02 identificando as alterações realizadas. As operações de cor cinza representam as atividades de abastecimento da célula, as de cor azul escuro operações primárias e as de cor marrom as operações secundárias.

A Figura 4.41 mostra o balanceamento finalizado como referência a Figura 4.40.

As Figuras 4.42 a 4.35 mostram as quatro opções de fluxos de produção propostos, sendo a Figura 4.34 o fluxo adotado e a Figura 4.35 mostra o *layout* atual da célula DGM02 após as mudanças realizadas.

**Tabela 4.1. – Descrição do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02 a partir das Figuras 4.30 a 4.45. Fonte: Próprio autor**

Figuras	Operação precedente	Operação referência	Operação Posterior	Alteração
4.30	-----	-----	-----	Condição inicial
4.31	-----	Operação 01	Operação 02	Atividade de abastecimento de 1 segundo transferida da operação 02 para a operação 01. O abastecedor cuida do abastecimento na operação 01.
4.32	-----	Operação 01	-----	Ajuste da operação 01 passando a operação primária para 19 segundos e a operação de abastecimento para 6 segundos.
4.33	-----	Operação 02	-----	Ajuste da operação 02 passando a operação primária para 19 segundos e a operação secundária para 12 segundos.
4.34	-----	Operação 03	-----	Ajuste da operação 03 passando a operação primária para 18 segundos e a operação secundária para 11 segundos.
4.35	-----	Operação 04	-----	Ajuste da operação 04 passando a operação primária para 10 segundos e a operação secundária para 16 segundos e 02 segundos de abastecimento.
4.36	-----	Operação 05	-----	Ajuste da operação 05 passando a operação primária para 19 segundos e a operação secundária para 12 segundos.
4.37	-----	Operação 07	Operação 10	Atividade de abastecimento de 8 segundos transferida da operação 07 para a operação 10. O abastecedor cuida do abastecimento na operação 10 01.
4.38	-----	Operação 07	-----	Ajuste da operação 07 passando a operação primária para 32 segundos eliminando a operação secundária.
4.39	-----	Operação 08	-----	Ajuste da operação 08 passando a operação primária para 24 segundos e a operação secundária para 09 segundos.
4.39	-----	Operação 09	-----	Ajuste da operação 09 passando a operação primária para 22 segundos, operação de abastecimento para 04 segundos e a operação secundária para 02 segundos.
4.40	-----	Operação 10	-----	Ajuste da operação 10 passando a operação primária para 12 segundos, operação de abastecimento para 08 segundos e a operação secundária para 10 segundos.
4.42	-----	-----	-----	Condição Final com a descrição das operações
4.43	-----	-----	-----	1ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
4.44	-----	-----	-----	2ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
4.45	-----	-----	-----	3ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
4.46	-----	-----	-----	4ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
4.47	-----	-----	-----	Visual do <i>layout</i> atual da célula após as mudanças realizadas

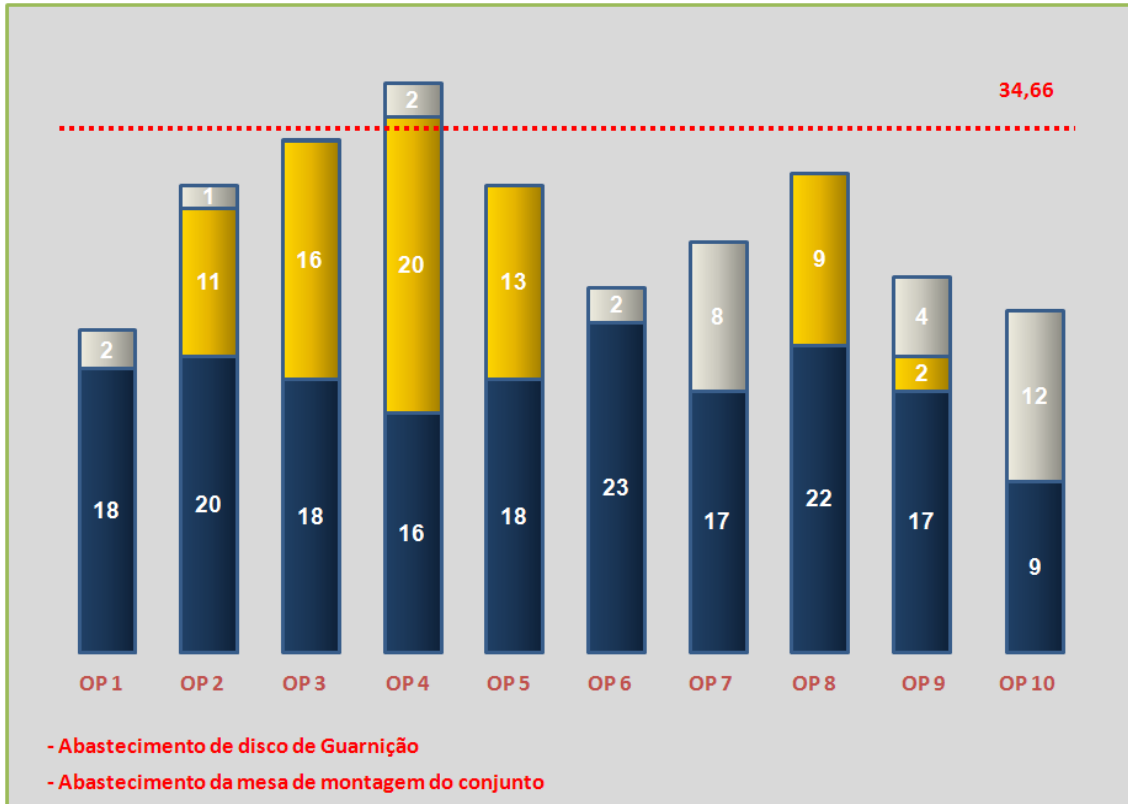


Figura 4.30 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 01

Fonte: Empresa ZF Sachs

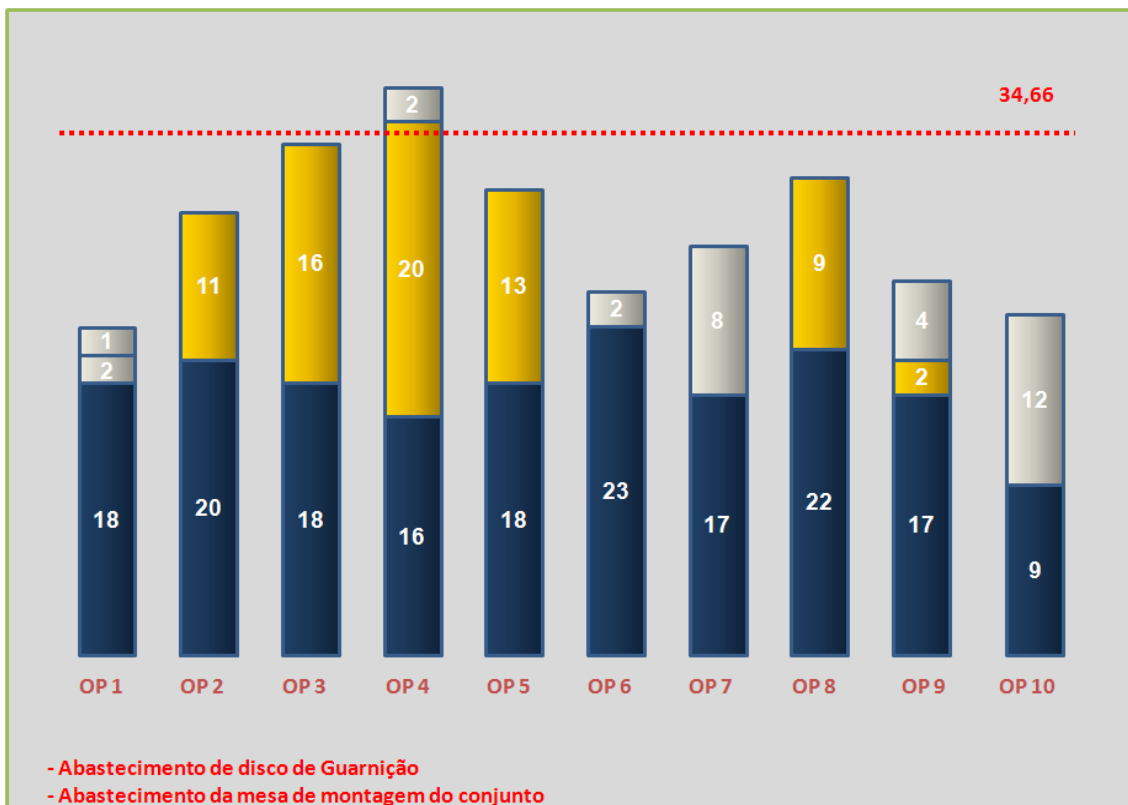


Figura 4.31 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 02

Fonte: Empresa ZF Sachs

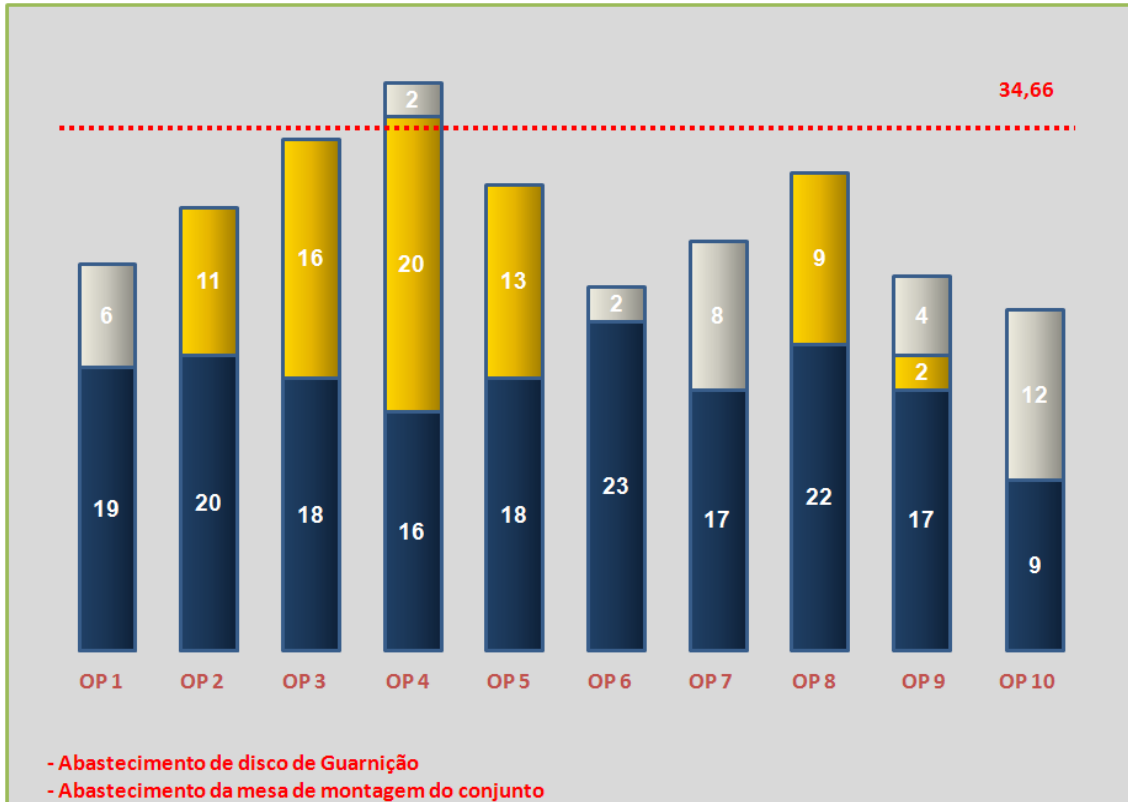


Figura 4.32 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 03

Fonte: Empresa ZF Sachs

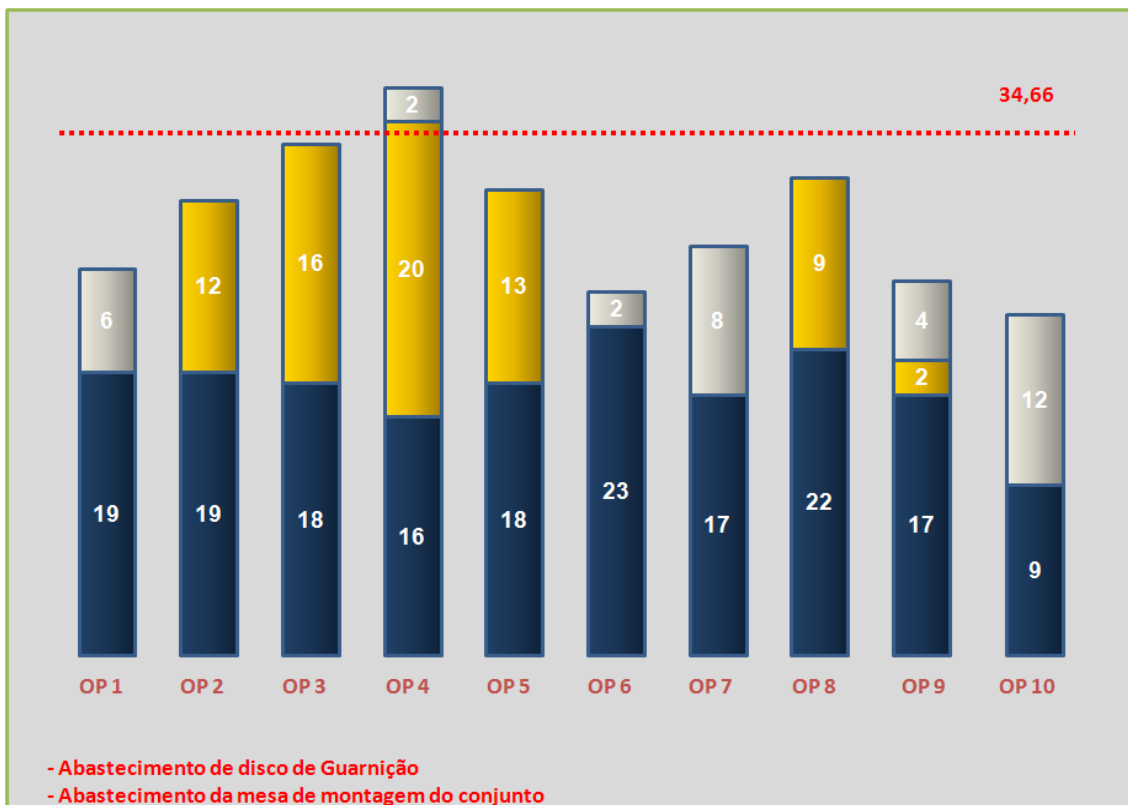


Figura 4.33 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 04

Fonte: Empresa ZF Sachs

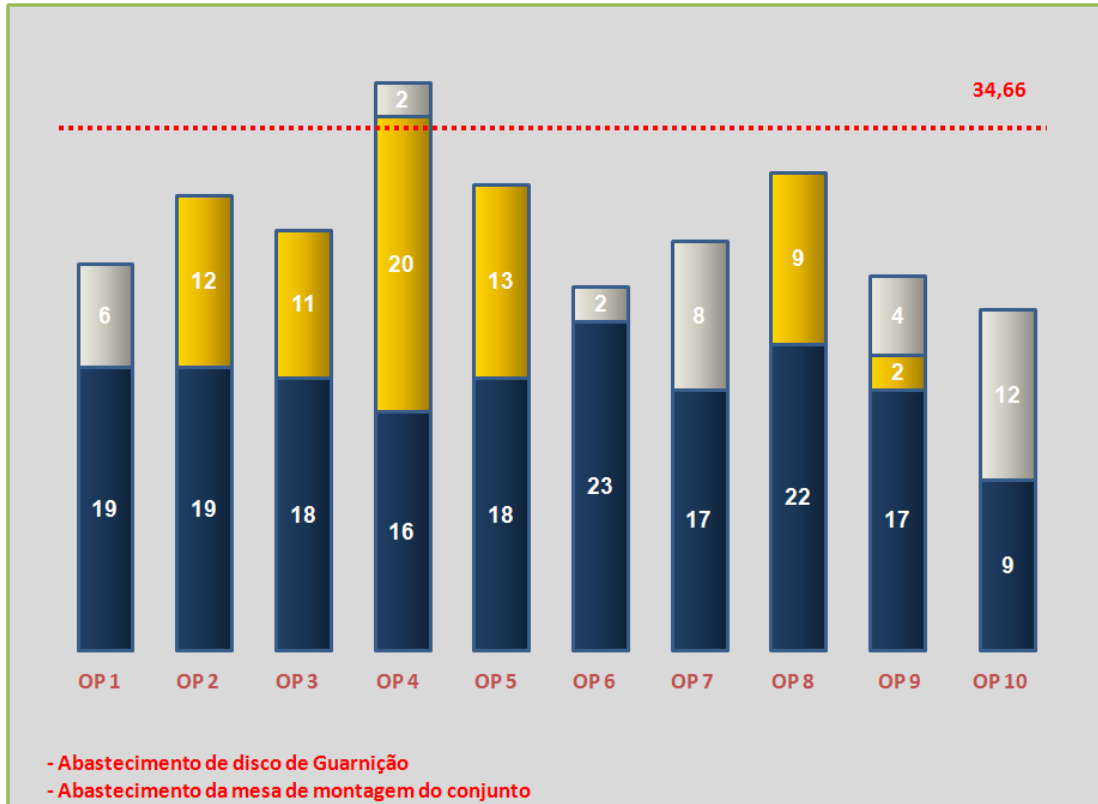


Figura 4.34 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 05

Fonte: Empresa ZF Sachs

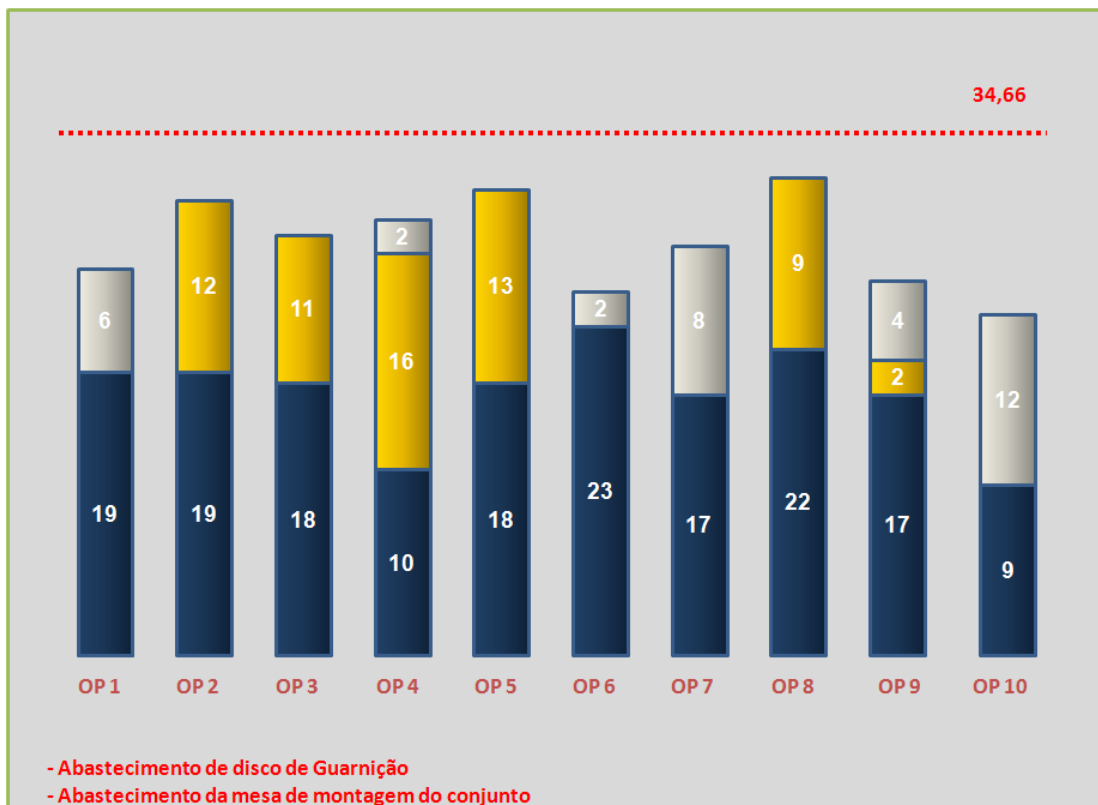


Figura 4.35 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 06

Fonte: Empresa ZF Sachs

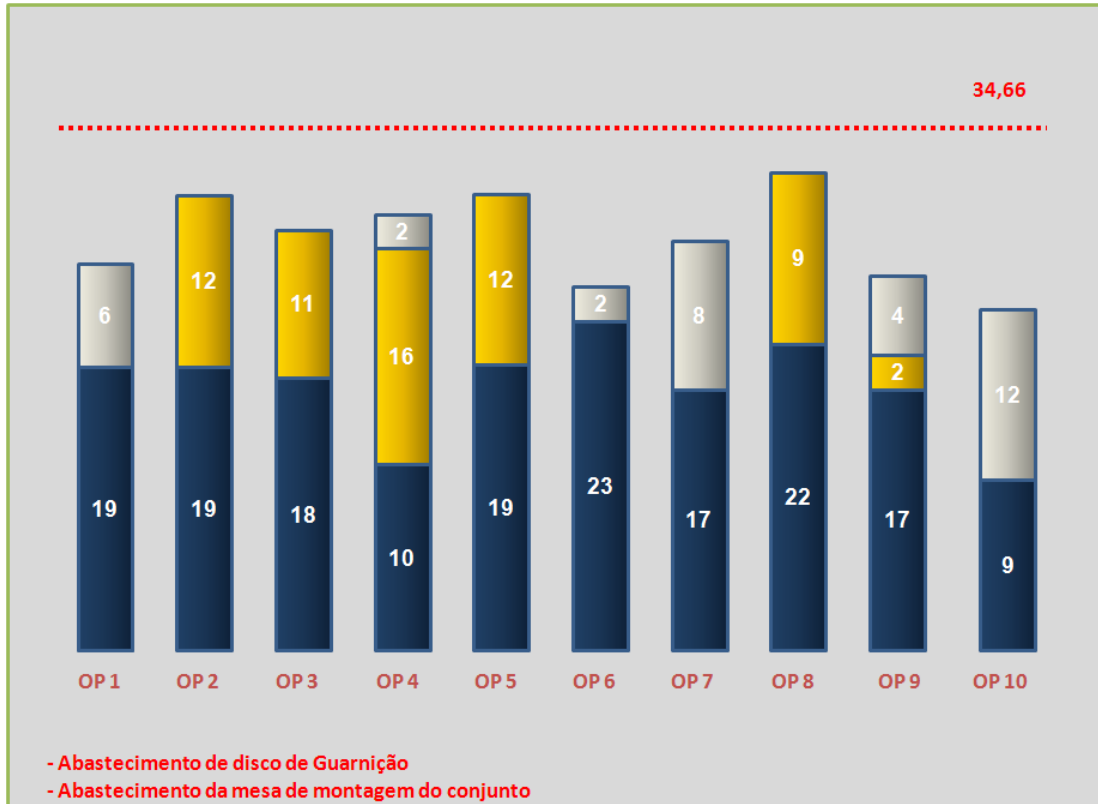


Figura 4.36 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 07

Fonte: Empresa ZF Sachs

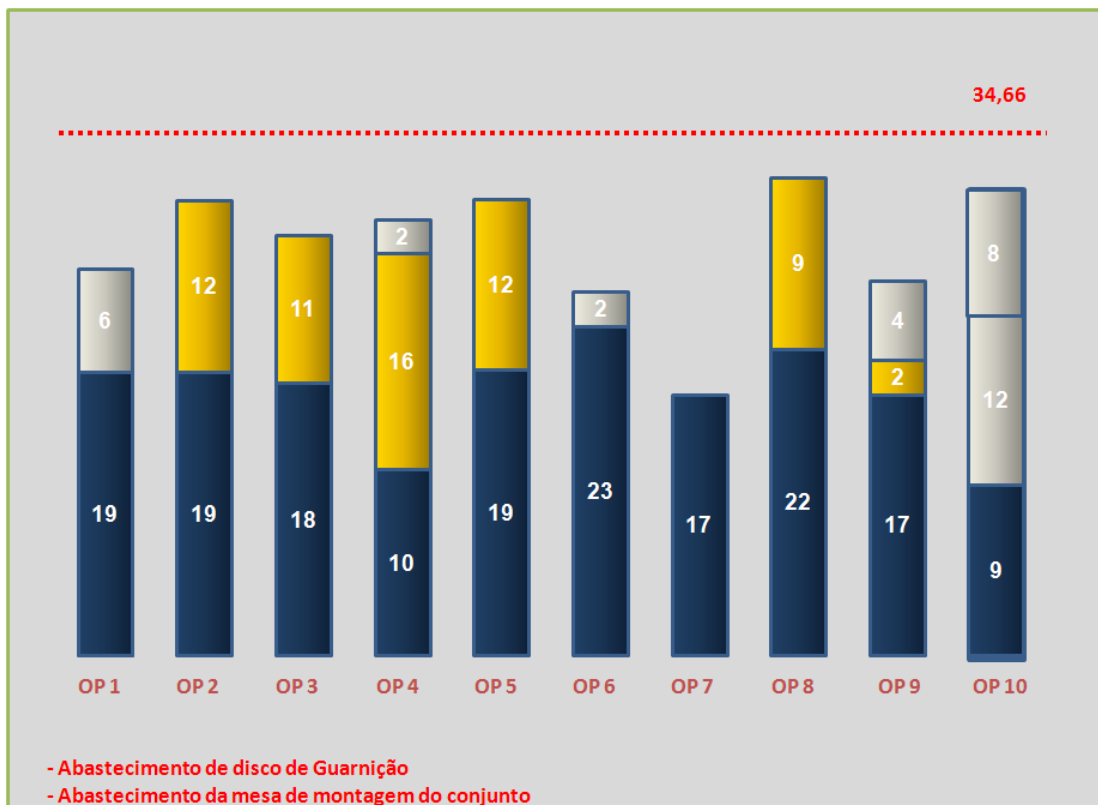


Figura 4.37 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 08

Fonte: Empresa ZF Sachs



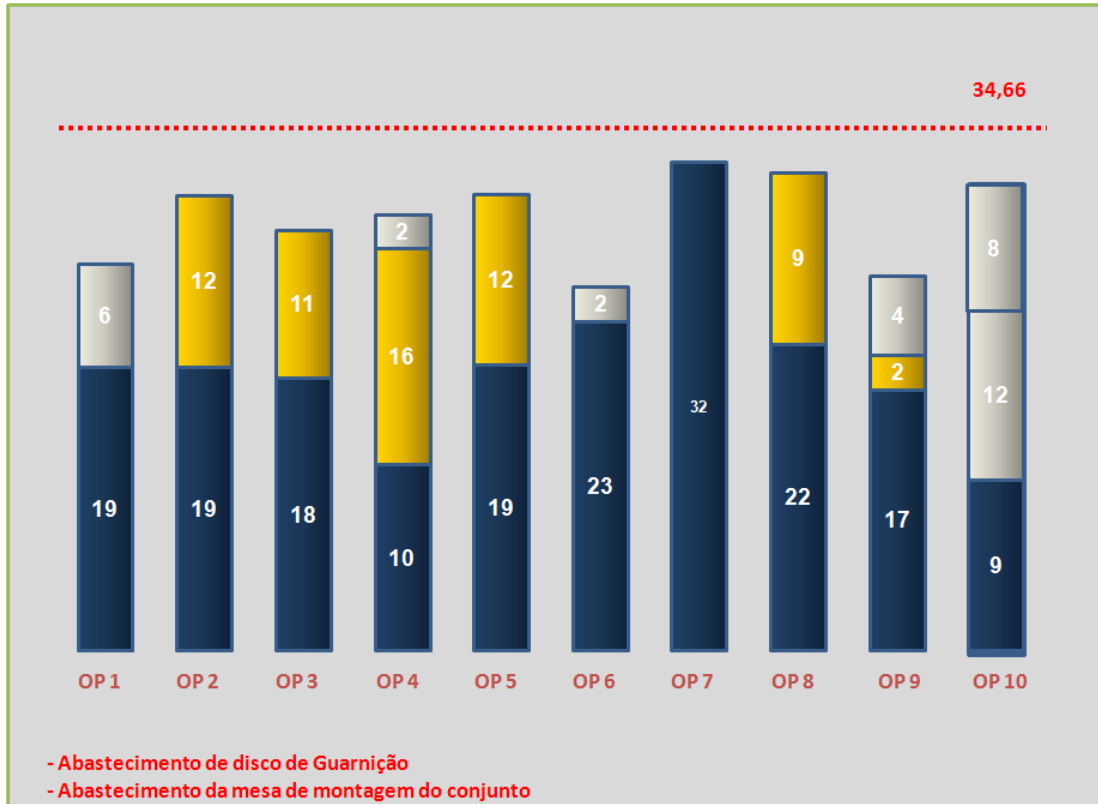


Figura 4.38 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 09

Fonte: Empresa ZF Sachs

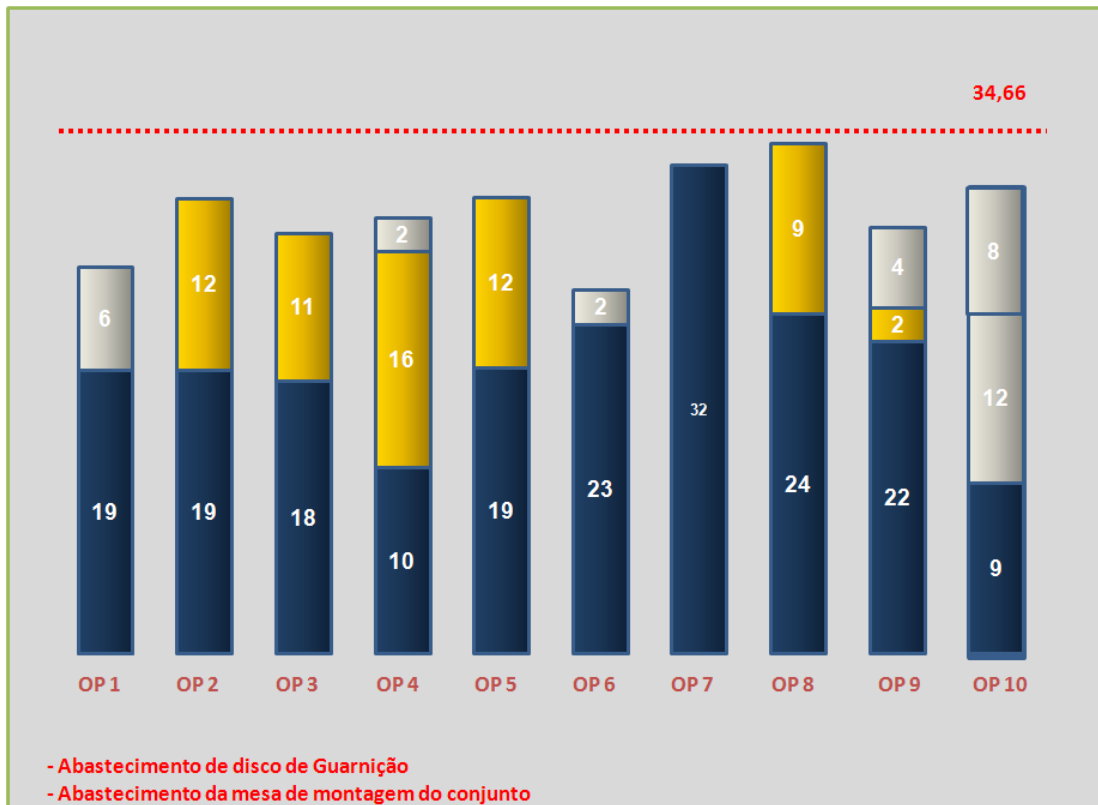


Figura 4.39 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 10

Fonte: Empresa ZF Sachs

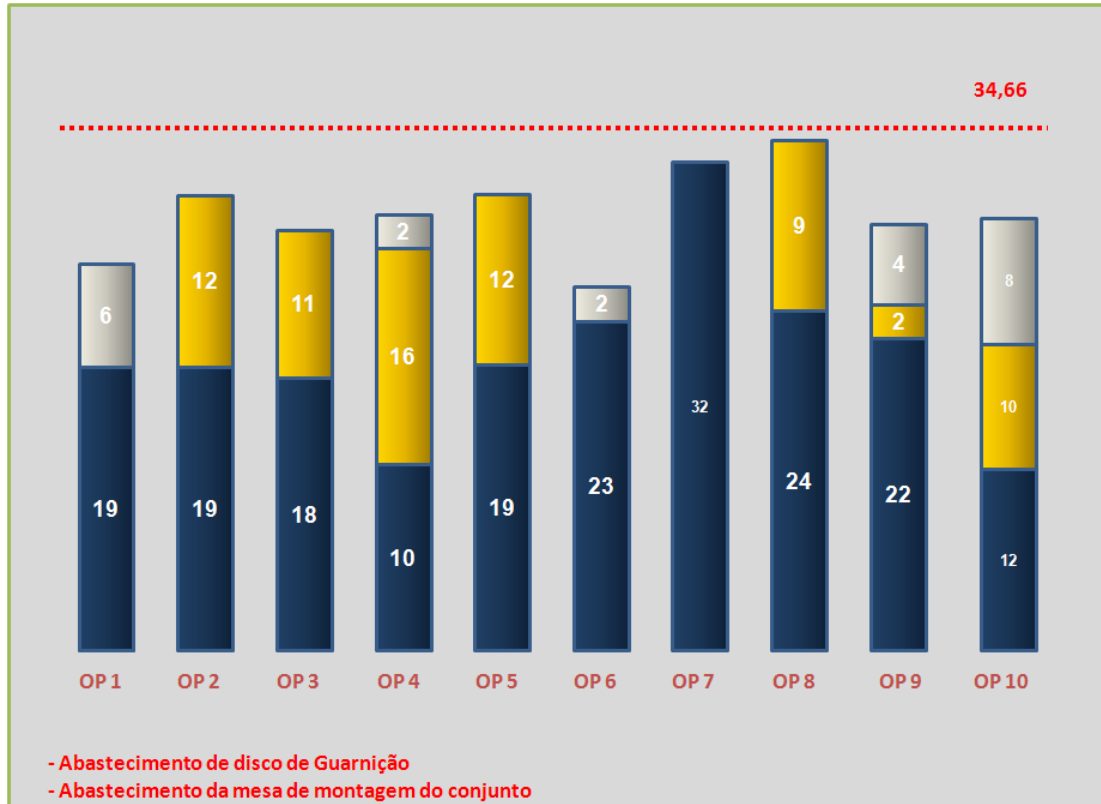


Figura 4.40 – Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 11

Fonte: Empresa ZF Sachs

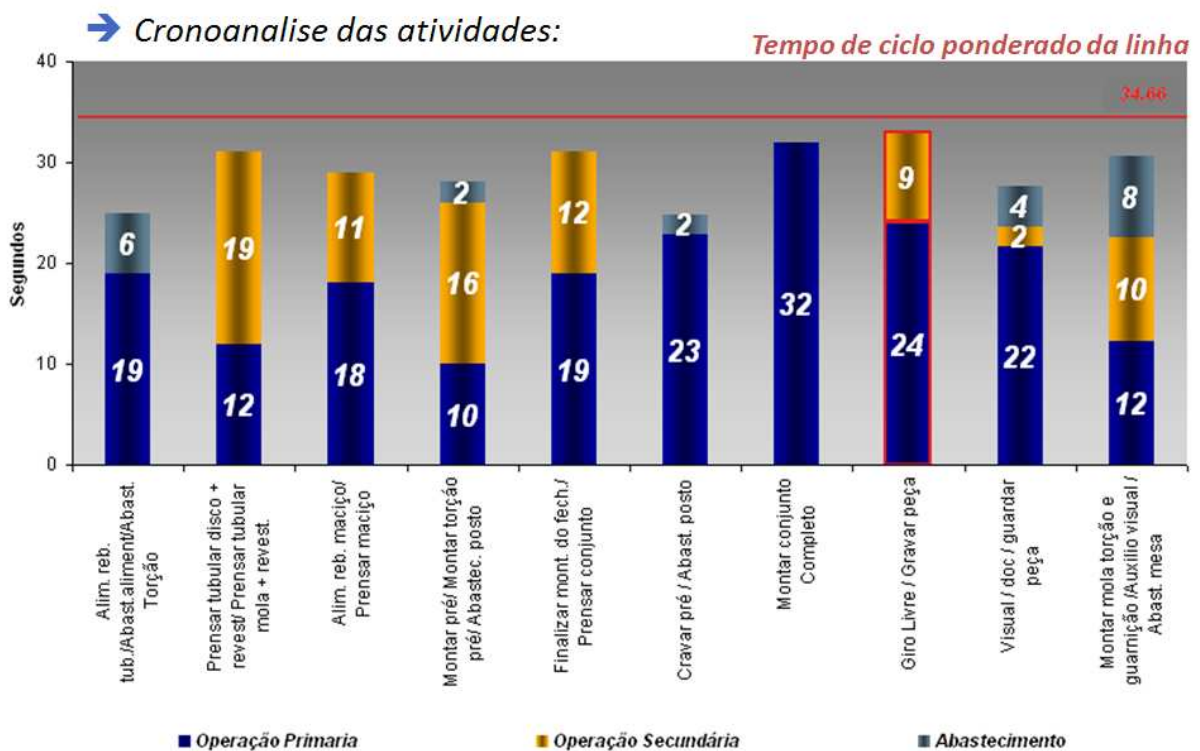


Figura 4.41 – Tempo de ciclo ponderado da Célula DGM02

Fonte: Empresa ZF Sachs

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	-
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
100	10	Montar mola de torção (20')	-
		Montar guarnição (20')	-
		Abastecer mesa de montagem	-

**Figura 4.42 – 1ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

O fluxo de produção proposto, representado pela Figura 4.44, foi o escolhido em função de uma melhor distribuição das atividades por operador como pode ser observado.

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
			Montar mola de guarnição
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	-
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
100	10	Montar mola de torção (20')	-
		Auxílio pré	-
		Abastecer mesa de montagem	-

**Figura 4.43 – 2ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador Abastecer disco torção
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	<b>Abastecer a mesa de pré e montagem</b>
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
		Montar mola de torção (20´)	-
100	10	Auxílio Visual	Abastecer mesa de montagem
		<b>Montar mola de guarnição</b>	-

**Figura 4.44 – 3ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02 (Aprovado)**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

A nova concepção do *layout* apresentado na Figura 4.46 identifica uma redução significativa do *WIP* na célula de manufatura.

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
		Montar mola de torção (20´)	v
100	10	Abastecer a mesa de pré e	-
		Montar mola de guarnição	-
<b>110</b>	<b>11</b>	<b>Montagem do pré</b>	v
			-
			-

**Figura 4.45 – 4ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**



**Figura 4.46 – Visual do *layout* atual da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

A partir da adequação do fluxo de produção e *layout* as premissas de produção definidas foram:

1. Todas as peças do giro livre que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregadas no espeto amarelo ao lado do giro para que possam ser retrabalhada fora do fluxo; (rejeição > 10 peças na hora, parar a produção e acionar departamento da qualidade).
2. Todas as peças do *laser* que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregada na caixa vermelha da célula para que possam ser retrabalhada fora do fluxo; (rejeição >3 na hora, parar a produção e acionar departamento de manutenção).
3. Durante a produção o estoque em processo deverá respeitar os limites de:
  - a. < 5 peças entre as operações;
  - b. entre 6 a 15 peças na montagem de pré amortecimento.
4. Na troca de turno os operadores deverão respeitar os limites de processo citados acima.



5. O balanceamento do fluxo com 10 operadores não levou em consideração a montagem dos mercados de *kit* e reposição, onde aplica a operação de embalagem individual do produto, havendo a necessidade de mais um operador.

A Figura 4.47 mostra as pendências do projeto de melhoria da célula de manufatura DGM02 a serem realizadas.

<i>Pendencias Kaizen 30 dias</i>		<i>Operação</i>	<i>Responsável</i>	<i>Prazo</i>
1	Confeccionar bancada de abastecimento externo	Posto de abastecimento	Mateus - OAE	1-set-10
2	Confeccionar carrinho para abastecimento do disco de torção	Rebite tubular	Mateus - OAE	1-set-10
3	Confeccionar suporte para mola de guarnição na prensa de montagem	Rebite tubular	Mateus - OAE	1-set-10
4	Confeccionar mesa para montagem do pré amortecimento com adequação dos componentes	Posto de mont. do pré	Mateus - OAE	15-ago-10
5	Instalação da nova mesa para montagem do produto	Posto de mont. do conjunto	Mateus - OAE	15-ago-10
6	Confeccionar carrinho para abastecimento dos componentes de montagem	Posto de montagem	Mateus - OAE	1-set-10
7	Confeccionar carrinho para abastecimento dos componentes do cravamento	Posto de cravamento	Mateus - OAE	1-set-10
8	Adequar mesa para a pré montagem do cravamento	Posto de cravamento	Mateus - OAE	1-set-10
9	Adequar transporte de peça entre prensa de cravamento e giro livre	Giro livre	Mateus - OAE	1-set-10
10	Posicionar botão de liberação do giro livre (F2) próximo ao operador	Giro livre	Mateus - OAE	10-ago-10
11	Confeccionar canaleta para transporte de peça entre giro livre e inspeção visual	Visual	Mateus - OAE	1-set-10
12	Adequar o Lay-Out do armário de ferramenta	Posto de abastecimento	Mateus - OAE	29-jul-10

**Figura 4.47– Pendências da Célula DGM02**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

#### **4.6.3 Kaizen de Setup**

No período de junho a agosto de 2010 foi verificado que a célula DGM02 possuía um número médio de 5 *setups* por dia com uma duração média de 23 minutos e com um desvio padrão de 20 minutos, porém, ocorre também *setup* de menor duração (somente componente) com uma média de 9 minutos totalizando em média 12 *setups* por dia, com isso, o tempo utilizado para *setup* na célula impacta diretamente no tempo disponível para produção.

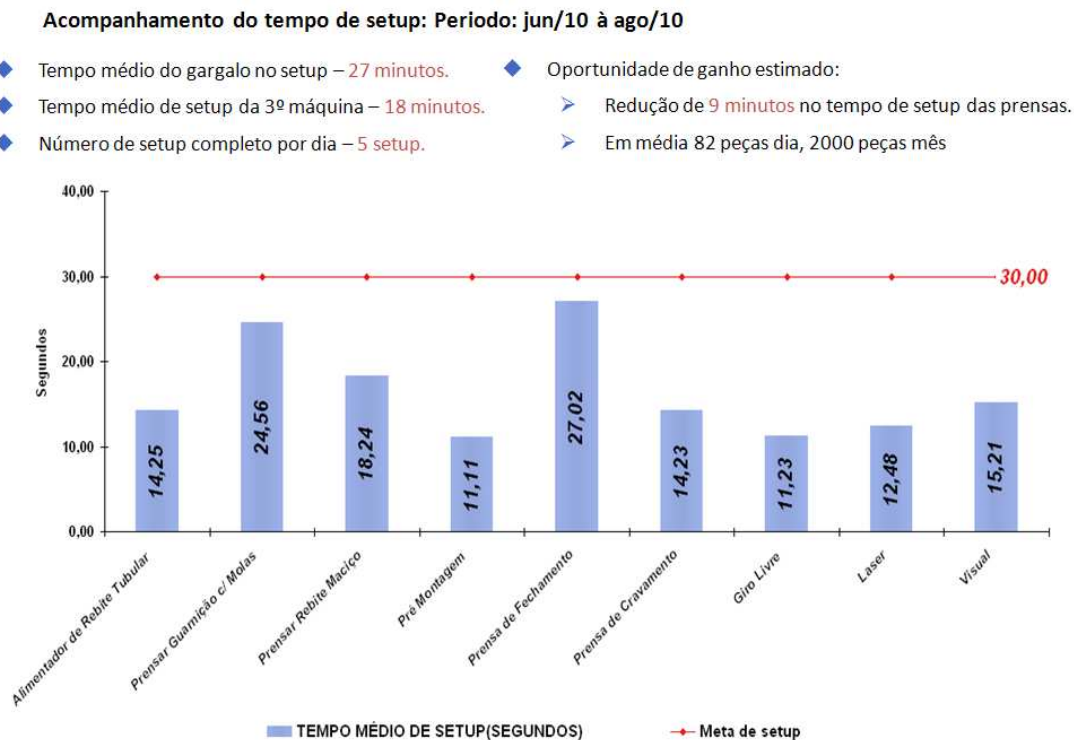
Durante a análise do acompanhamento realizado pela equipe responsável pelo *kaizen* de *setup* na célula, podem ser verificados os fatores que impactam no alto tempo de *setup* da célula, sendo eles:

1. Que o tempo alto de *setup* na célula se concentra somente em 2 máquinas.
2. Todo o *setup* da máquina é interno, pois a operação da mesma é manual.
3. Excesso de movimentação dentro da célula durante o *setup*.
4. Falta de identificação dos dispositivos da máquina.

A partir dos pontos analisados:

1. Adequação do *layout* da célula para que os armários com os dispositivos ficassem próximo a máquina.
2. Identificar todas as ferramentas facilitando a identificação das mesmas.
3. Confeccionar dispositivos da prensa tubular para todos os itens.
4. Tempos de *setup* controlados por meio de um gráfico de *CEP*.

A Figura 4.48 identifica os tempos de *setup* por operação e o padrão de 30 minutos.



**Figura 4.48 – Acompanhamento do tempo de *setup* Célula DGM02**

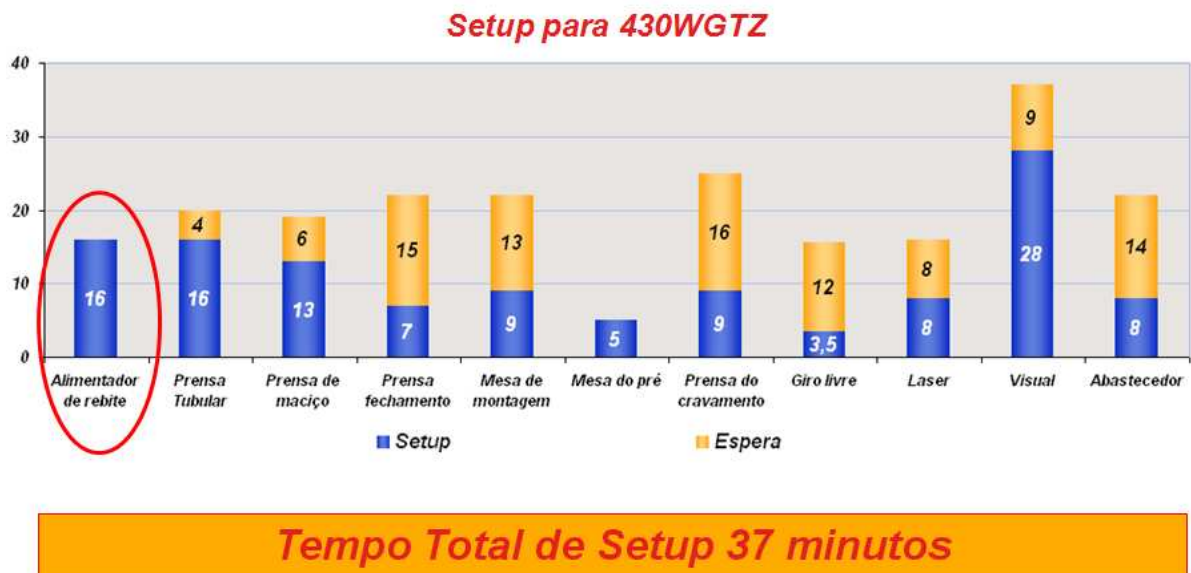
**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Dentre as máquinas da célula DGM02, o Torno e Alimentador de Rebite representam os *setups* mais significativos, sendo feito um trabalho de ajuste de acordo com as Figuras 4.49 e 4.50 para as famílias de produtos 350GTZ e 430WGTZ.



**Figura 4.49 – Setup para 350GTZ da Célula DGM02**

Fonte: Empresa ZF Sachs

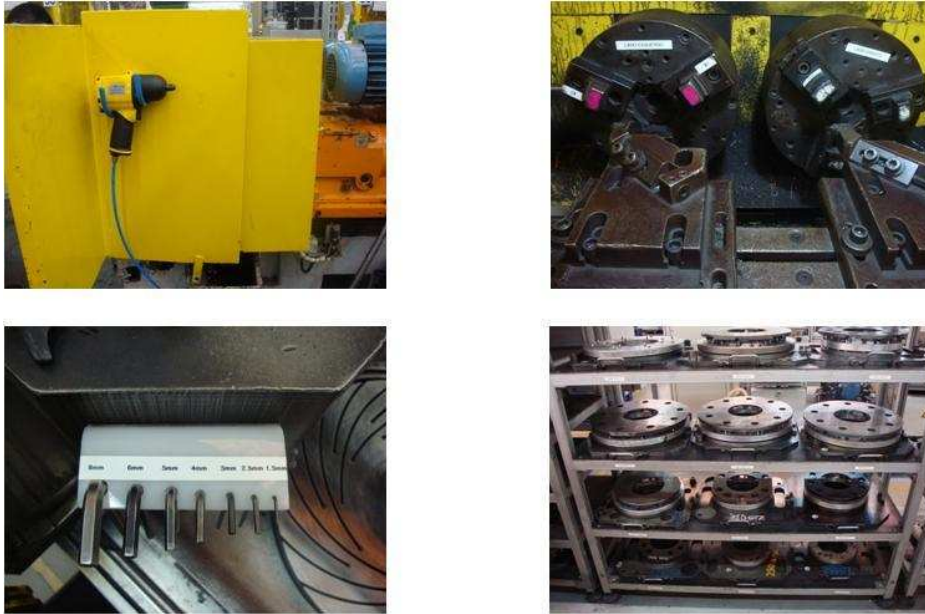


**Figura 4.50 – Setup para 430WGTZ da Célula DGM02**

Fonte: Empresa ZF Sachs

As máquinas relacionadas aos dados de *setup* apresentados nas Figuras 4.49 e 4.50 também tiveram os ferramentais e dispositivos utilizados organizados de acordo com a Figura 4.51 e o plano de ação traçado para o ajuste do *setup* está descrito na Figura 4.52.





**Figura 4.51 – Organização de ferramental e dispositivo da Célula DGM02**  
**Fonte: Empresa ZF Sachs**

GPS		Plano de Ação			ZF SACHS	
Área de atuação / Processo: Célula DGM02 Montagem de disco grande		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 20/09/2010 a 24/09/2010	Workshop: Kaizen de Setup na célula DGM02		
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)		Página: 01 de: 01				
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão	
1	Adequar o layout da célula para que os armários fiquem próximo das máquinas	Mateus Gatte	23/9/2010	●		
2	Adequar e otimizar layout dos armários de ferramenta (altura das prateleiras)	Mateus Gatte	29/9/2010	⊕		
3	Identificar todas as ferramentas das máquinas	Rogério	24/9/2010	●		
4	Disponibilizar ferramentas necessárias para o setup nas máquinas	Marcelo	24/9/2010	●		
5	Confeccionar dispositivos para a ferramenta da prensa tubular para os itens 395WGTZ, 362WGTB e 350GTB	André Pio	24/10/2010	⊕	Já levantado os desenhos das ferramentas	
6	Eliminar folga do conjunto de alimentação de rebite da máquina	André Pio	24/10/2010	⊕	Necessidade de confeccionar nova peça	
7	Disponibilizar parafusadeiras para o alimentador de rebite	Mateus Gatte	30/9/2010	⊕		
8	Disponibilizar parafusadeiras para o torno	Marcelo	23/9/2010	●		
9	Graduar dispositivo de ajuste de posição do torno	Michel	24/9/2010	●		
10	Posicionar as réguas de ajuste de altura das prensas de tubular e fechamento na parte frontal da máquina	Alessandro	24/10/2010	⊕		
11	Criar etiqueta para preenchimento de documentação	Marrubia	23/9/2010	●		
12	Adequação das esteiras entre processos	Mateus Gatte	24/10/2010	⊕		
13	Refazer rosca espanada do alimentador de rebite	André Pio	24/10/2010	⊕		

**Figura 4.52 – Plano de Ação em andamento (Kaizen de Setup)**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

As Figuras 4.53 e 4.54 ilustram o ganho do tempo de *setup* da célula após a realização do *kaizen* de *setup* com uma redução em torno de 59%.

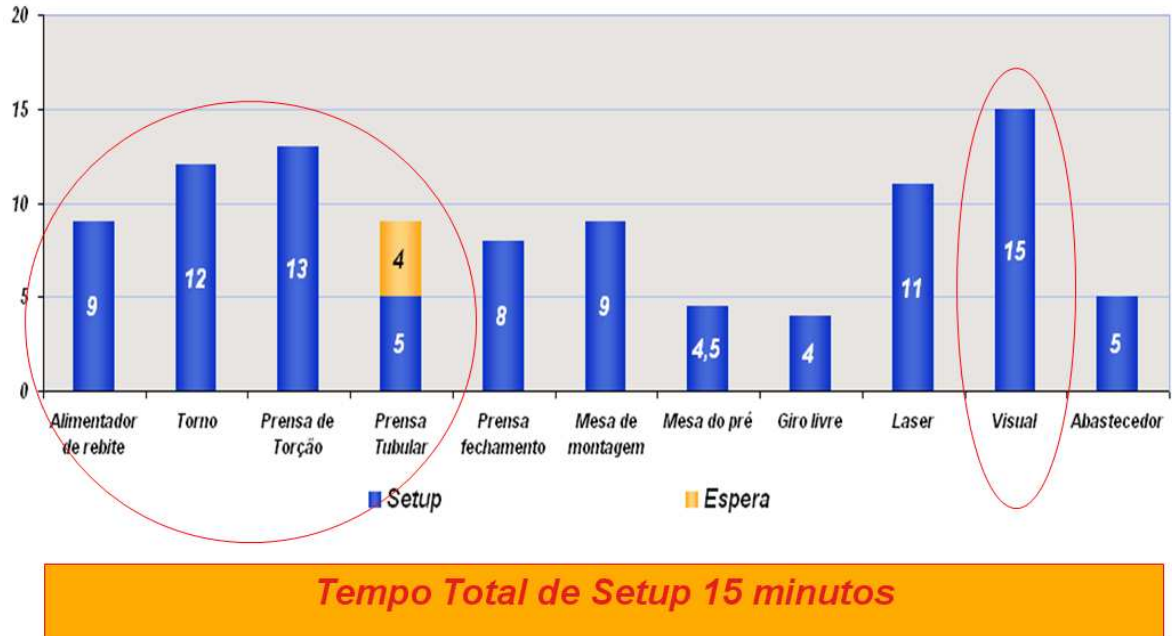


Figura 4.53 – Cronoanálise depois das adequações realizadas na célula DGM02 (Kaizen de Setup). Fonte: Empresa ZF Sachs

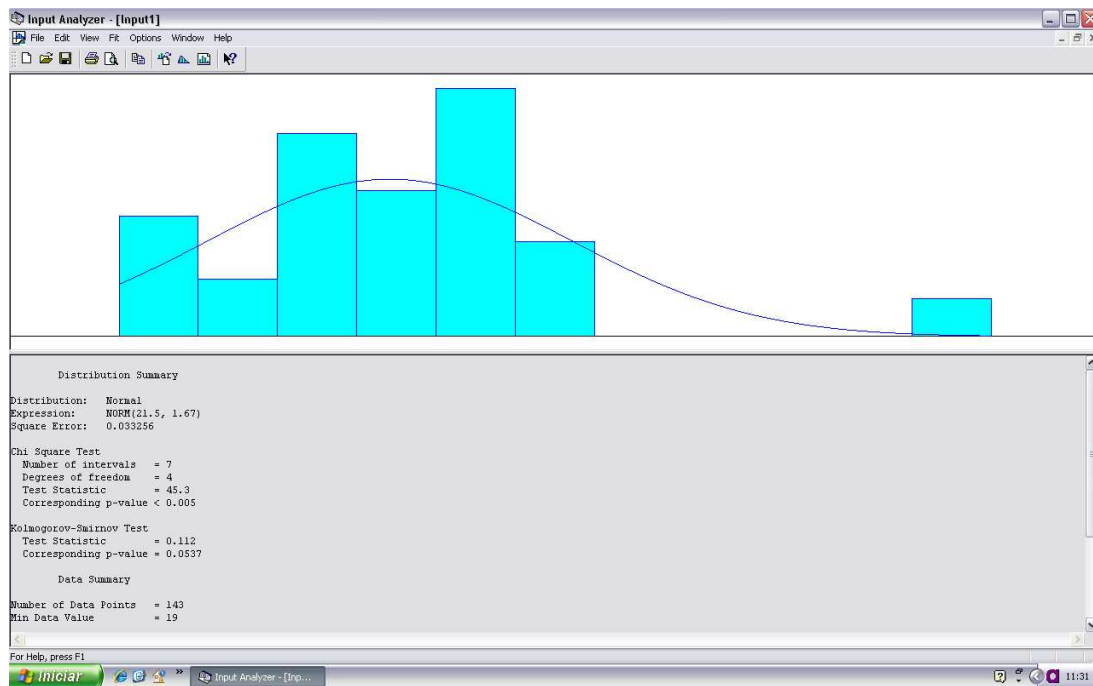


Figura 4.54 – Resultados obtidos após as adequações realizadas na célula DGM02 (Kaizen de Setup). Fonte: Empresa ZF Sachs

Após o *kaizen* de *setup*, os tempos foram tabulados de acordo com a Figura 4.55 e foi verificada a distribuição desses dados de acordo com a Figura 4.56 apresentando uma distribuição normal.

	Tempo Médio	Setups/mês		Tempo Médio	Setups/mês		Tempo Médio	Setups/mês
311878004720	00:23:55	11,0	491878000429	00:18:05	13,0	491878001065	00:22:00	3,0
361878002642	00:21:42	10,0	491862188107	00:25:36	5,0	361864000680	00:20:05	11,0
391878000834	00:18:00	19,0	361878001750	00:24:18	10,0	491878003871	00:22:30	10,0
391878004577	00:15:37	8,0	361878000432	00:19:37	8,0	401878000228	00:19:42	10,0
401878000742	00:18:36	10,0	401864000498	00:41:00	4,0	231878001801	00:19:20	3,0
491878001533	00:22:05	11,0	401862415001	00:13:00	2,0	381878001483	00:20:56	17,0
491878001485	00:21:49	16,0	341878000804	00:21:26	7,0	401878000951	00:18:07	8,0
491878004211	00:19:54	10,0	341878000804	00:14:00	2,0	361878000789	00:21:00	5,0
491878000836	00:19:28	17,0	341878002048	00:23:48	25,0	381878002145	00:22:50	6,0
391878001474	00:19:00	17,0	491878037601	00:27:13	9,0	401878000742	00:20:36	5,0
381878000654	00:17:15	4,0	401878002513	00:19:48	5,0	401878000876	00:15:00	2,0
381878000832	00:18:49	16,0	401864000500	00:19:30	4,0	311864000300	00:27:00	3,0
381878003821	00:16:48	5,0	381878001054	00:27:30	4,0	401861494322	00:21:36	5,0
381878052812	00:23:17	7,0	361861641102	00:18:20	3,0	491862188107	00:17:55	11,0
491878000668	00:22:36	10,0	391878002518	00:24:33	20,0	491878001485	00:24:40	3,0

**Figura 4.55 – Acompanhamento de *setup* 10/2010 a 02/2011 da Célula DGM02. Fonte: Empresa ZF Sachs**



**Figura 4.56 – Distribuição normal dos tempos de *setup* da Célula DGM02  
Fonte: Empresa ZF Sachs**

No Apêndice A, a Figura A.1 ilustra a simulação no *software* Arena 13.5 a partir dos dados gerados com um resultado para um produto com uma taxa de produção de 112 peças por hora, um volume de produtos em uma jornada de trabalho de 21 horas com 9 *setups* de 2089 unidades

#### 4.6.4 Adequações do processo a partir dos eventos *kaizen* realizados

O plano de ação para correção de eventuais problemas e melhoria dos indicadores apresentados foi elaborado a partir dos dois eventos *kaizen* conforme descrição nas Figuras 4.57 e 4.58, sendo o Plano de Ação do evento *kaizen* de processo representado na Figura 4.57 e o Plano de Ação do evento *kaizen* de *setup* representado na Figura 4.58.

GPS		Plano de Ação			ZF SACHS	
Área de atuação / Processo: DGM02		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 02/07/2010 a 30/07/2010	Workshop: Kaizen de Processo - DGM02		
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)		Página: 01 de: 01				
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão	
1	Confeccionar bancada de abastecimento externo	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
2	Confeccionar carrinho para o abastecimento do disco de torção	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
3	Confeccionar suporte para mola de guarnição na prensa de montagem	Mateus Gatte	1/9/2010	●		
4	Confeccionar mesa para a montagem do pré amortecimento com adequação dos	Mateus Gatte	15/8/2010	●		
5	Instalação da nova mesa para montagem do produto	Mateus Gatte	15/8/2010	●		
6	Confeccionar carrinho para o abastecimento do disco de torção dos componentes de	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
7	Confeccionar carrinho para o abastecimento dos componentes do cravamento	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
8	Adequar a mesa para a pré montagem do cravamento	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
9	Adequar transporte de peça entre cravamento e giro livre	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
10	Posicionar botão de liberação do giro livre (F2) próximo ao operador	Mateus Gatte	10/9/2010	⊕		
11	Confeccionar canaleta para o transporte de peça entre giro livre e inspeção visual	Mateus Gatte	1/9/2010	●		
12	Adequar o layout do armário de ferramenta	Mateus Gatte	29/7/2010	●		

**Figura 4.57 – Plano de Ação (Kaizen de Processo)**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Ambos os planos de ação têm como proposta adequar os dezessete fluxos de produção apresentados na Figura 4.59 a partir das operações realizadas em cada fluxo, o que em média envolve em torno de 14 operações também descritas na Figura 4.59 com a respectiva descrição.



GPS		Plano de Ação		SACHS	
Área de atuação / Processo: Célula DGM02 Montagem de disco grande		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 20/09/2010 a 24/09/2010	Workshop: Kaizen de Setup na célula DGM02	
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)			Página: 01 de: 01		
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão
1	Adequar o layout da célula para que os armários fiquem próximo das máquinas	Mateus Gatte	23/9/2010	●	
2	Adequar e otimizar layout dos armários de ferramenta (altura das prateleiras)	Mateus Gatte	29/9/2010	●	
3	Identificar todas as ferramentas das máquinas	Rogério	24/9/2010	●	
4	Disponibilizar ferramentas necessárias para o setup nas máquinas	Marcelo	24/9/2010	●	
5	Confeccionar dispositivos para a ferramenta da prensa tubular para os itens 395WGTZ, 362WGTB e 350GTB	André Pio	24/10/2010	⊕	
6	Eliminar folga do conjunto de alimentação de rebite da máquina	André Pio	24/10/2010	⊕	
7	Disponibilizar parafusadeiras para o alimentador de rebite	Mateus Gatte	30/9/2010	●	
8	Disponibilizar parafusadeiras para o torno	Marcelo	23/9/2010	●	
9	Graduar dispositivo de ajuste de posição do torno	Michel	24/9/2010	●	
10	Posicionar as réguas de ajuste de altura das prensas de tubular e fechamento na parte frontal da máquina	Alessandro	24/10/2010	●	
11	Criar etiqueta para preenchimento de documentação	Marrubia	23/9/2010	●	
12	Adequação das esteiras entre processos	Mateus Gatte	24/10/2010	⊕	
13	Refazer rosca espanada do alimentador de rebite	André Pio	24/10/2010	⊕	

Figura 4.58 – Plano de Ação (Kaizen de Setup)


Fonte: Empresa ZF Sachs

Legenda	Família	Legenda
Fluxo 1	395WGTZ - 362WGTZ - 310WGTZ - 350WGTZ	*Op.10 - Prensa Disco torção/intermediario
Fluxo 2	350GTZ - 380GTZ - 380GSZ - 350GSZ - 430GVZ - 330GSZ - 420GSZ	*Op.20 - Torno
Fluxo 3	395GTZ - 380GVZ - 362GTZ - 280GTZ	*Op.30 - Alimentador de rebite tubular
Fluxo 4	430GTZ - 325GTZ - 260WGTZ	*Op.40/50 - Prensa de rebite tubular
Fluxo 5	330Z - 350Z	*Op.60 - Prensa maciço
Fluxo 6	430WGTZ	*Op.70 - Pré montagem
Fluxo 7	325WGTZ	*Op.80 - Fechamento conjunto
Fluxo 8	350CZ	*Op.90 - Cravamento
Fluxo 9	310WTB	*Op.100 - Balanceadora
Fluxo 10	310GSB	*Op.110 - Giro livre
Fluxo 11	380GS	*Op.120 - Laser
Fluxo 12	380WGVZ	*Op.130 - Visual
Fluxo 13	380WGTZ	*Op.140 - Montagem de Kit/ Embalagem
Fluxo 14	362WGTB	
Fluxo 15	350GTB	
Fluxo 16	330WGTZ	
Fluxo 17	365WGTC	

Figura 4.59 – Família de produtos versus fluxo de produção

Fonte: Empresa ZF Sachs

A Figura 4.60 mostra a relação das operações por fluxo de produção com o total de operadores necessários por fluxo de produção a fim de redistribuir homogeneamente os recursos de mão de obra direta considerando a padronização das atividades e as habilidades e competências de cada operador por experiência, treinamento e performance na execução das tarefas. A Figura 4.62 apresenta os tempos de operação em segundos com o tempo de processamento por unidade sendo considerado o maior tempo de operação como tempo de processamento, após a célula entrar em regime e o tempo de ciclo total (TA) a soma dos tempos das operações ao longo do fluxo o que define a taxa hora de peças em cada fluxo demonstrando que há diferenças entre as taxas, o que afeta a programação da produção se consideramos, no caso, uma taxa única para todos os produtos da ordem de 70 peças por hora.

		OPERAÇÃO														Total Operadores		
		Fluxos	Prensa GTB	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		130	140
1			x		x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	12	
2				x	x	x		x	x	x	x		x	x		x	x	11
3			x		x	x		x	x	x	x		x	x		x	x	11
4					x	x		x	x	x	x		x	x		x	x	10
5					x	x	x	x	x		x		x	x		x	x	10
6					x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	11
7			x		x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	12
8	x	x			x	x		x	x	x			x	x		x	x	10
9					x	x			x	x	x		x	x		x	x	9
10				x	x	x			x	x	x		x	x		x	x	10
11				x	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	11
12					x	x		x					x	x		x	x	7
13				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	12
14					x	x	x		x	x		x	x	x		x	x	10
15	x	x			x	x			x	x	x	x	x	x		x	x	12
16					x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	10
17												x	x	x		x	x	5

**Figura 4.60 – Operação versus fluxo de produção**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

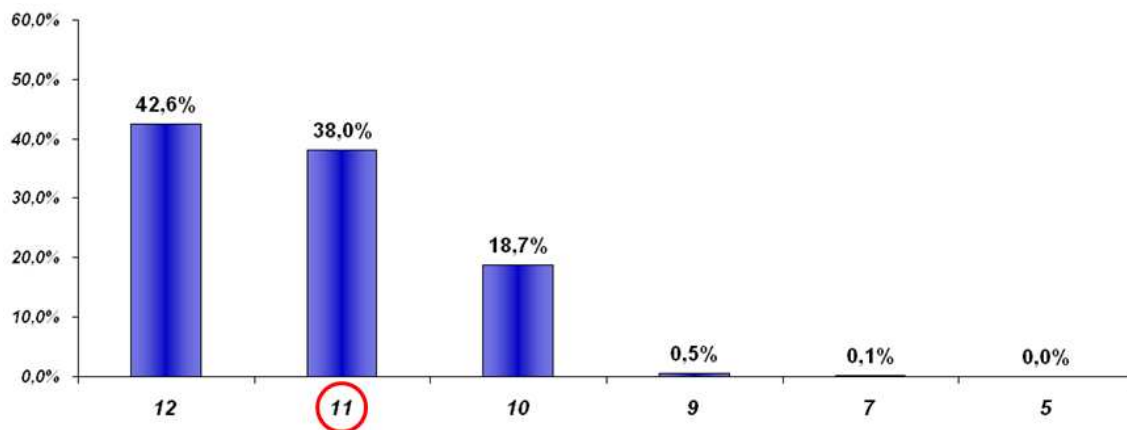
A partir dos estudos realizados, foi identificado que em 42,6% dos fluxos há a necessidade de 12 operadores enquanto que em 38% dos fluxos há a necessidade de 11 operadores sendo considerado não relevante o número dos demais fluxos de produção.

A partir dos dados mencionados representados na Figura 4.62 ficaram definidos como número padrão de operadores na célula 11 colaboradores.

Fluxos	Total de operadores	N. Op.	OPERAÇÃO																	tempo de proc.	peças / hora	
			Prensa GTB	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	total				
1	12	12		18		10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	190	32	71,45	
2	11	11			11	10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	159	32	72,28	
3	11	11		18		10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	166	32	72,09	
4	10	10				10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	148	32	72,57	
5	10	10				10	16	19	12	23		32		9	22		12	10	165	32	72,12	
6	11	11				10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	172	32	71,93	
7	12	12		18		10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	190	32	71,45	
8	10	11	12	19		10	16		12	23	2			9	22		12	10	116	23	102,15	
9	9	9				10	16			23	2	32		9	22		12	10	136	32	72,89	
10	10	10			11	10	16			23	2	32		9	22		12	10	147	32	72,60	
11	11	11			11	10	16	19		23	2	32		9	22		12	10	166	32	72,09	
12	7	7				10	16		12					9	22		12	10	91	22	107,76	
13	12	12			11	10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	183	32	71,64	
14	10	10				10	16	19		23	2		24	9	22		12	10	147	24	96,79	
15	12	12	12	19		10	16			23	2	32	24	9	22		12	10	160	32	72,25	
16	10	10				10	16		12	23		32	24	9	22		12	10	170	32	71,98	
17	5	5												24	9	22		12	10	77	24	99,27
																						79,02

Figura 4.61 – Tempo em segundos por operação de cada fluxo

Fonte: Empresa ZF Sachs



**Número de operadores padrão com montagem de kit**

Figura 4.62 – Número de operadores necessários de acordo com os fluxos de produção com montagem de *kit*. Fonte: Empresa ZF Sachs

#### 4.7 Treinar os Operadores na nova Sistemática

Após o estudo e a definição para a padronização das atividades e tarefas da célula DGM02, os envolvidos pela melhoria contínua da empresa desenvolveram uma palestra de conscientização dos operadores dos 3 turnos para expor os motivos das mudanças e assim apontar os benefícios que a padronização das atividades traria à célula.

#### 4.8 Indicadores de Desempenho da Célula DGM02

A meta de produção diária da célula DGM02 é de 1800 unidades por dia de produção. A média de produção diária da célula atualmente é descrita na Figura 4.63 assim como o atendimento a demanda na Figura 4.64, produtividade na Figura 4.65 e Média de tempo de *setup* na Figura 4.66. A partir dos dados é possível identificar a necessidade de melhoria junto ao processo de fabricação, o que vem sendo acompanhada a partir de projetos pontuais de melhoria junto a ferramental, dispositivos, movimentação, aumento de performance de *setup*, adequação dos fluxos de produção e revisão do processo de sequenciamento e programação da produção, o que representa o foco desse trabalho quanto à proposta de um novo sistema de coordenação de ordens baseado no PBC – *period batch control*.

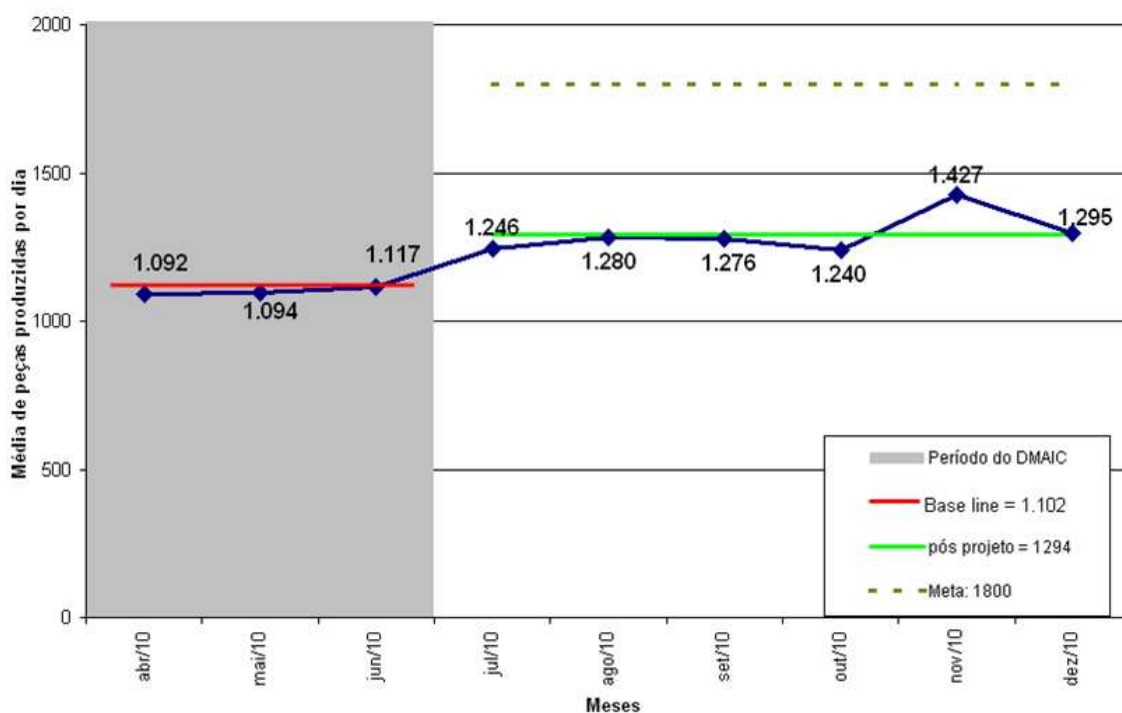
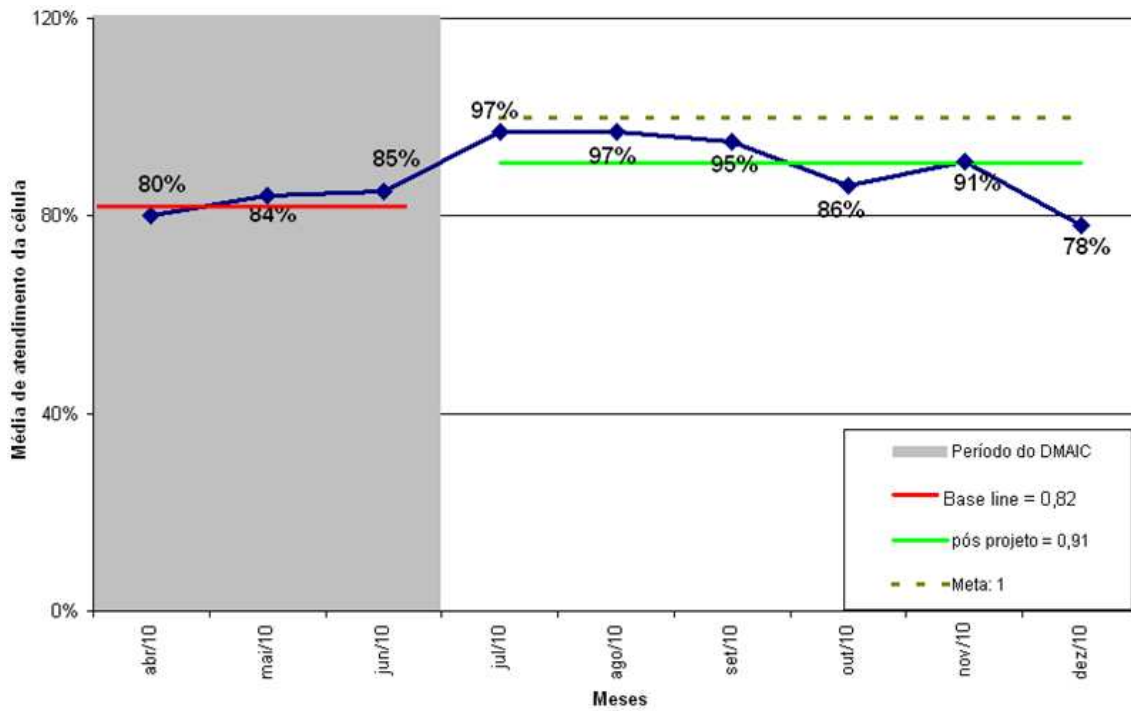


Figura 4.63 – Produção diária da célula DGM02

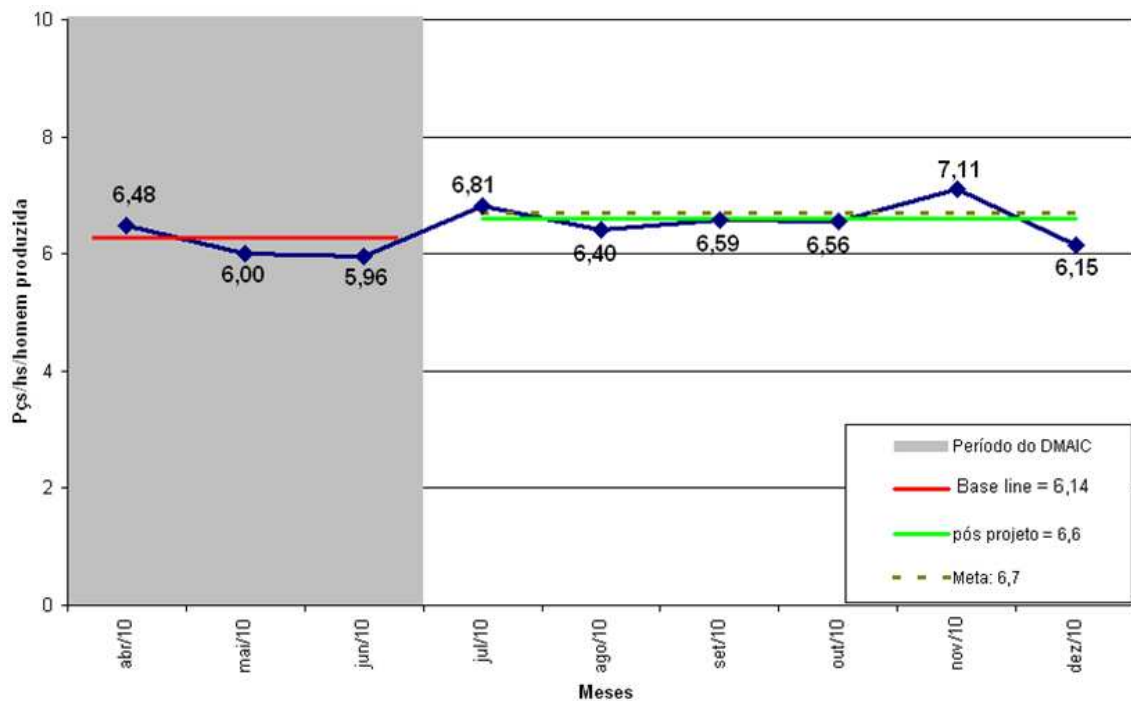
Fonte: Empresa ZF Sachs





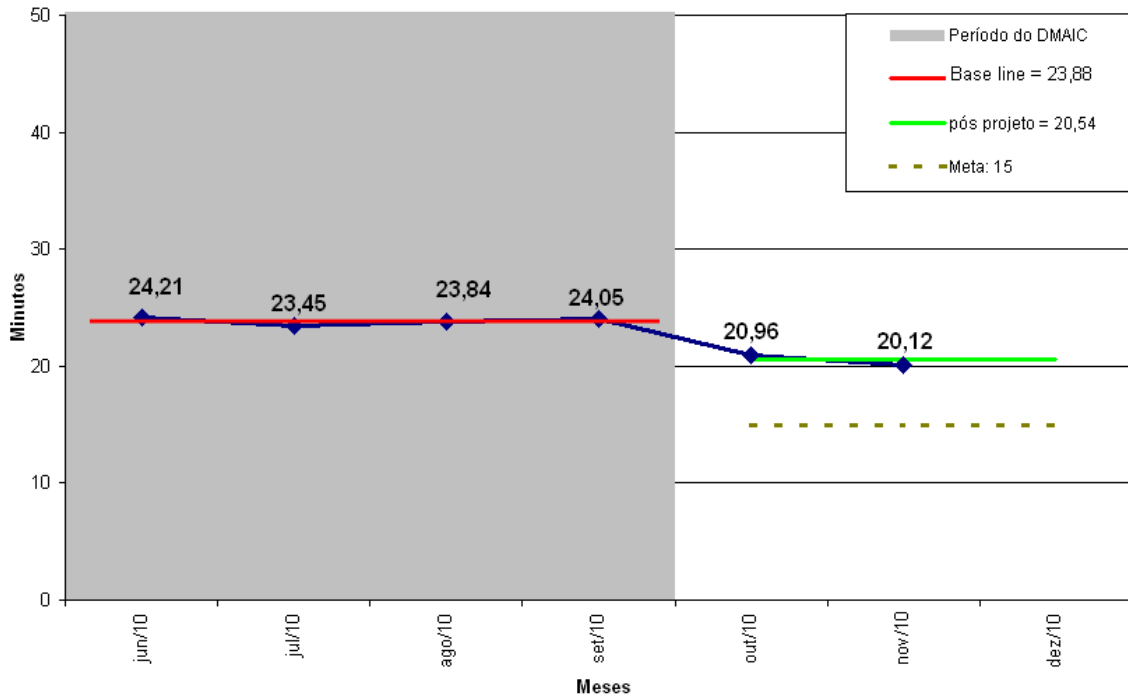
**Figura 4.64 – Atendimento à demanda da célula DGM02**

Fonte: Empresa ZF Sachs



**Figura 4.65 – Produtividade da célula DGM02**

Fonte: Empresa ZF Sachs



**Figura 4.66 – Média de tempo de setup da célula DGM02**

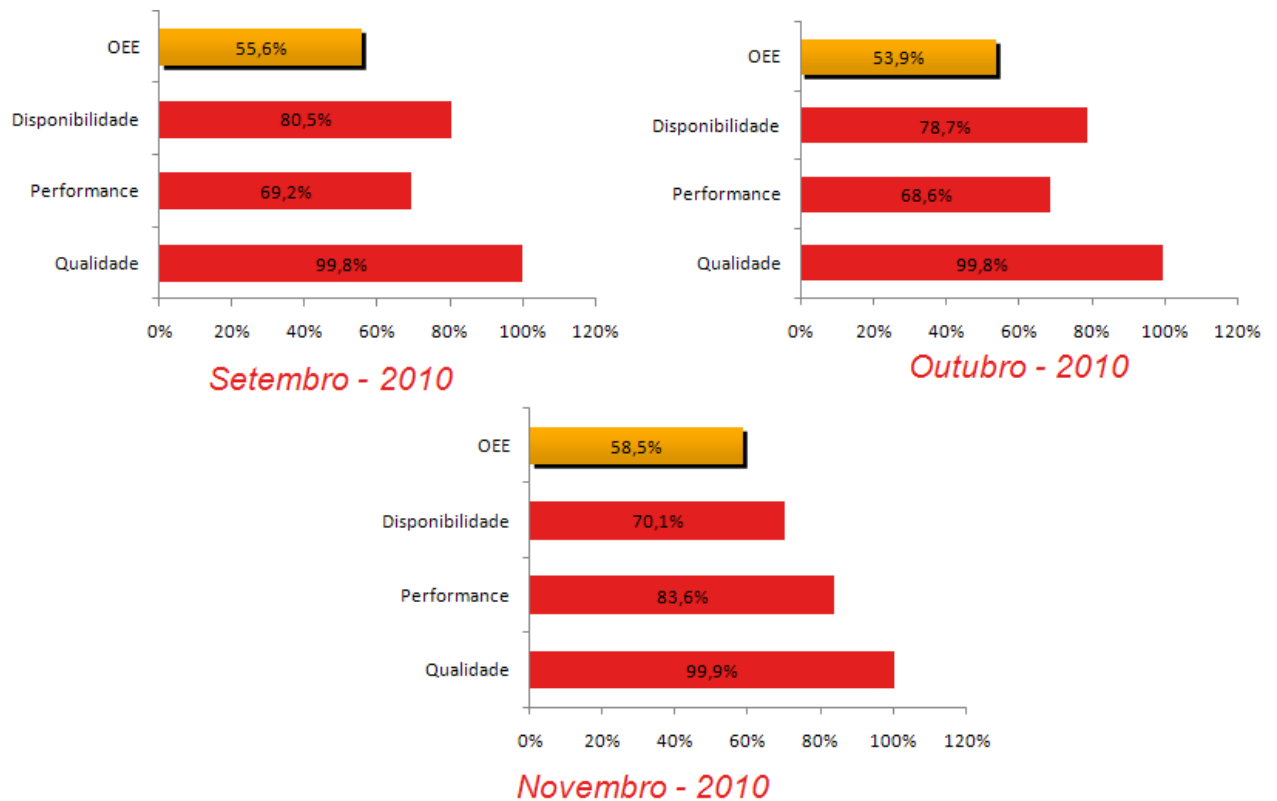
**Fonte: Empresa ZF Sachs**

Os ajustes realizados mostram que os indicadores melhoraram ao longo do tempo impactando em um aumento do volume de produção de 1000 peças diariamente para 1400, o que representa um ganho significativo. Tudo indica que uma programação da produção mais precisa deve melhorar ainda mais esse resultado.

#### **4.8.1 Métricas de Processo (Eficiência Global da Célula) – Avaliação de resultados**

A Figura 4.67 ilustra as métricas de Processo a partir do apontamento OEE – Eficiência Global da Célula monitorado de setembro a novembro de 2010 e demonstrando a evolução dos resultados a partir das intervenções realizadas quanto às mudanças definidas nos eventos *kaizen*.

Todo o processo descrito caracterizou a complexidade da célula quanto ao processo de programação da produção que deve impactar nos indicadores descritos se considerados os fluxos de produção no agrupamento das ordens, a partir do modelo de sequenciamento proposto com base no *Period Batch Control* – PBC.



**Figura 4.67 – Métricas de Processo**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

#### **4.9. Realizar o Monitoramento diário da Produção do 1º Turno para ter uma Avaliação da Proposta**

A padronização proporciona um aglomerado de benefícios, entre esses, a redução de custos por meio da erradicação das perdas, aumento da segurança quando se minimiza as inseguranças do trabalho a ser realizado, ganhos com a melhora dos produtos e agilidade na resolução de eventuais problemas da empresa.

O trabalho padronizado é resumido por Adler (1993) como um meio de reduzir a variabilidade em desempenho de tarefas no âmbito da empresa, o que representa ampla melhoria do processo, tais como:

- Melhora das seguranças dos operadores e envolvidos.
- Melhora nos padrões de qualidade
- Melhora no controle e na redução de inventários.
- Rotação eficiente dos operadores no posto de trabalho minimizando assim ausências, evitando problemas.
- Ganho de flexibilidade, pois os envolvidos atuam com maior responsabilidade, respondendo rapidamente às variações de demanda.

As novas premissas de produção da célula DGM 02 são:

1. Todas as peças do giro livre que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregada no espeto amarelo ao lado do giro para que possam ser retrabalhada fora do fluxo; (rejeição >10 peças na hora, parar a produção e acionar departamento de qualidade).
2. Todas as peças do laser que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregada na caixa vermelha da célula para que possam ser retrabalhada fora do fluxo; (rejeição >3 na hora, parar a produção e acionar dep. manutenção).
3. Durante a produção, o estoque em processo deverá respeitar os limites de: < 5 peças entre as operações.
4. Entre 6 a 15 peças na montagem de pré-amortecimento.
5. Na troca de turno os operadores deverão respeitar os limites de processo citados acima.
6. O balanceamento do fluxo com 10 operadores não levou em consideração a montagem dos mercados de *kit* e reposição, onde aplica a operação de embalagem individual do produto, havendo a necessidade de mais um operador.

#### 4.10. Controle da Produção atual na Célula DGM02

A atuação do planejamento e controle da produção na célula DGM02 inicia-se com base na capacidade da célula, onde ainda, são consideradas todas as particularidades da célula e do mercado conforme, a saber:

- i Critérios Definidos;
- ii Plano Mestre de Produção;
- iii Encaixe de lotes;
- iv Verificação de Produção.

Com base nos critérios de produção já estabelecidos pela empresa, iniciando pela análise e validação do Plano Mestre de Produção seguido pela análise de priorização dos clientes e pelas carteiras negativas em estoques, o planejador da célula DGM02 sequencia as ordens de produção fundamentado nos critérios de priorização dos clientes, carteira negativa de estoque e similaridades de família de produtos, onde neste, envolve o tamanho do diâmetro do produto entre outros, similaridade de *setup*, *setup* de componentes e a similaridade do *setup* de ferramental.

Após sequenciar as ordens de produção e analisar os tempos de utilização da célula, o planejador leva em consideração a capacidade de produção diária da célula, que no caso da DGM02 está em produzir 1478 peças por dia.

A programação mensal da linha é fechada pela ZF Sachs, todo dia 1º do mês, onde em seguida, é dividida por semana respeitando as datas dentro do período do MPS. Como mencionado, para a prática da programação, o programador da empresa obedece alguns critérios de prioridade:

- Mercado EOM
- Mercado Reposição (Carteira Negativa)
- Mercado Exportação

No mercado EOM, a produção é priorizada conforme solicitação *Kanban*, sendo obedecido às janelas das montadoras. A célula DGM02 produz aproximadamente lotes que atendem o programa semanal do *MPS* e lotes mínimos estabelecidos pela produção. Para realizar a programação, é analisado a disponibilidade de materiais e o sequenciamento da linha.

O sequenciamento de produção da célula é efetuado levando-se em consideração as famílias e similaridades dos *setups* existentes com o objetivo de reduzir as perdas no processo.

Diariamente é atualizado, pela equipe envolvida, o plano diário de programação da empresa com base no roteiro aqui descrito e no atendimento do programa mensal.

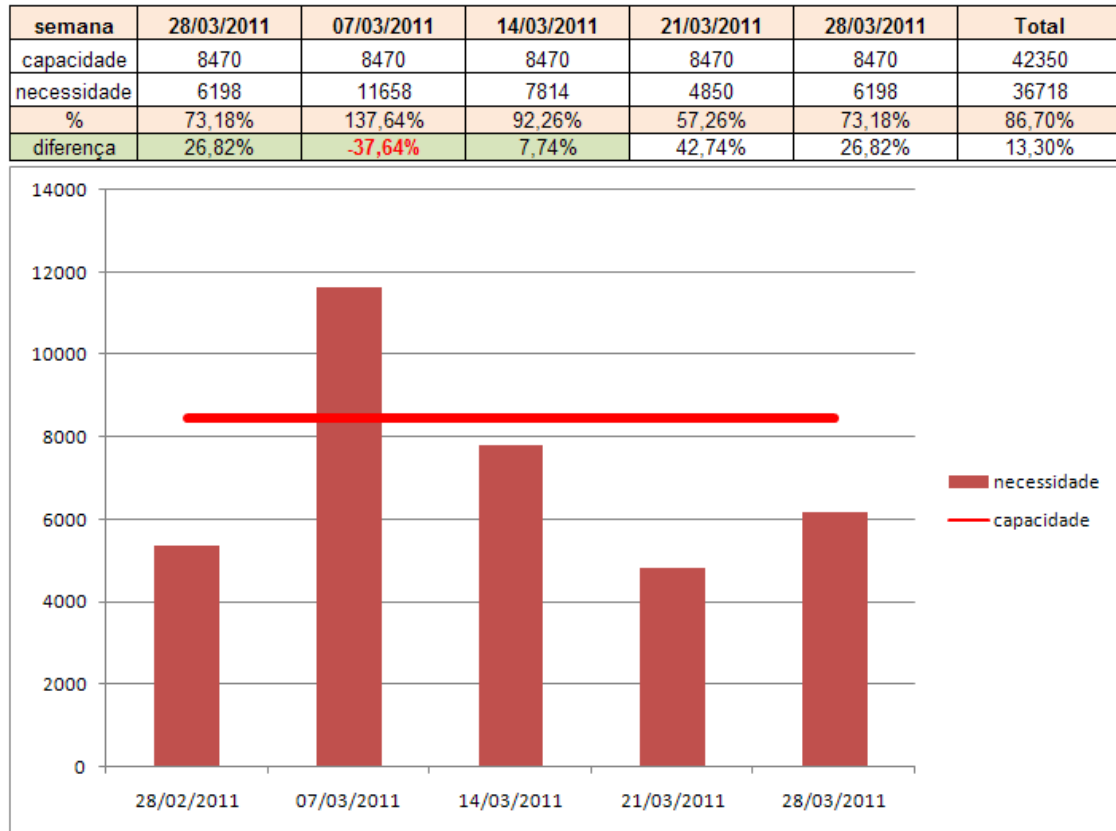
Atualmente, é importante ressaltar que a experiência do planejador da célula de manufatura DGM02 e do coordenador do Departamento de Logística em relação ao mercado e a troca de informações entre esses profissionais com os operadores da célula em muito contribui, para que a célula DGM02 seja utilizada com a maior eficiência possível e com o máximo de aproveitamento da capacidade. Com isto, a pretensão é de que a célula DGM02 atenda a demanda do mercado.

Devido à falta de ferramenta computacional capaz de avaliar o cenário em questão e ao sistema atual da empresa ser muito dinâmico, o que gera uma tensão maior na operação, é que o planejador, assim como a equipe envolvida tenha como foco principal o atendimento à demanda sem fazer uma avaliação prévia do cenário em andamento, pois devido à falta desse recurso computacional capaz de oferecer tal avaliação, exige do planejador, assim como dos envolvidos, um grande esforço com muito tempo gasto para a geração desta análise e avaliação de cenários.

O alto *mix* de produtos é outro fator que dificulta a percepção dos impactos na avaliação do planejamento. Juntos, esses entraves dificultam a empresa na agilidade em relação à geração de cenários.

A célula DGM02 fornece discos de embreagem para a linha pesada atendendo a três mercados: **1.** Montadoras EOM; **2.** Reposição e **3.** Exportação. A indicação do item (disco de embreagem) de cada mercado é definida através das duas últimas letras do *Part Number* de cada produto: 03/A5/C0/C1/C2/C3/C7/D0/D5/E6/J1/J2/J3/J7/L4/S8 montadoras; A1/BB para o mercado de reposição e R7/RO/R4/R6 para o mercado de exportação, lembrando que os últimos dígitos mencionados aparecem no Plano Mestre de Produção utilizado para a simulação da programação da produção proposto.

O Plano Mestre de Produção com dados reais da empresa contempla um período de cinco semanas. Esses dados foram utilizados para a simulação do modelo de fluxo programado (PBC – *Period Batch Control*) proposto. O resumo dos dados com a capacidade necessária da célula de manufatura DGM02 é apresentado na Figura 4.68.



**Figura 4.68 – Capacidade de Produção versus necessidade do plano**

**Fonte: Empresa ZF Sachs**

#### **4.11 Sistema PBC: Proposta para Implantação e Avaliação por Comparação com o Sistema *Kanban***

##### **4.11.1 Aplicação do PBC em um sistema de produção semirrepetitivo**

Para esta fase, apresenta-se a aplicação da adaptação para a célula DGM02 do sistema PBC conforme proposta de Silva e Fernandes (2008) para a indústria de calçados que, opera sob encomenda, e foi implantado na fábrica de calçado Kiddy em Birigui (2005). Ambos os estudos deram-se no grupo de pesquisa PLACOP criado e liderado pelo Prof. Dr. Flávio C. F. Fernandes.

Silva e Fernandes (2008) consideram que para a escolha do sistema PBC, alguns fatores importantes foram levados em conta:

- O sistema apresenta facilidade de entendimento do seu funcionamento por parte dos funcionários.
- Não necessita de alto investimento para a aquisição e implantação do sistema.
- Existem facilidade e viabilização na implantação de regras de programação de operações ao utilizar o sistema.

Silva e Fernandes (2008) expõem ainda que sete fábricas do conjunto APEMEBI (denominado BRAZON) cujo estudo de pesquisa foi realizado minuciosamente no aspecto produção, atendeu os requisitos necessários para a obtenção com sucesso da implantação do sistema PBC e que para este:

1. O tempo de processamento de todos os produtos deve ser menor que um período.
2. O tempo de *setup* não prejudica a capacidade da fábrica.
3. Os *leads times* de compras são menores que um período.

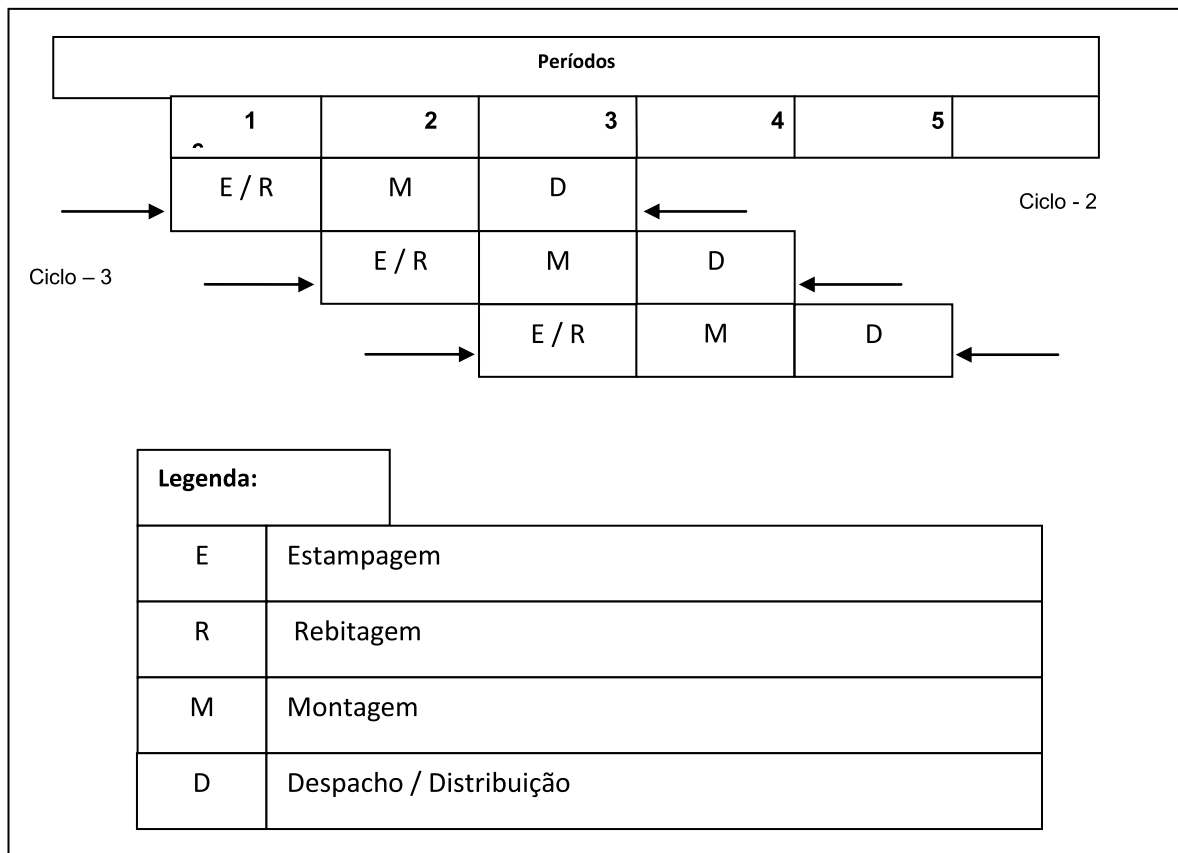
Nesta situação, é considerado por Fernandes e Godinho Filho (2010) que todos os itens produzidos pelas fábricas pesquisadas atendem os requisitos e que deviam ser controlados pelo PBC.

Fernandes e Godinho Filho (2010) fazem ressalva que, para aqueles itens comprados e que por algum motivo o *lead time* de suprimentos seja superior a duração do período de suprimento do sistema PBC, ou não exista confiança suficiente nos cumprimentos dos prazos de entrega, ou possa existir um amplo desconto no preço de compra em função do tamanho do lote, a utilização de um sistema controlado pelo nível de estoque seria a alternativa mais adequada (os autores expõem como exemplo, o sistema de revisão contínua).

Para aplicar o PBC em nosso estudo de caso (célula DGM02 da empresa Sachs Araraquara), inicialmente o processo de tal célula foi dividido em alguns estágios produtivos. Nossa primeira tentativa a divisão, de acordo com a Figura 4.69.



### Estrutura lógica do funcionamento do PBC na indústria de autopeças



**Figura 4.69 – Modelo PBC proposto**

**Fonte: Próprio Autor.**

A fim de simplificar o modelo, em uma primeira tentativa passou a ser considerado apenas um estágio, o da montagem. O recurso utilizado passou a ser considerado a célula DGM02 e não cada um de seus recursos.

O tamanho do período definido foi de um dia a cada alocação dos lotes com base nos critérios de sequenciamento: data, prioridade por mercado e tipo de fluxo de produção respeitando a capacidade de 21 horas diárias de segunda a sexta e 16 horas diárias aos sábados.

O tamanho do período adotado foi de um dia pelo fato de ser conveniente que o tamanho seja pequeno. Quanto menor o período, menor o estoque em processo e menor o tamanho do ciclo, o que implica em menor tempo de resposta para atender ordens urgentes.

Assim sendo, vamos escolher inicialmente o tamanho do período igual a 1 dia. Os testes com os dados do estudo de caso para avaliar se a decomposição do processo de acordo com a escolha do tamanho do período foi conveniente foram realizados e são apresentados a partir da seção 4.11.2.

No caso da célula de manufatura DGM02, o tempo de *setup* pode comprometer a capacidade produtiva da célula com as escolhas da decomposição do processo e da duração do período, o que deve ser observado a partir das simulações.

A proposta de adequação do sistema PBC como sistema de coordenação de ordens da empresa objeto de estudo, busca estruturar o plano mestre da produção de modo a minimizar os esforços dos planejadores no processo de atendimento à demanda. Como já realizado pela empresa, o plano mestre de produção proposto deve ser elaborado para atender:

- (i) Demanda de curto prazo;
- (ii) Demanda prevista de médio prazo;
- (iii) Demanda prevista de longo prazo para balizar o plano estratégico.

A demanda de curto prazo caracteriza o que deve ser programado mediante análise frequente de disponibilidade de recursos de manufatura e de recursos materiais, enquanto que a demanda de médio e longo prazo deve sofrer alterações ao longo do período de tempo a ser considerado.

Contudo, os critérios de prioridade a serem aplicados como por exemplo, data de entrega e balanceamento da capacidade das células de manufatura deve também ser estabelecido.

#### **4.11.2 Modelo de sequenciamento proposto a partir do PBC para a célula DGM02**

##### **4.11.2.1 O processo de inicialização**

O processo de inicialização, do uso do sistema de coordenação de ordens *Period Batch Control* – PBC é baseado no problema de Múltiplos Itens e Restrição de Capacidade “*lot sizing problem*”, com o propósito de reduzir o tempo de *setup* a partir da definição de um tamanho de lote que não exceda uma porcentagem pré-definida do tempo total gasto entre o início do processo

de *setup* e a finalização do último item do lote. No processo, vamos supor que a sequência da data devida mais cedo (*earliest due date* – EDD) não apresente tarefas atrasadas.

Todo o presente trabalho se baseia na aplicação do sistema de coordenação de ordens de produção PBC – *Period Batch Control* de um estágio a partir da avaliação da célula de manufatura quanto ao seu fluxo de produção ajustado a partir do *kaizen* de processo e de *setup* realizados, mantendo uma uniformidade de fluxo em função do balanceamento realizado.

Essa regularidade de fluxo permite simplificar o problema considerando a célula de manufatura como um recurso único ou um problema de máquina única com minimização de *setup*.

Segundo CHEN (2010), a literatura atual de problemas de programação da produção concentra a atenção sobre como programar as tarefas sem violar as respectivas *due dates* a partir de novas modelagens envolvendo máquina única, por se tratar de um problema bastante complicado, havendo a necessidade da heurística a ser proposta, encontrar a solução próxima do ótimo. Nesse caso, o presente trabalho dá o início ao estudo do problema de programação da produção da célula de manufatura DGM02 dentro do escopo dessa dissertação havendo inúmeras possibilidades de aprofundamento desse estudo no futuro.

#### 4.11.2.2 Notações matemáticas

$d_{it}$  = demanda do item  $i$  no período  $t$

$K_i$  = cartão *kanban* do item  $i$

$TA_i$  = tempo de atravessamento do item  $i$  no período  $t$  (tempo de ciclo total)

$FI_i$  = fator de impacto (%) – a participação máxima do tempo de atravessamento mais o tempo de *setup* com relação ao tempo total de execução do lote

$Util_t$  = capacidade utilizada no período

$P_i$  = prioridade de mercado

$f_i$  = fluxo de produção padrão

$n$  = número de itens finais

$T$  = número de períodos do horizonte de planejamento

$sp_i$  = tempo de preparação de máquina para processar o item  $i$

$b_i$  = tempo para produzir uma unidade do item  $i$

$x_{it}$  = quantidade do item  $i$  produzida no período  $t$  (tamanho do lote)

$C_t$  = capacidade de produção em horas de uma máquina ou instalação no período  $t$

$M_{it}$  = limitante – é a quantidade mínima (tamanho do lote) a ser produzida no período  $t$  se  $i$  é produzido neste período, e a demanda acumulada do período  $t$  ao período  $T$

As etapas do processo são demonstradas como segue:

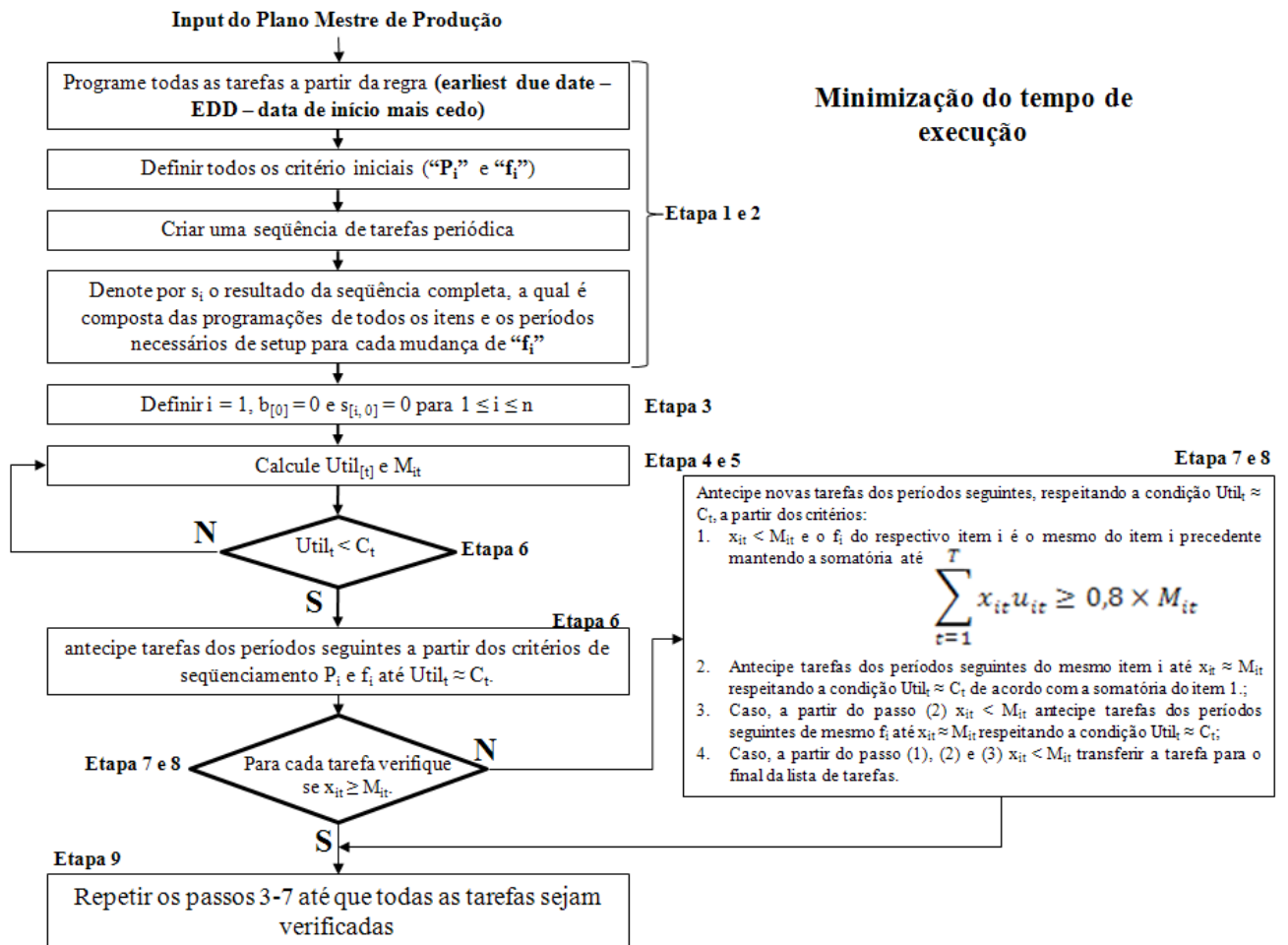
- (1) Programar todas as tarefas a partir da regra da data devida mais cedo (***earliest due date – EDD***). Se dois trabalhos têm a mesma data devida, coloque a tarefa relacionada ao item de acordo com o seu “ $P_i$ ” (prioridade definida pelo mercado: 1. Montadoras, 2. Reposição e 3. Exportação). A partir da ordenação pela data devida mais cedo e pela prioridade ordenar a partir do fluxo de produção “ $f_i$ ” com o propósito de agrupar tarefas de mesmo fluxo.
- (2) Denote por  $s_i$  o resultado da sequência completa, a qual é composta das programações de todos os itens e os períodos necessários de *setup*.
- (3) Definir  $i = 1$ ,  $b_{[0]} = 0$  e  $s_{[i, 0]} = 0$  para  $1 \leq i \leq n$ .
- (4) Calcule  $Util_{[t]}$ .
- (5) Calcule  $M_{it}$ .
- (6) Sendo  $Util_t < C_t$  antecipe tarefas dos períodos seguintes a partir dos critérios de sequenciamento  $P_i$  e  $f_i$  até  $Util_t \approx C_t$ . Para cada tarefa verifique se  $x_{it} \geq M_{it}$ .

- (7) Se  $x_{it} < M_{it}$  e o  $f_i$  do respectivo item  $i$  é o mesmo do item  $i$  precedente verifique se  $x_{it} < M_{it}$  e vá para o passo 9, caso contrário vá para o passo 8;
- (8) Se  $x_{it} < M_{it}$  antecipe novas tarefas dos períodos seguintes, respeitando a condição  $Util_t \approx C_t$ , a partir dos critérios:
- Antecipe tarefas dos períodos seguintes do mesmo item  $i$  até  $x_{it} \approx M_{it}$  respeitando a condição  $Util_t \approx C_t$ ;
  - Caso, a partir do passo (a)  $x_{it} < M_{it}$  antecipe tarefas dos períodos seguintes de mesmo  $f_i$  até  $x_{it} \approx M_{it}$  respeitando a condição  $Util_t \approx C_t$ ;
  - Caso, a partir do passo (a) e (b)  $x_{it} < M_{it}$  transferir a tarefa para o final da lista de tarefas.
- (9) Repetir os passos 3-7 até que todas as tarefas sejam verificadas.

A Figura 4.71 ilustra o fluxograma do procedimento de sequenciamento proposto a partir do sistema de fluxo programado *Period Batch Control* – PBC.

É importante ressaltar que a princípio para testar a proposta foi elaborado um plano manualmente em planilhas de *Excel* demonstrando os critérios de sequenciamento adotados e o uso da lógica do PBC – *Period Batch Control* apresentado no Apêndice B.

Foi elaborado um modelo no *Access* para gerar sem uso efetivo da regra, uma lista de tarefas com base no PBC apresentado no Apêndice C e finalmente no Apêndice D um aplicativo desenvolvido em *Delphi* com o modelo proposto e o resultado obtido comparado com um plano de produção gerado a partir da regra de otimização de *setup* a partir de uma matriz de *setup* no *software* especialista em programação da produção Preactor 11.0.



**Figura 4.70 – Fluxograma do procedimento de seqüenciamento proposto a partir do sistema de fluxo programado *Period Batch Control* – PBC**

Fonte: Próprio autor

#### 4.11.2.3 Procedimento de seqüenciamento

Procedimento de seqüenciamento proposto:

(1)

**sujeito a:**

(2)

se  $Util_t < C_t \rightarrow$

até  $Util_t \approx C_t$ .

(3)

(4)

---

se

$$x_{it} < M_{it} \longrightarrow$$

## Caso

**caso  $u_{it} = 0$  verifique:**

### **4.11.2.4. A Avaliação da proposta por meio de algumas simulações com dados da empresa (Planilha Eletrônica – Excel)**

O modelo desenvolvido em planilhas de *Excel* utiliza o Plano Mestre de Produção da célula DGM02 com horizonte de cinco semanas (da semana do dia 28/02/2011 a semana do dia 28/03/2011) contendo de acordo com a Figura 4.71 as informações: *due date* definida por semana e por ordem de produção, *part number*, descrição do item, Família do item e quantidade por ordem de produção e por período.



Programa Mensal								
Material	Descrição do Material	Familia	28/02/2011	07/03/2011	14/03/2011	21/03/2011	28/03/2011	Total do mês
341878000804C2	CONJ. DISCO 325WGTZ	325	231	234	231	231	954	1881
401878000742BB	CONJ. DISCO 380GTZ	325	0	680	580	150	150	1560
341878002048BB	CONJ. DISCO 325WGTZ	325	0	455	405	280	280	1420
391878001474C1	CONJ. DISCO 395WGTZ	325	272	288	272	272	272	1376
491878001533D5	CONJ. DISCO 430WGTZ	325	411	0	480	0	480	1371
491878001485C1	CONJ. DISCO 430WGTZ	325	240	240	240	240	240	1200
361864000680BB	CONJ. DISCO 350GTZ	350	0	380	380	200	200	1160
361864000680A1	CONJ. DISCO 350GTZ	350	225	225	225	225	225	1125
401878000228C2	CONJ. DISCO 380WGTZ	350	200	200	232	200	232	1064
311878004720C7	CONJ. DISCO 310WGTZ	310	0	342	228	342	0	912
381878001483C1	CONJ. DISCO 362WGTZ	362	176	208	176	176	176	912
381878000832A1	CONJ. DISCO 362WGTB	362	0	200	200	200	200	800
381878052842R6	CONJ. DISCO 362WGTB	362	250	0	400	0	150	800
391878000834C7	CONJ. DISCO 395WGTZ	362	0	288	288	216	0	792
361864000509A1	CONJ. DISCO 350GTZ	350	150	150	150	150	150	750
341878002048C0	CONJ. DISCO 325WGTZ	325	120	120	120	240	120	720
361878000576C2	CONJ. DISCO 350GTZ	350	135	138	135	135	138	681
391878002518C7	CONJ. DISCO 395WGTZ	350	0	240	240	180	0	660
391878005439C1	CONJ. DISCO 395WGTZ	350	112	112	112	112	112	560
491862519212A1	CONJ. DISCO 430WGTZ	350	0	140	140	140	140	560
381878000832C7	CONJ. DISCO 362WGTB	362	0	225	150	150	0	525
341878002048A1	CONJ. DISCO 325WGTZ	325	0	125	125	125	125	500
491878000668A1	CONJ. DISCO 430WGTZ	325	0	125	125	125	125	500
361878002642C1	CONJ. DISCO 350CZ	350	96	96	96	96	96	480
381878001939R4	CONJ. DISCO 362WGTB	362	240	0	0	0	240	480
391878001474J1	CONJ. DISCO 395WGTZ	362	150	0	0	0	250	400
491862188107A1	CONJ. DISCO 430GTZ	362	0	200	200	0	0	400
491878000429J7	CONJ. DISCO 430WGTZ	362	400	0	0	0	0	400

**Figura 4.71 – Plano Mestre de Produção resumido do período 28/02 a 28/03/2011. Fonte: Próprio autor**

A partir dos dados do plano mestre de produção foi desenvolvido um modelo em planilha eletrônica da proposta a partir do procedimento do sistema de coordenação de ordens PBC – *Period Batch Control* tendo a definição dos seguintes parâmetros:

1. Tempo de preparação (*setup*) fornecido pela empresa por fluxo de produção de acordo com o agrupamento dos produtos por família, (coluna R) em minutos.
2. Tempo de fluxo (TA) de cada item. Trata-se da soma dos tempos de processo em cada operação do início do percurso a ser percorrido pelo item na célula de manufatura até a última operação, ou seja, somente haverá um item pronto da ordem após o primeiro item do lote percorrer o fluxo inteiro (coluna E).

3. A coluna C e D definida como *setup* representam a soma do tempo de preparação definido no item (1) em minutos mais o tempo de fluxo em minutos, sendo em tempo centesimal na coluna D e em minutos na coluna C. Na coluna C deve ser observado que o tempo indicado (*setup* mais tempo de fluxo) somente é considerado no cálculo do tempo de processo do item quando muda o fluxo de produção relacionado à família do item, de acordo com a classificação feita pela empresa e definida no item 4.6.4 de acordo com a Figura 4.59.
4. Dados do plano mestre: semana de atendimento, *Part Number*, descrição do item de acordo com as colunas F e H.
5. Definição do critério de prioridade por família sendo:
  - a. Prioridade 0 – família de produtos de maior volume – 395WGTZ e 430WGTZ;
  - b. Prioridade 1 – família de produtos relacionada às ordens de produção das montadoras com exceção dos produtos das famílias 395WGTZ e 430WGTZ;
  - c. Prioridade 2 - família de produtos de maior volume – 395WGTZ e 430WGTZ do mercado de reposição;
  - d. Prioridade 3 – família de produtos relacionada às ordens de produção do mercado de reposição com exceção dos produtos das famílias 395WGTZ e 430WGTZ;
  - e. Prioridade 4 - família de produtos relacionada às ordens de produção do mercado de exportação.
6. A coluna definida como *kanban* (coluna J) é utilizada apenas para o mercado das montadoras representando, no momento de elaboração do plano de produção, a faixa em que se encontra o cartão *kanban* relacionado ao item da ordem, sendo definido como prioridade “um” o *kanban* na faixa vermelha, prioridade “dois” o *kanban* na faixa amarela e prioridade “três” o *kanban* na faixa verde.

7. O estoque definido na coluna k é o dado de estoque dos itens das ordens de produção do mercado de reposição, com prioridade secundária com relação às ordens de produção do mercado de montadoras. Nesse caso há a possibilidade do estoque se encontrar negativo para o mercado de reposição, sendo considerado o estoque mais negativo o de maior prioridade.
8. O fluxo de produção como definido no item 4.6.4 e representado na Figura 4.59, estabelece as operações na célula de manufatura em que uma família de produtos deve percorrer, de acordo com o seu roteiro de fabricação. A mudança de fluxo implica na execução do *setup* da célula sendo um parâmetro importante no sequenciamento com o propósito de minimização do *setup*. É importante observar que embora a diferença de tempo de *setup* não seja significativa entre as famílias por se tratar de uma matriz de *setup* simétrica, ou seja, a ordenação a partir do critério fluxo implica na redução da frequência de execução do *setup* o que minimiza o *makespan* das ordens de produção do plano mestre de acordo com o *due date* definido.
9. De acordo com o item 4.11.2.2 e a Figura 4.70 foi definido como parâmetro do cálculo do tamanho de lote de produção de um item o seu tempo de fluxo mais o tempo de *setup* em horas vezes a taxa de produção da célula de manufatura (coluna Q), dividido por uma “porcentagem”. A porcentagem é um parâmetro de sequenciamento definido pelo programador, no aplicativo desenvolvido em *Delphi* e no *Preactor* igual a 10% e é fixo, no *Excel* e no *Acess* pode ser alterado de acordo com o cenário que o programador pretende simular. O significado desse parâmetro (porcentagem) é que a quantidade mínima a ser processada deve ter um tempo total de *setup* do lote igual à no máximo 10% do tempo total de fabricação do lote a fim de minimizar o tempo de *setup* a partir do agrupamento de lotes de mesmo fluxo.
10. Tempo de resposta (coluna N) representa o tempo mínimo em horas necessário para a produção do lote definido no item (9). O cálculo do tempo de resposta é o Takt Time de 34,66 segundos transformado em horas (0,009627 horas) vezes a quantidade do lote definido no item (9).

11. O Tempo Lote (coluna O) é calculado a partir da divisão do tamanho do lote pela taxa de produção em horas da célula de manufatura e o resultado pela diferença entre 100% e o parâmetro (porcentagem, no modelo adotado igual a 10%), definido como porcentagem limite que o tempo de *setup* deve representar quando dividido pelo tempo total de fabricação do lote.
12. A taxa de produção em peças por hora (coluna R) e o F.I. – Fator de Impacto (coluna P), foi determinado de acordo com o seguinte procedimento:
- a. Cálculo da taxa de produção de acordo com a Figura 4.61. Há dezessete fluxos de produção de acordo com a Figura 4.62 envolvendo as famílias de produtos descritas na Figura 4.59. Para cada fluxo, de acordo com a matriz há a possibilidade de se executar na fabricação do item daquele fluxo até catorze operações (de 10 a 140) sendo que nem todos os fluxos contemplam todas as operações inseridas. Para cada operação pertencente a um fluxo é determinado o tempo de execução da tarefa em segundos e o número de operadores necessários por fluxo, definido no *kaizen* de processo realizado na célula de manufatura. O cálculo da taxa de produção é feito de acordo com a fórmula (4):

$$\frac{\text{Tempo de execução da tarefa em segundos}}{\text{Número de operadores necessários por fluxo}} \times 0,8 \quad (4)$$

Ou seja,  $60 * 60 * 0,8$  é o tempo em segundos que corresponde em uma hora corrigida por um fator de “0,8” como margem de segurança ou fator de correção, o tempo de fluxo é a somatória de todos os tempos de processamento em segundos que compõe o fluxo e somente a partir desse tempo sai à primeira peça boa da célula de manufatura, esse tempo total (tempo de fluxo) é dividido pelo maior tempo de processamento entre as operações, a operação restrição, o resultado é multiplicado pelo fator de eficiência da célula de manufatura. O fator 0,85 é a eficiência da célula sendo considerado como o seu fator de carga – 85%. O fator de segurança de 80% foi aplicado além do fator de carga em função da possibilidade de alguma imprecisão dos tempos cronometrados de

cada operação na célula. Nesse caso é importante ressaltar que a taxa de produção é diferente quando comparada entre os fluxos de produção podendo causar alguma distorção na programação da produção considerando uma taxa única de 70 peças por hora, como utilizado na empresa anterior a esse trabalho.

b. O Fator de Impacto (F.I.) é calculado a partir da relação do resultado de dois cálculos:

\_ o tempo de processamento de um lote (lote definido a partir da porcentagem de 10%, ou seja, o tempo de *setup* não pode exceder essa porcentagem do tempo de fabricação total do lote) é calculado a partir da quantidade do lote dividido pela taxa de produção vezes o tempo de processamento sem o tempo de *setup*, de acordo com a Fórmula (5). Esse cálculo define qual o tempo em horas para a produção do lote de produção considerado, menos o tempo de *setup*;

$$\frac{\text{Tempo de processamento} \times \text{Taxa de produção}}{\text{Quantidade do lote}} + \text{Tempo de } \textit{setup} \quad (5)$$

% - tempo gasto com *setup*

\_ o tempo de reposta é calculado a partir do tamanho do lote vezes o Takt Time em horas da célula de manufatura de acordo com a Fórmula (6).

(6)

\_ o Fator de Impacto é definido de acordo com a Fórmula (7).

$$\frac{\text{Tempo de reposta}}{\text{Tempo de produção}} \quad (7)$$

O cálculo do tamanho do lote é descrito na Tabela 4.2 a partir das fórmulas.

**Tabela 4.2 – Cálculo do tamanho do lote. Fonte: Próprio autor**

Ex.	Taxa de produção	Tempo de setup	Tempo de fluxo	Parâmetro	Lote
01	71,45	19 min	190 seg	10%	$(71,45 * ((19 + (190/60)) / 60)) / 0,1 = 264$
02	71,64	21,8 min	183 seg	10%	$(71,64 * ((21,8 + (183/60)) / 60)) / 0,1 = 297$
03	72,28	20,6 min	159 seg	10%	$(72,28 * ((20,6 + (159/60)) / 60)) / 0,1 = 280$
04	72,57	22 min	148 seg	10%	$(72,57 * ((22 + (148/60)) / 60)) / 0,1 = 296$
05	72,89	27 min	136 seg	10%	$(72,89 * ((27 + (136/60)) / 60)) / 0,1 = 356$
06	96,79	23,25 min	147 seg	10%	$(96,79 * ((23,25 + (147/60)) / 60)) / 0,1 = 415$
07	99,27	21 min	77 seg	10%	$(99,27 * ((21 + (77/60)) / 60)) / 0,1 = 369$
08	102,15	20,6 min	116 seg	10%	$(102,15 * ((20,6 + (116/60)) / 60)) / 0,1 = 384$
09	107,76	21,8 min	91 seg	10%	$(107,76 * ((21,8 + (91/60)) / 60)) / 0,1 = 419$

O cálculo e a relação das variáveis são demonstrados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 – Cálculo e relação das variáveis do modelo proposto. Fonte: Próprio autor**

Ex.	Takt Time	Lote	Tempo Resposta	Taxa de Produção	Tempo Lote	Parâmetro	F.I.
01	34,66 s	264	$((34,66/60)/60) * 264 = 2,54$ hs	71,45	$(264/71,45)/(1-0,1) = 4,10$ hs	10%	$4,10/2,54 = 1,62$
02	34,66 s	297	$((34,66/60)/60) * 297 = 2,86$ hs	71,64	$(297/71,64)/(1-0,1) = 4,60$ hs	10%	$4,60/2,86 = 1,61$
03	34,66 s	280	$((34,66/60)/60) * 280 = 2,70$ hs	72,28	$(280/72,28)/(1-0,1) = 4,31$ hs	10%	$4,31/2,70 = 1,60$
04	34,66 s	296	$((34,66/60)/60) * 296 = 2,85$ hs	72,57	$(296/72,57)/(1-0,1) = 4,53$ hs	10%	$4,53/2,85 = 1,59$
05	34,66 s	356	$((34,66/60)/60) * 356 = 3,42$ hs	72,89	$(356/72,89)/(1-0,1) = 5,52$ hs	10%	$5,42/3,42 = 1,58$
06	34,66 s	415	$((34,66/60)/60) * 415 = 3,99$ hs	96,79	$(415/96,79)/(1-0,1) = 4,76$ hs	10%	$4,76/3,99 = 1,19$
07	34,66 s	369	$((34,66/60)/60) * 369 = 3,55$ hs	99,27	$(369/99,27)/(1-0,1) = 4,13$ hs	10%	$4,13/3,55 = 1,16$
08	34,66 s	384	$((34,66/60)/60) * 384 = 3,69$ hs	102,15	$(384/102,15)/(1-0,1) = 4,17$ hs	10%	$4,17/3,69 = 1,13$
09	34,66 s	419	$((34,66/60)/60) * 419 = 4,03$ hs	107,76	$(419/107,76)/(1-0,1) = 4,32$ hs	10%	$4,32/4,03 = 1,07$

A participação dos itens, de acordo com o seu F.I na demanda exposta no plano mestre de produção, é utilizada para a simulação nesse trabalho, e é representada na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4 – Participação na demanda dos itens de acordo com o F.I.**

**Fonte: Próprio autor**

Item	F.I.	Taxa	Lote	28/02	07/03	14/03	21/03	28/03	Total peças	Tempo total (hs)	% T. peças
01	1,62	71,45	264	2214	2925	2374	2190	2599	12302	172,18	<b>34,26</b>
02	1,61	71,64	297	564	685	548	232	392	2421	33,79	6,74
03	1,60	72,28	280	43	4589	3296	1907	2226	12061	166,86	<b>33,59</b>
04	1,59	72,57	296	1862	2155	345		114	4476	61,68	12,46
05	1,58	72,89	356		170				170	2,33	0,47
06	1,19	96,79	415	606	610	1030	425	651	3322	34,32	9,25
07	1,16	99,27	369	100					100	1,01	0,28
08	1,13	102,15	384		396	221	96	216	929	9,09	2,59
09	1,07	107,76	419		128				128	1,19	0,36
<b>TOTAL</b>									35909	482,46	100
<b>TAXA PONDERADA EM HORAS</b>									74,43 peças / hora		

13. Considerando uma taxa de produção ponderada de 74,43 peças / hora de acordo com a Tabela 4.4 temos que o *Takt Time* do cliente não é atendido:  $(74,43 * 34,66) / 3600 = 0,7166 < 1$ , ou seja, não é possível produzir uma peça em 34,66 segundos. O resultado da taxa de produção ponderada de 74,43 peças por hora de não atender ao *Takt Time* da célula de manufatura é função do coeficiente de segurança ou correção de 0,8 e da eficiência 0,85 da célula de manufatura definidos na fórmula (4), além do tempo de fluxo considerado a cada início de uma nova ordem de produção com fluxo diferente, o que implica na necessidade de uma programação da produção exequível e com o objetivo de minimização do tempo de *setup* relacionado ao tempo de fluxo a partir de uma ordenação coerente com a proposta de minimizar o *makespan* do grupo de ordens de produção a serem fabricados.

14. Outra questão importante nesse contexto é o fato da matriz de *setup* dos fluxos de produção das famílias de produtos da célula de manufatura, apresentar pequenas diferenças entre os tempos de *setup* dos itens de cada família, que embora repetitivos, ou seja, uma matriz simétrica de acordo com a Tabela 4.5 representa no processo de sequenciamento pouca interferência, a não ser na ordenação, o que implica no

agrupamento de ordens de produção no processamento. Nesse caso, dependendo dos critérios de sequenciamento adotados na ordenação, permite minimizar a frequência de *setup* na célula de manufatura.

15. Nesse trabalho foi considerado além dos dezessete fluxos de produção definidos pela empresa, o fluxo "0", o qual representa o fluxo 4 da família 430 WGTZ. Essa alteração é devido à família 430 WGTZ ser a mais produzida entre as famílias de produtos da célula de manufatura DGM02. No caso o tempo de *setup* do fluxo 0 e do fluxo 4 é o mesmo. Na matriz descrita na Tabela 4.5 o fluxo "0" não aparece em função dessa igualdade.

As Figuras 4.72 e 4.73 mostram o cabeçalho da planilha eletrônica do modelo desenvolvido no Excel da proposta desse trabalho.

**Tabela 4.5 – Matriz assimétrica dos tempos de setup em minutos. Fonte: Próprio autor**

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17
F1	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23
F2	24	0	24	24	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	24	24
F3	25	25	0	25	25	25	25	25	25	25	0	25	25	25	25	25	25
F4	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23
F5	24	24	24	24	0	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	24	24
F6	25	25	25	25	25	0	25	25	25	25	0	25	25	25	25	25	25
F7	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	0	24	24	24	24	24	24
F8	24	24	24	24	24	24	24	0	24	24	0	24	24	24	24	24	24
F9	30	30	30	30	30	30	30	30	0	30	0	30	30	30	30	30	30
F10	31	31	31	31	31	31	31	31	31	0	0	31	31	31	31	31	31
F11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F12	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	0	24	24	24	24	24
F13	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	25	0	25	25	25	25
F14	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	0	26	26	0	26	26	26
F15	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	0	24	24
F16	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0	24	24	24	24	0	24
F17	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	0

OP	setup	TA	semana	Part Number	Descrição	Prioridade	
1	22,17 m	00:22:10	190 s	28/02/11	391878001474J1	CONJ. DISCO 395WGTZ	0

**Figura 4.72 – Cabeçalho da proposta da Planilha Eletrônica (Parte I)**

Fonte: Próprio autor



OP	Kanban	Estoque	Fluxo	LOTE	Tempo resposta	Tempo lote	F. I.	peças/hora	Setup
1	1	-----	1	264	2,54 hrs	4,10 hrs	1,62	71,45	19

**Figura 4.73 – Cabeçalho da proposta da Planilha Eletrônica (Parte II)**

**Fonte: Próprio autor**

A Figura 4.74 mostra o procedimento de cálculo da ocupação da célula de manufatura DGM02 da planilha eletrônica, após a ordenação das ordens de produção. Sendo a régua a multiplicação do tempo de processamento por unidade do item do lote vezes a quantidade a ser fabricada no período. O resultado da multiplicação da régua mais o tempo de processamento de cada ordem deve respeitar o total de horas do período, ou seja, a disponibilidade do dia de trabalho. A coluna seguinte definida como régua (dimensionamento do tempo de ocupação do próximo período) representa o total de peças produzido no primeiro período.

IDENTIFICAÇÃO			Régua	28/02/11	Régua
OP	Part Number	Descrição		período	
1	391878001474J1	CONJ. DISCO 395WGTZ	2,47	2,47	1422
2	391878001474J1	CONJ. DISCO 395WGTZ	5,97	3,50	-----
3	381878001483C1	CONJ. DISCO 362WGTZ	8,43	2,46	-----
4	381878001483C1	CONJ. DISCO 362WGTZ	11,34	2,91	-----
5	361878000432E6	CONJ. DISCO 350WGTZ	12,04	0,70	-----
6	361878000576C2	CONJ. DISCO 350GTZ	14,33	2,29	-----
7	361878000576C2	CONJ. DISCO 350GTZ	16,24	1,91	-----
8	361878000576C2	CONJ. DISCO 350GTZ	18,10	1,87	-----
9	491878003871D0	CONJ. DISCO 430WGTZ	20,17	2,06	-----
10	491878003871D0	CONJ. DISCO 430WGTZ	21,00	0,83	-----

**Figura 4.74 – Lista de tarefa após a ordenação do modelo após a ordenação**

**Fonte: Próprio autor**

A partir da construção da proposta, foram realizadas 3 simulações com critérios de ordenação diferentes de acordo com a Tabela 4.6. A última simulação é disponibilizada no Apêndice B.

**Tabela 4.6 – Resultados da simulação do modelo desenvolvido em Excel.**

**Fonte: Próprio autor**

<b>Simulação</b>	<b>Crítérios de ordenação</b>	<b>Makespan</b>
01	data, prioridade, fluxo, família, estoque	29 dias e 12,58 horas
02	data, fluxo, prioridade, família	29 dias e 1,82 horas
03	data, fluxo, prioridade e família com agrupamento de lotes de produção de mesmo fluxo (porcentagem de 10% considerada)	28 dias e 19,17 horas

**Observação:** *makespan* incluindo os domingos.

O resultado demonstra que a mudança do critério “fluxo” como prioridade 1 e a limitação do tamanho do lote a partir da porcentagem de 10%, resulta na minimização do tempo de *setup* e conseqüentemente do *makespan* da programação da produção.

A partir do modelo proposto foram desenvolvidos dois aplicativos:

1. Desenvolvido em Delphi.
2. Desenvolvido em Acess.

Foram realizadas a partir dos dois aplicativos, simulações comparadas entre si e comparadas depois com os resultados de um modelo desenvolvido no *software* Preactor 11.0 a partir da construção da matriz de *setup* simétrica descrita na Tabela 4.5. Os aplicativos e os resultados de cada simulação são apresentados a seguir.

#### **4.11.2.5. Refinamento da proposta da Aplicação do PBC por meio da utilização de um algoritmo heurístico.**

Nessa seção são apresentados os dois algoritmos desenvolvidos nesse trabalho: desenvolvido em *Delphi* e o desenvolvido em *Acess* além do modelo desenvolvido no *software* Preactor 11.0 de acordo com as seções 4.11.2.5.1, 4.11.2.5.2 e 4.11.2.5.3.

É importante ressaltar que nas seções relacionadas não há detalhes dos aplicativos, os detalhes estão descritos nos apêndices relacionados para cada aplicativo, lembrando que a estrutura de cada algoritmo é idêntica à proposta

do modelo desenvolvido no *Excel* que serviu de protótipo, o que muda é a apresentação dos dados, cadastros e resultados a partir da automatização do procedimento de ordenação de cada algoritmo, de acordo com a configuração do aplicativo.

#### **4.11.2.5.1 Algoritmo desenvolvido em *Delphi***

A Figura 4.75 ilustra a base de dados utilizada para a simulação, trata-se da mesma base de dados utilizada no *Excel*. Do lado esquerdo da Figura 4.75 na janela “**Lista de lotes**” de análise há duas bases de dados sendo a Base de Teste Modelo 1, a base do plano mestre de produção utilizada nos demais modelos, desenvolvidos nos diferentes aplicativos utilizados nesse trabalho.

Na sequência há a descrição da lista de prioridades e a lista dos fluxos de produção.

O aplicativo desenvolvido em *Delphi* mostra na tela principal gráficos da produção por semana, da produção por fluxo, da produção por prioridade e da produção por família. Na parte superior, o ícone lote de análise permite a definição da base a ser analisada após os cenários de programação criados para um determinado período.

Na sequência estão disponíveis os ícones para o cadastro da família de produtos, fluxo, prioridade, configurações da semana, produção e o ícone do simulador. O ícone do simulador permite definir os critérios de sequenciamento tendo como opção os seguintes critérios:

1. *Due date* da ordem de produção.
2. Fluxo.
3. Prioridade.
4. *Kanban*.
5. Família.
6. Estoque.



Figura 4.75 – Base de dados utilizada. Fonte: Próprio autor

Os critérios de simulação utilizados para a 1ª simulação do aplicativo foi: *due date*, fluxo, prioridade e família com agrupamento de lotes de produção de mesmo fluxo (porcentagem de 10% considerada), de acordo com a Figura 4.76.

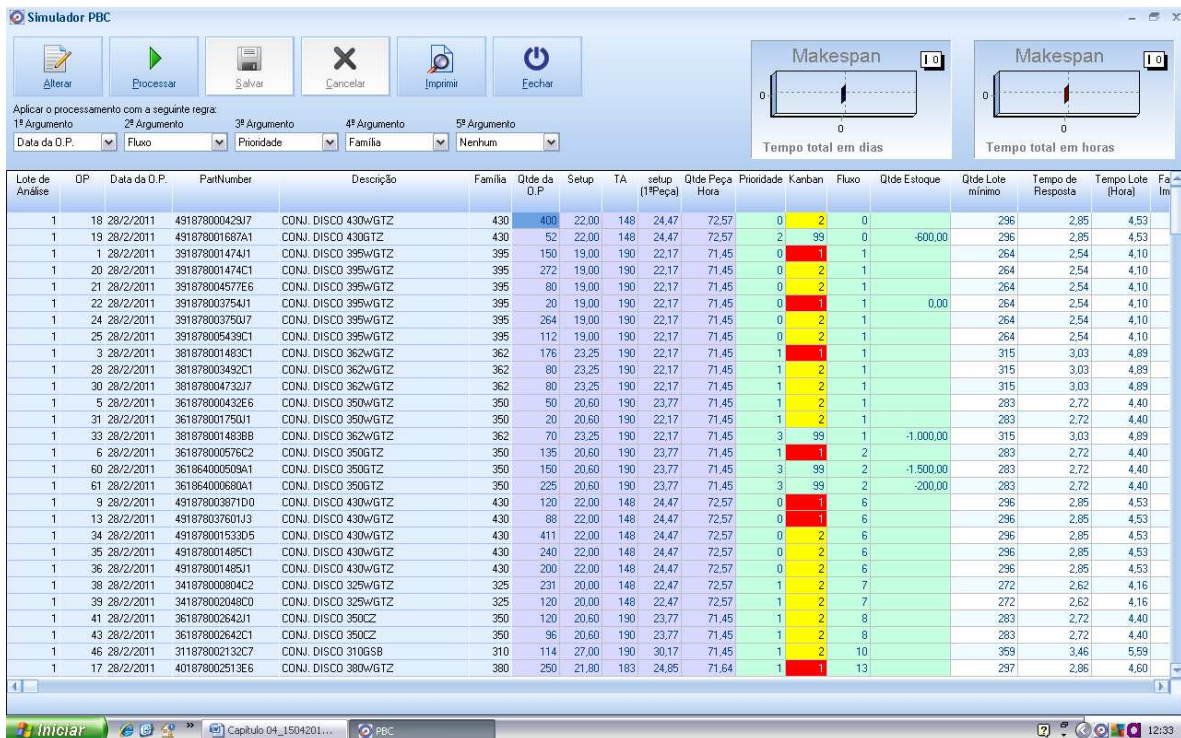


Figura 4.76 – Critérios de ordenação. Fonte: Próprio autor



O resultado da simulação é descrito na Figura 4.77.

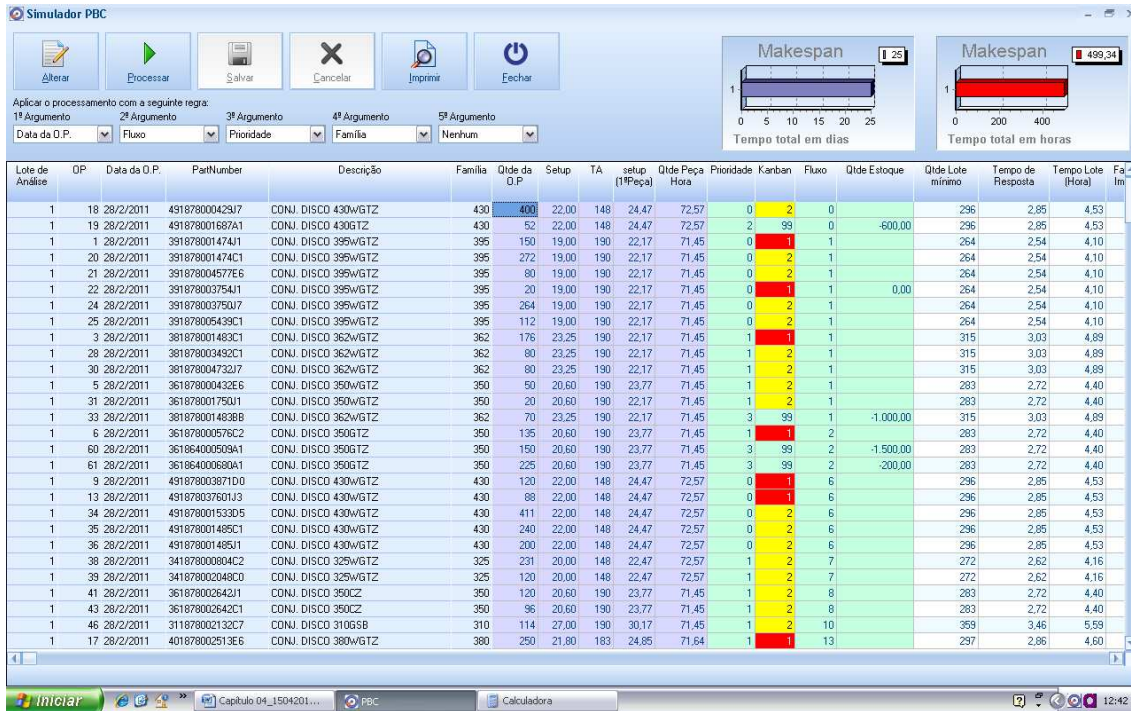


Figura 4.77 – Resultado da Simulação

Fonte: Próprio autor

O Makespan apontado na tela do aplicativo, de acordo com a Figura 4.77, não considera os domingos. Considerando o domingo o makespan é de 28 dias e 15,45 horas de acordo com a Figura 4.78.

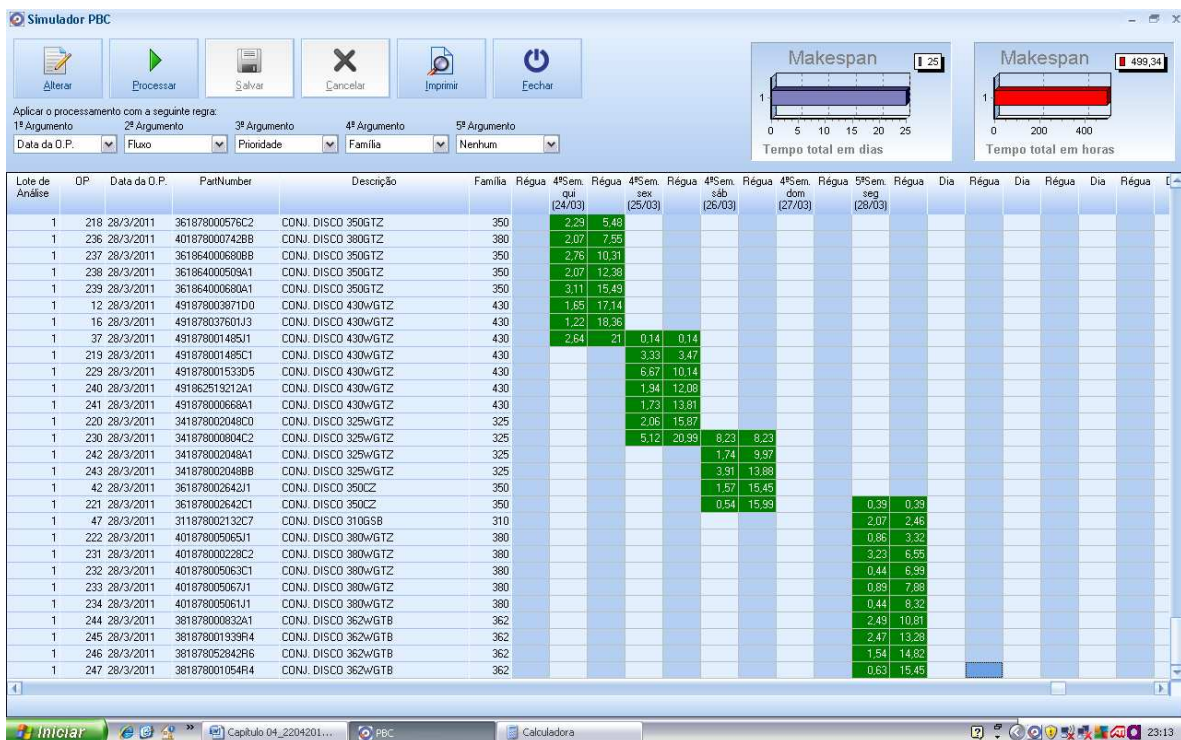


Figura 4.78 – Makespan da Simulação. Fonte: Próprio autor

Alterando os critérios de sequenciamento de acordo com a Figura 4.79, o critério adotado é o Fluxo de produção. A Figura 4.80 mostra os resultados.

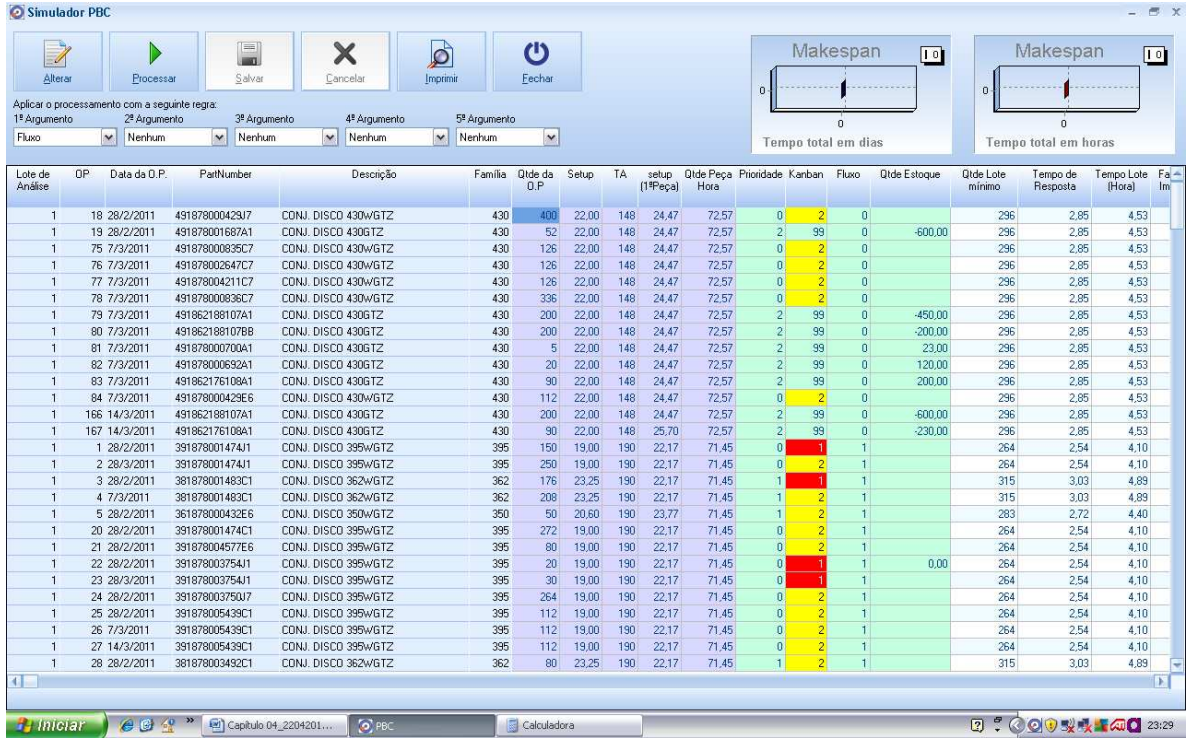


Figura 4.79 – 2ª Simulação com os critérios *due date* e fluxo de produção  
 Fonte: Próprio autor

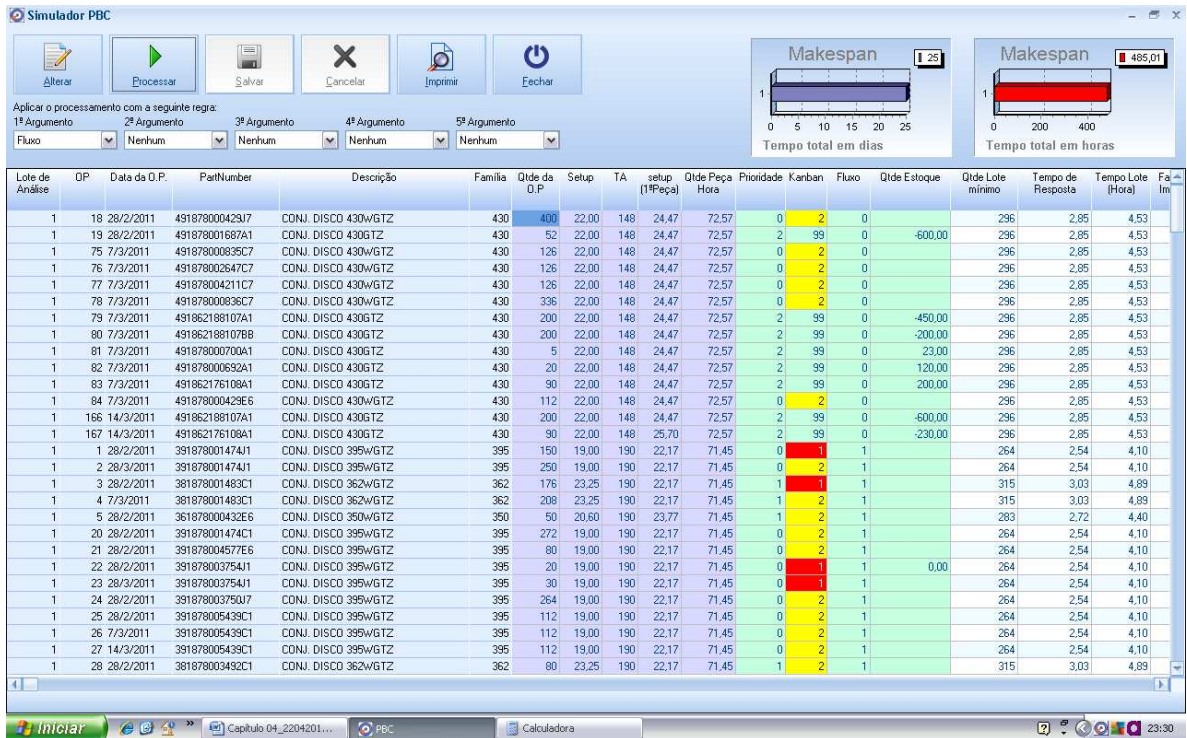


Figura 4.80 – Resultados da 2ª Simulação. Fonte: Próprio autor

O *makespan* obtido é de 28 dias (21 hs \* 5 dias úteis + 16 hs do sábado vezes quatro semanas = 484 hs – correspondente a 24 dias sem o domingo). Considerando que em quatro semanas há quatro domingos o *makespan* é de 28 dias.

É importante observar que o resultado é coerente com o resultado dos outros aplicativos validando a hipótese de que a minimização do tempo de *setup* reduz o *makespan* sensivelmente.

#### 4.11.2.5.2 Algoritmo desenvolvido em Acess

A Figura 4.81 ilustra a tela de acesso do aplicativo com a base de dados utilizada para a simulação, trata-se da mesma base de dados utilizada no *Excel*. Esse aplicativo contempla dois recursos de sequenciamento interessantes: 1. Antecipação do Lote e 2. Antecipação do Fluxo. O primeiro permite agrupar ordens de produção de acordo com o critério de itens idênticos, ou seja, os lotes fabricados desses itens podem ser produzidos em um mesmo momento sem comprometer o atendimento no prazo e minimizar o tempo total de *setup*. O segundo permite agrupar as ordens de produção de acordo com o critério de itens de mesmo fluxo, que podem não ser idênticos ou não pertencer ao grupo de uma mesma família, sendo produzidos em um mesmo momento a partir do agrupamento das ordens de produção com o propósito de minimização do tempo total de *setup*.

Para o cenário descrito a seguir, os critérios de simulação utilizados foram: *due date*, fluxo, prioridade e família com agrupamento de lotes de produção de mesmo fluxo (porcentagem de 10% considerada) de acordo com a Figura 4.82. O resultado da simulação é descrito na Figura 4.83.

É importante ressaltar que o resultado obtido em cada cenário criado pelo autor do presente trabalho, está muito próximo aos resultados dos aplicativos, demonstrando coerência.

A heurística proposta, embora simples, identifica o efeito do tempo de *setup* nos cenários e quando considerado o critério ordenação por fluxo, o resultado é bastante positivo quanto à duração do *makespan*.



Tanto o aplicativo desenvolvido em Acess quanto o aplicativo desenvolvido em Delphi representam uma solução bastante razoável para empresas de pequeno e médio porte do setor metal mecânico.

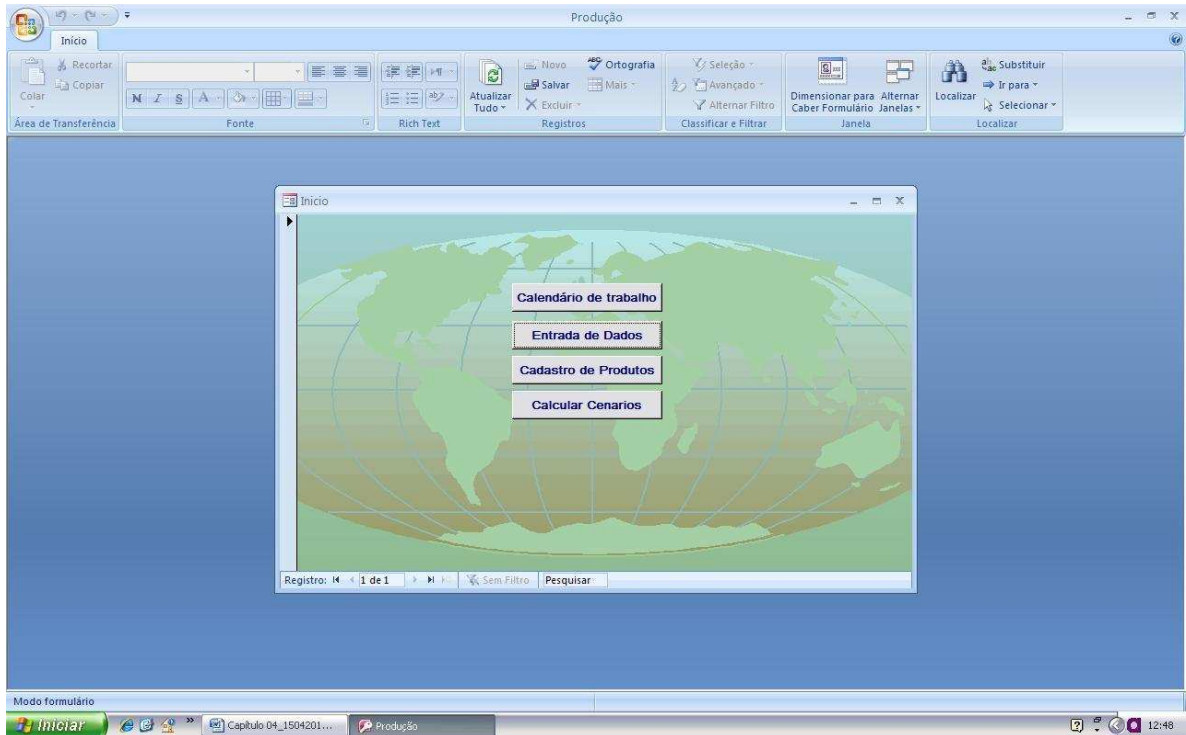


Figura 4.81 – Base de dados utilizada

Fonte: Próprio autor

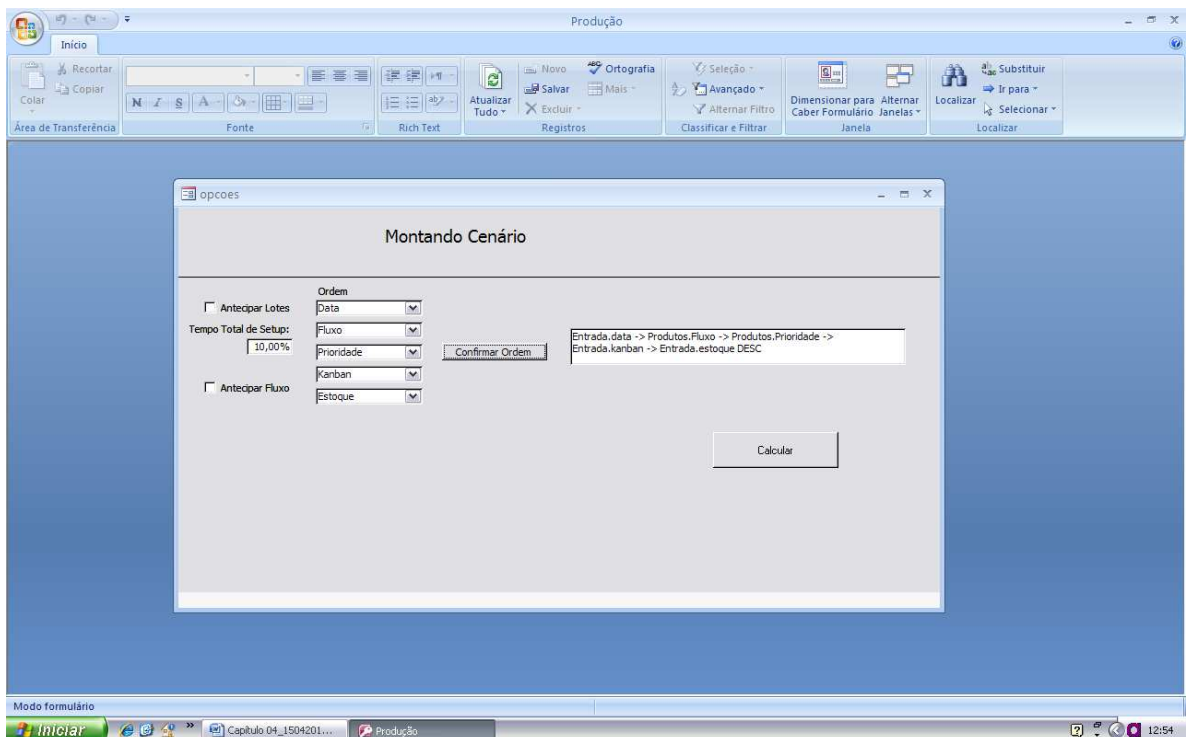


Figura 4.82 – Critérios de ordenação. Fonte: Próprio autor



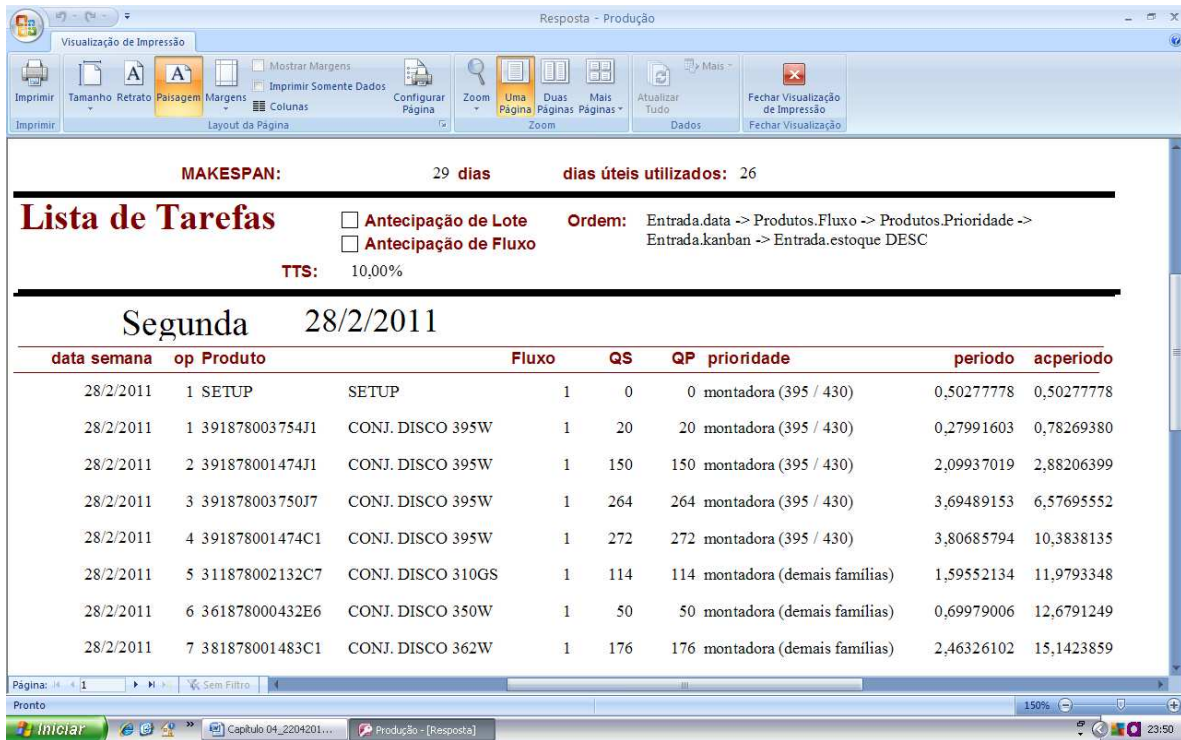


Figura 4.83 – Resultado da Simulação. Fonte: Próprio autor

O *makespan* da simulação é de 29 dias de acordo com a Figura 4.83.

Mantendo os critérios de sequenciamento e alterando para antecipação do lote de acordo com a Figura 4.84, o resultado da simulação é apresentado na Figura 4.85.

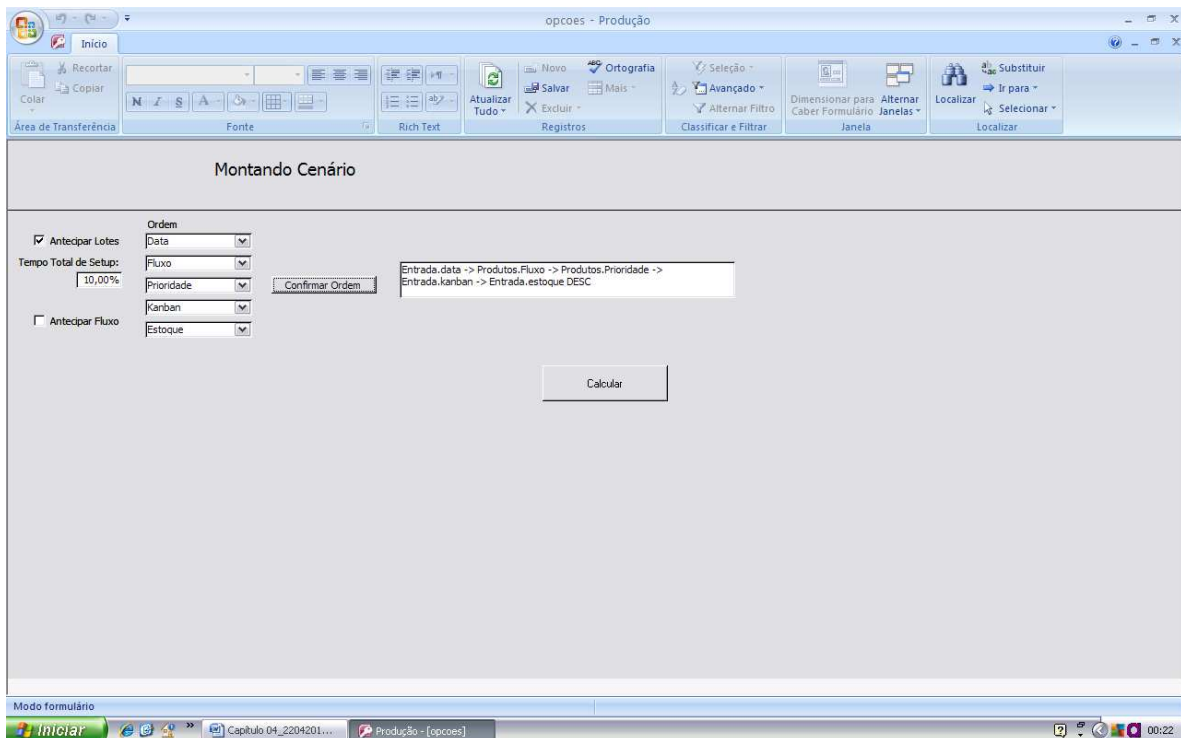
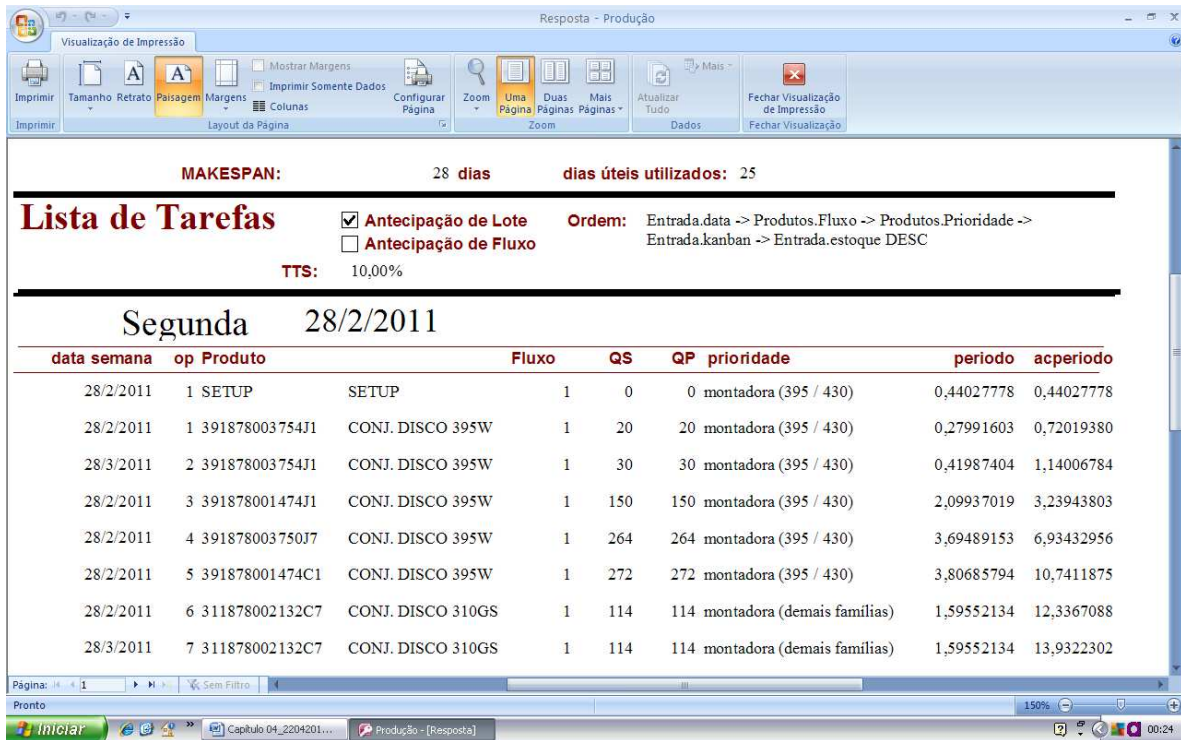


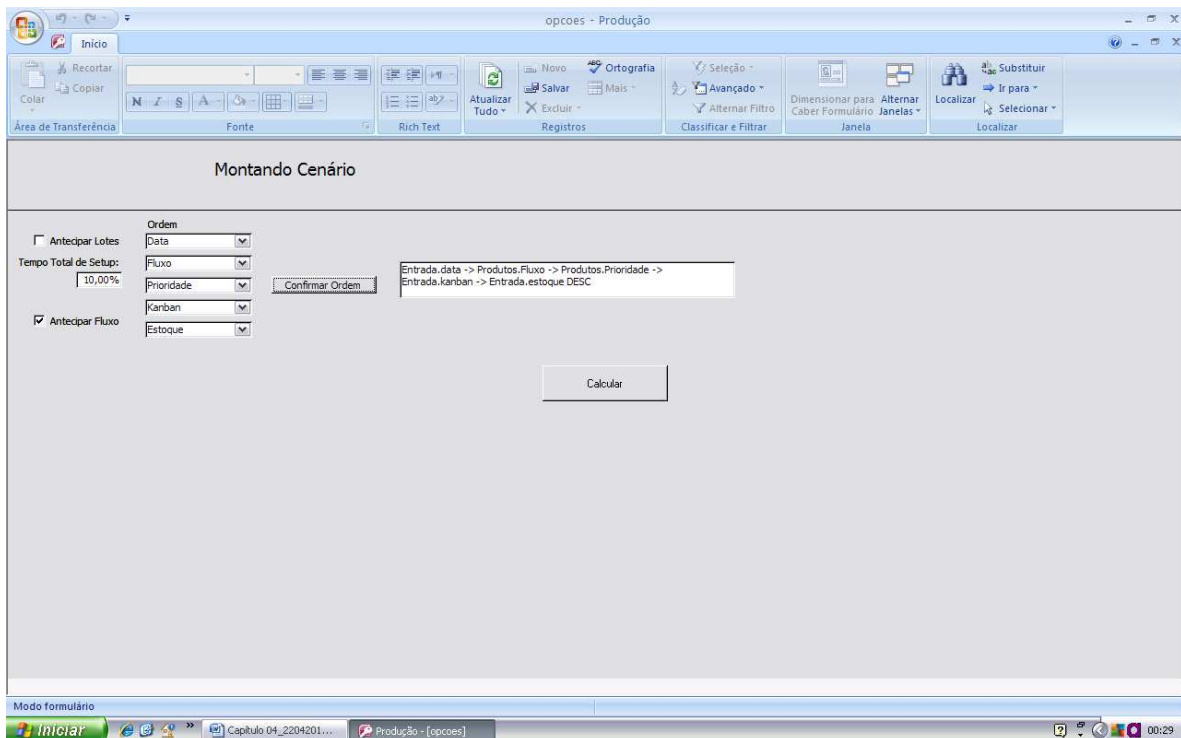
Figura 4.84 – Uso do recurso Antecipar Lote. Fonte: Próprio autor



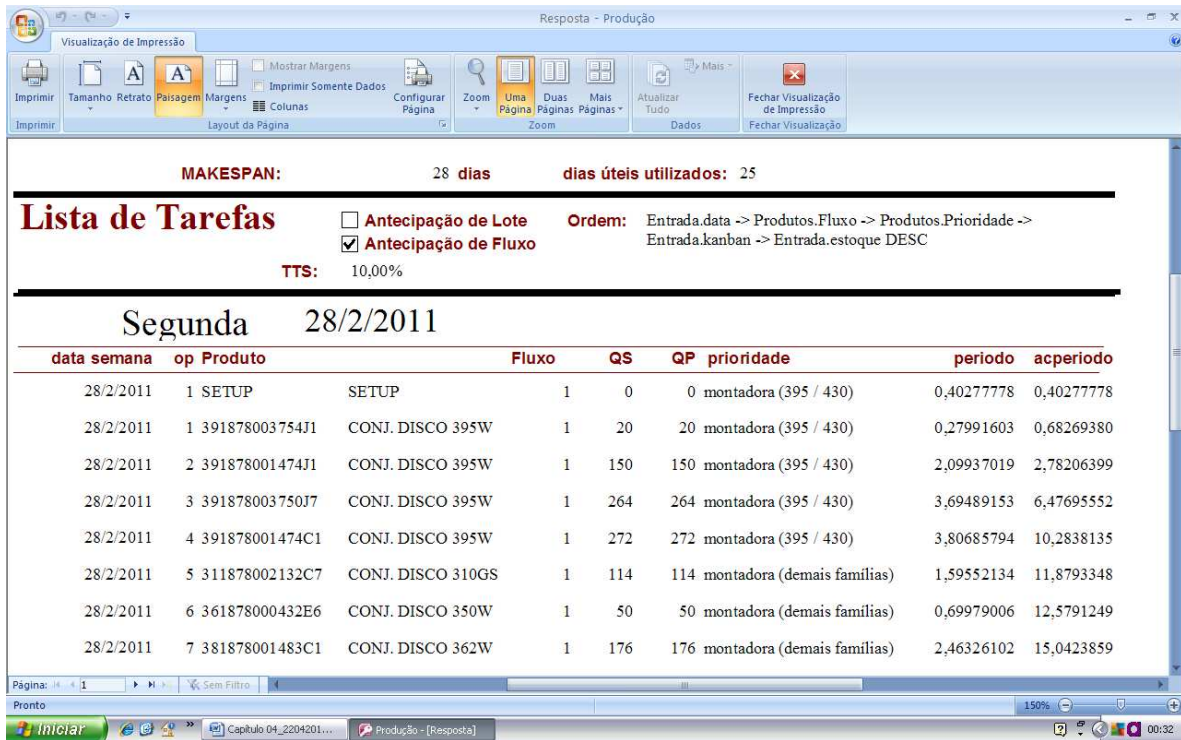
**Figura 4.85 – Resultado da simulação – makespan**

**Fonte: Próprio autor**

É importante ressaltar a redução do *makespan* em um dia. O uso da opção antecipar fluxo de acordo com a Figura 4.86 não altera o *makespan* de acordo com o resultado da Figura 4.87

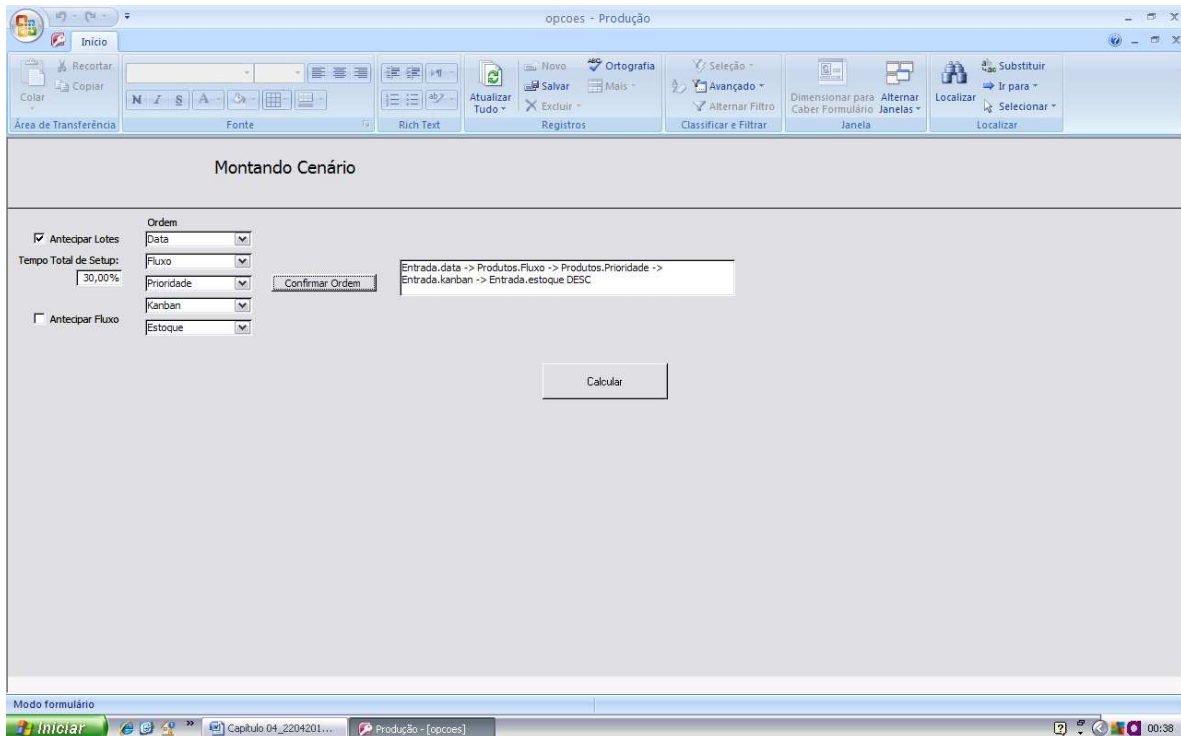


**Figura 4.86 – Uso da opção Antecipar Fluxo. Fonte: Próprio autor**



**Figura 4.87 – Resultado da simulação – makespan. Fonte: Próprio autor**

O ganho do *makespan* com a antecipação do lote de acordo com a Figura 4.84, é perdido se a porcentagem do tempo de setup sob o tempo de processamento for alterado de 10% para 30% de acordo com as Figuras 4.88 e 4.89.



**Figura 4.88 – Antecipação do lote de 10% para 30%. Fonte: Próprio autor**

**MAKESPAN:** 29 dias **dias úteis utilizados:** 26

**Lista de Tarefas**  Antecipação de Lote **Ordem:** Entrada.data -> Produtos.Fluxo -> Produtos.Prioridade -> Entrada.kanban -> Entrada.estoque DESC  
 Antecipação de Fluxo

**TTS:** 30,00%

**Segunda 28/2/2011**

data semana	op	Produto	Fluxo	QS	QP	prioridade	periodo	acperiodo
28/2/2011	1	SETUP	SETUP	1	0	0 montadora (395 / 430)	0,44027778	0,44027778
28/2/2011	1	391878003754J1	CONJ. DISCO 395W	1	20	20 montadora (395 / 430)	0,27991603	0,72019380
28/3/2011	2	391878003754J1	CONJ. DISCO 395W	1	30	30 montadora (395 / 430)	0,41987404	1,14006784
28/2/2011	3	391878001474J1	CONJ. DISCO 395W	1	150	150 montadora (395 / 430)	2,09937019	3,23943803
28/2/2011	4	391878003750J7	CONJ. DISCO 395W	1	264	264 montadora (395 / 430)	3,69489153	6,93432956
28/2/2011	5	391878001474C1	CONJ. DISCO 395W	1	272	272 montadora (395 / 430)	3,80685794	10,7411875
28/2/2011	6	311878002132C7	CONJ. DISCO 310GS	1	114	114 montadora (demais familias)	1,59552134	12,3367088
28/2/2011	7	361878000432E6	CONJ. DISCO 350W	1	50	50 montadora (demais familias)	0,69979006	13,0364989

**Figura 4.89 – Resultado da simulação. Fonte: Próprio autor**

O aplicativo desenvolvido em *Acess* demonstra o uso de um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) na solução de um problema de sequenciamento da produção a partir de uma heurística simples.

A estrutura do aplicativo é muito similar a do aplicativo desenvolvido em *Delphi* com resultados muito próximos, a diferença está que para o desenvolvimento do aplicativo em *Delphi* foi necessário o auxílio de um programador de computador com conhecimento da linguagem enquanto que o desenvolvimento do segundo foi suficiente o conhecimento do uso do *Acess*, no entanto, um conhecimento avançado, pode ser uma alternativa relativamente simples para empresas de pequeno porte.

Os resultados foram satisfatórios e a interface com o usuário final (programador da produção), em ambos os aplicativos, é amigável.

A seguir é demonstrado o modelo desenvolvido no *Preactor 11.0*, um aplicativo desenvolvido pela *Preactor International* reconhecido mundialmente e distribuído no mercado nacional pela Tecmaran com sede na cidade de Vitória, Espírito Santo.

Os resultados obtidos com o *Preactor* não são diferentes dos resultados dos demais aplicativos, mas demonstra que dependendo da regra de sequenciamento (heurística) utilizada, os resultados podem ser bem diferentes.

#### 4.11.2.5.3 Modelo desenvolvido no *Preactor* 11.0

O modelo desenvolvido no *Preactor* 11.0 manteve os mesmos parâmetros dos demais aplicativos utilizados nesse trabalho, inclusive os do protótipo desenvolvido no *Excel* que serviu de base para os demais. A Tabela 4.7 identifica esses parâmetros.

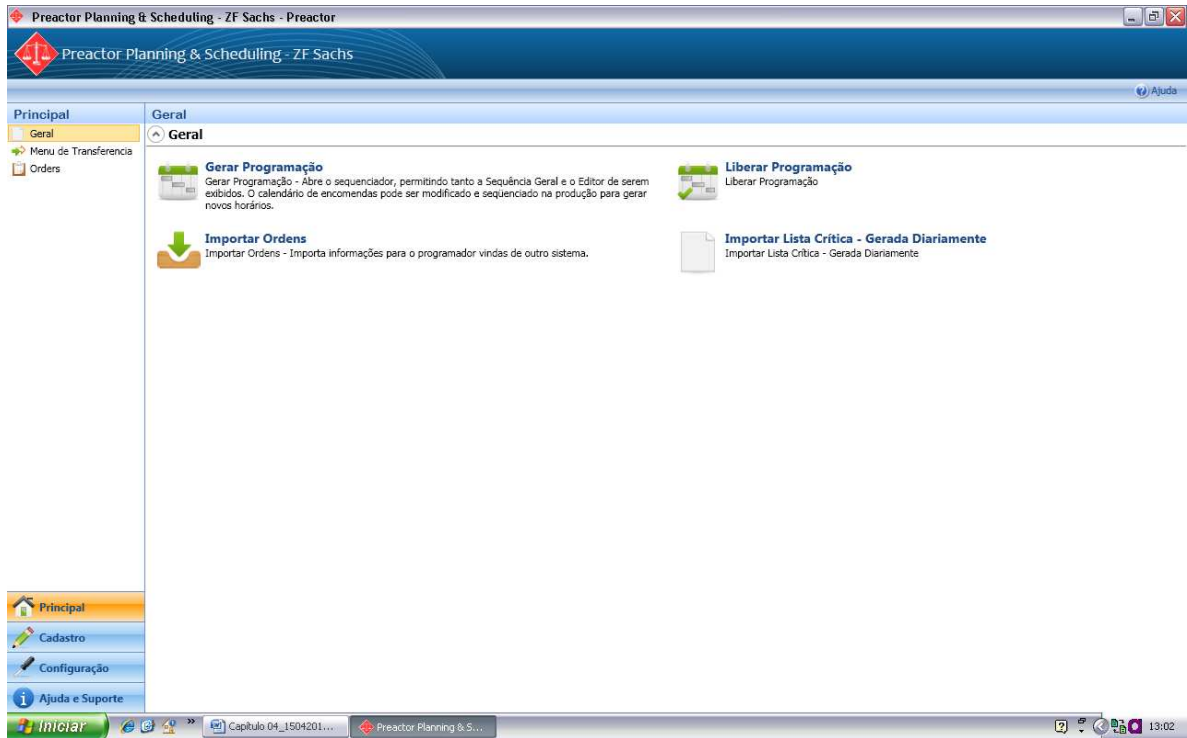
**Tabela 4.7 – Parâmetros do modelo desenvolvido no *Preactor* 11.0. Fonte: Próprio autor**

Parâmetro	Identificação	Configuração	Observação
<i>Setup</i>	Matriz de <i>Setup</i>	Tabela 4.5	Simétrica
Critério de Sequenciamento	Sequência Preferida	1 – Data de Entrega 2 – Atributo do Produto 2 3 – Atributo do Produto 3	Atributo do Produto 2 = fluxo de produção (ordem crescente) Atributo do Produto 3 = família 430, família 395 e demais famílias
Data	Intervalo de data para o atendimento do pedido	<i>Earliest Start Date</i> – data de início mais cedo <i>Delivery Date</i> – data de entrega	<i>Earliest Start Date</i> – data da semana do item, data de referência da empresa <i>Delivery Date</i> – sempre a data correspondente a sexta feira da semana definida para o item como <i>Earliest Start Date</i>
Regra	Regra de sequenciamento	1 – <i>APS Minimize Overall Setup</i> 2 – <i>APS Preferred Sequence</i>	A regra 1 otimiza o uso dos recursos diminuindo a frequência do <i>setup</i> por agrupamento do fluxo de produção, a partir da matriz de <i>setup</i> ( <b>específico por produto</b> ) A regra 2 segue a ordenação a partir dos critérios de sequenciamento definidos na segunda linha dessa tabela ( <b>específico por produto</b> )
Importação das ordens de produção	1 – Importar Lista Crítica – Gerada Diariamente 2 – Importar Ordens	1 – Lista das ordens de produção somente de montadoras e da 1ª semana 2 – Demais ordens de produção do plano mestre de produção	Foi definido como demais ordens de produção do plano mestre as ordens das outras quatro semanas, ou seja, a base de dados do plano mestre para esse trabalho a qual compreende um intervalo de cinco semanas

**Observação** – a sigla *APS* significa *Advanced Planning Scheduling* – Planejamento Avançado da Produção.



A Figura 4.90 ilustra a janela de importação da base de dados utilizada para a simulação, trata-se da mesma base de dados utilizada no *Excel*, separada em duas planilhas de importação como definido no item Importação das ordens de produção da Tabela 4.7.



**Figura 4.90 – Base de dados utilizada**

**Fonte: Próprio autor**

A simulação foi realizada utilizando duas regras de sequenciamento de acordo com a Tabela 4.7, com procedimento descrito nas seções 4.11.2.5.3.1 e 4.11.2.5.3.2.

Para ambas as regras o procedimento utilizado compreendeu as seguintes etapas:

1. Importação da base de dados contendo as ordens de produção das montadoras para a primeira semana de atendimento – Importar Lista Crítica – Gerada Diariamente.
2. Sequenciamento utilizando a regra definida para esse grupo de ordens de produção.
3. Trava das ordens programadas na etapa 2 (validação das O.P's programadas).
4. Importação das demais ordens de produção – Importar ordens.

5. Sequenciamento das demais ordens de produção utilizando a regra definida com alocação a partir da disponibilidade de recursos, subtraindo a ocupação do primeiro grupo de ordens de produção programado.
6. Trava das ordens programadas na etapa 5 (validação das O.P's programadas).

Ao finalizar o procedimento descrito, para cada regra utilizada é apresentado os resultados quanto ao desempenho do sequenciamento das ordens de produção, a partir do recurso: estatísticas da programação disponível no *software* para análise.

#### 4.11.2.5.3.1 Sequenciamento utilizando a regra *APS Minimize Overall Setup*

A Figura 4.91 mostra o sequenciamento de acordo com o item 2 do procedimento. Sequenciamento realizado apenas com as ordens de produção das montadoras na primeira semana com a regra de sequenciamento definida.

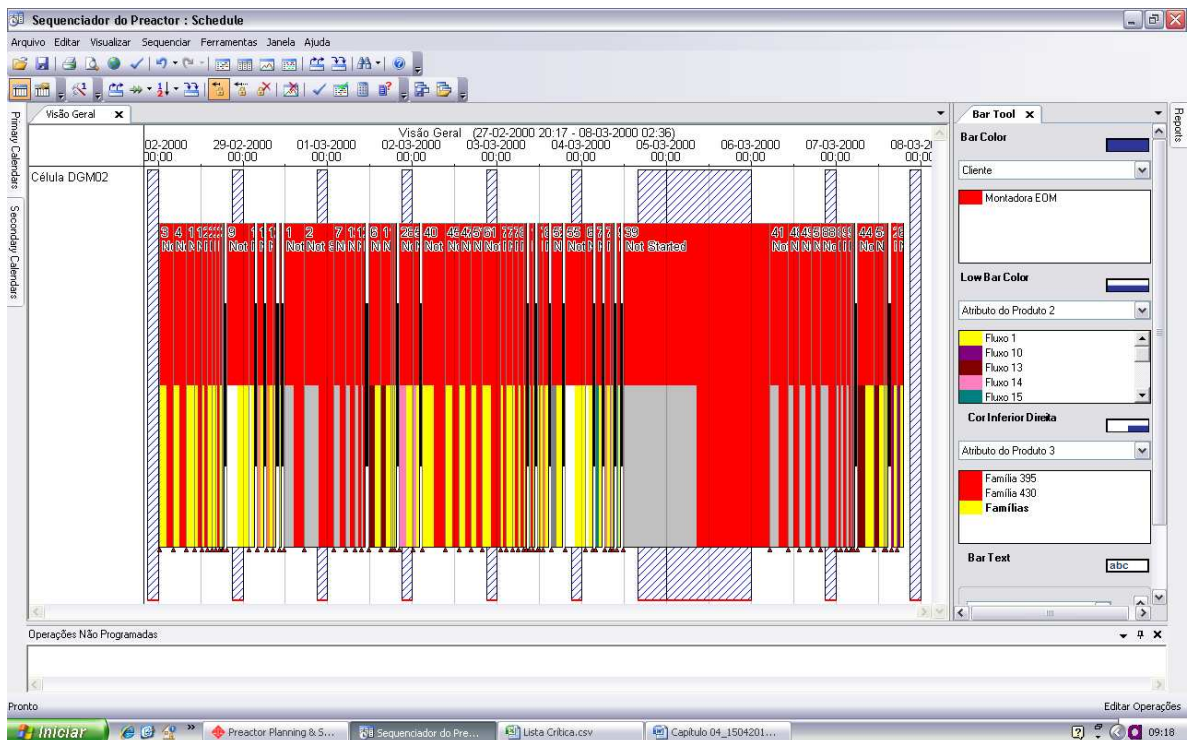
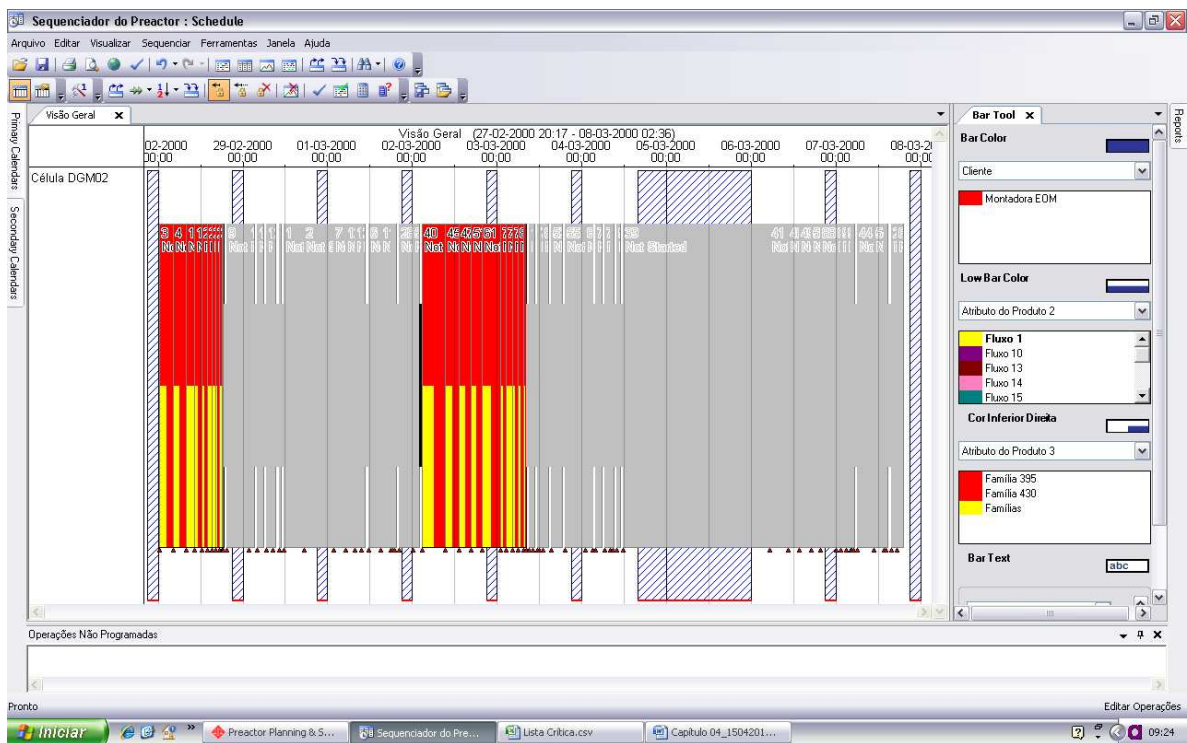


Figura 4.91 – Cenário – regra *APS Minimize Overall Setup* – 1º grupo de ordens. Fonte: Próprio autor

É importante observar que no canto direito da Figura 4.91 são identificados os critérios de sequenciamento, sendo:

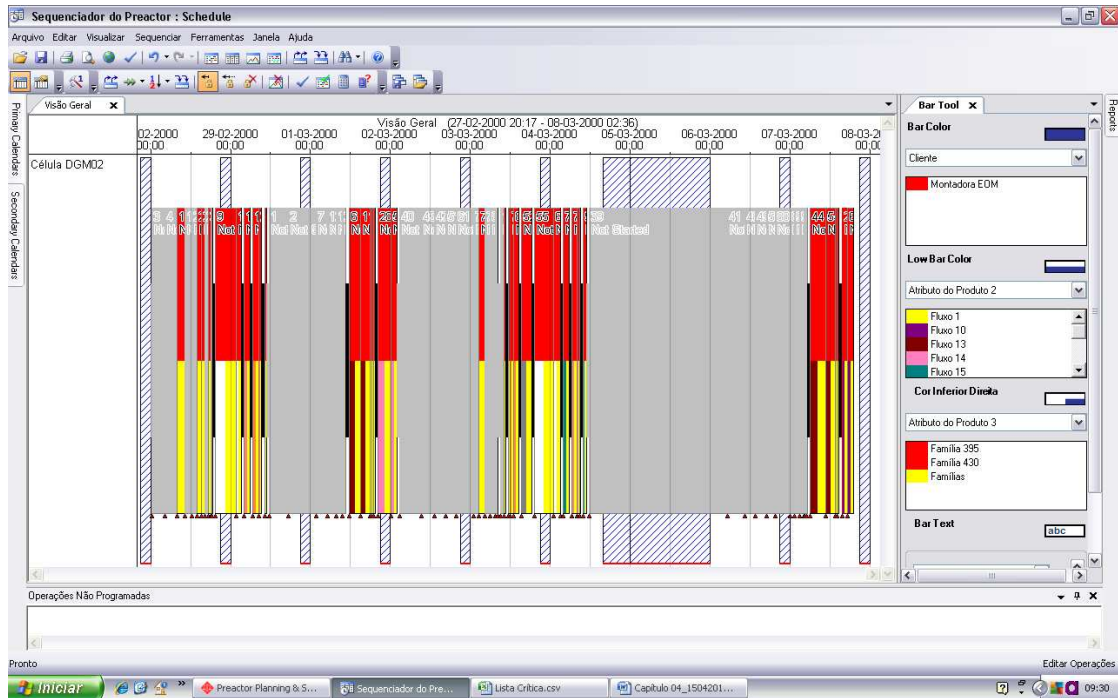
1. Primeiro critério – cliente – montadoras, definido na cor vermelho que corresponde à parte superior da linha de sequenciamento do gráfico de *Gantt* na cor vermelho.
2. Segundo critério – fluxo de produção – cada fluxo tem uma cor diferente, definido na parte inferior da linha de sequenciamento do gráfico de *Gantt* e no lado esquerdo de acordo com a Figura 4.92. O destaque como exemplo é o fluxo 1 na cor amarelo.
3. Terceiro critério – família de produtos – as famílias 430 e 395 têm a cor vermelho e as demais famílias a cor amarelo, definido na parte inferior da linha de sequenciamento do gráfico de *Gantt* e no lado direito de acordo com a Figura 4.93. O destaque como exemplo é as demais famílias na cor amarelo.



**Figura 4.92 – Destaque fluxo 1 no gráfico de *Gantt***

**Fonte: Próprio autor**

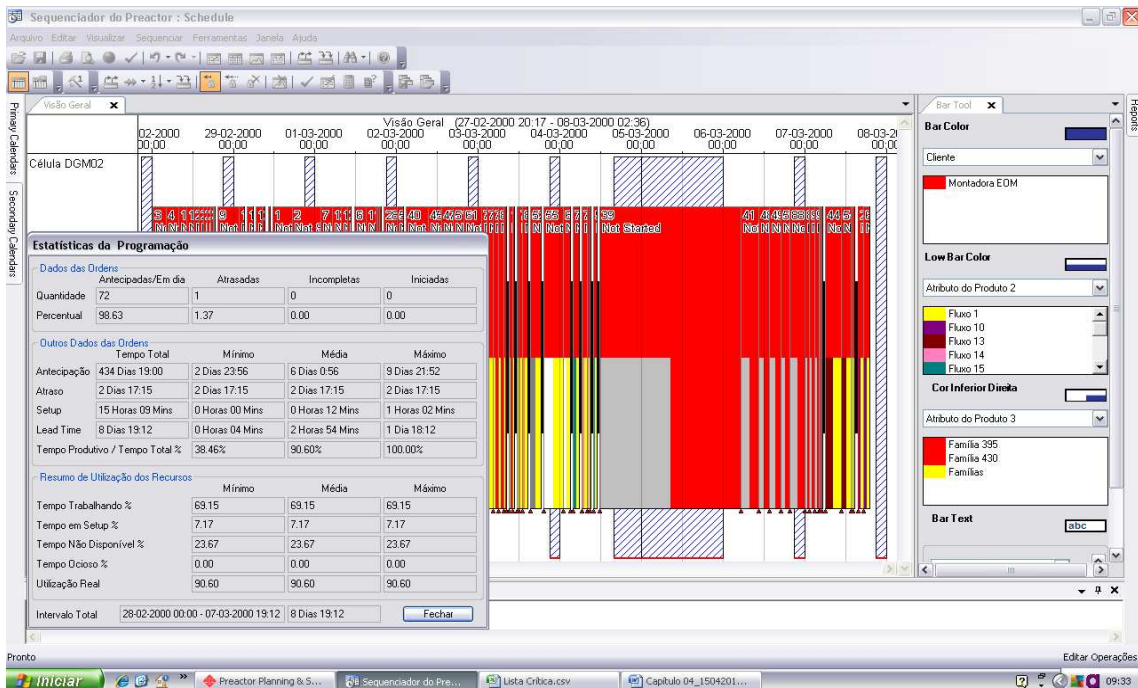




**Figura 4.93 – Destaque demais famílias de produto no gráfico de Gantt**

Fonte: Próprio autor

A Figura 4.94 mostra o resultado da primeira etapa do sequenciamento da produção a partir das ordens de produção das montadoras para a primeira semana.



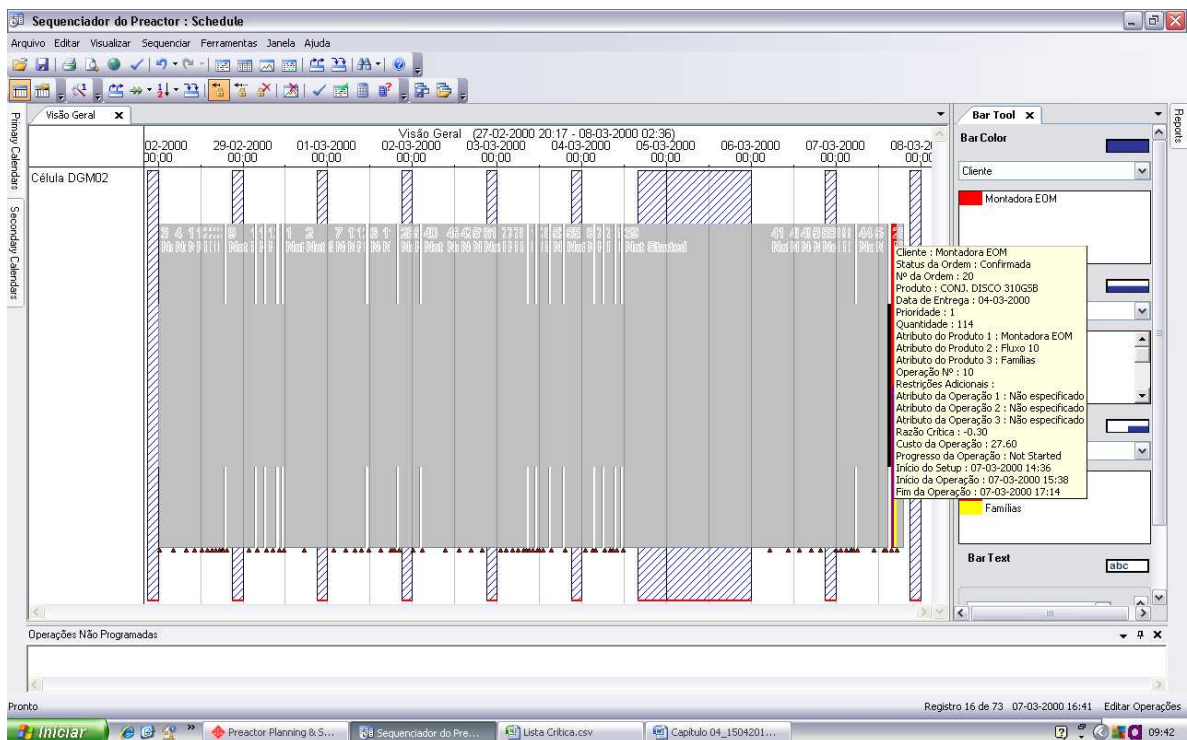
**Figura 4.94 – Resultado da primeira etapa do sequenciamento utilizando a regra APS Minimize Overall Setup – com o 1º grupo de ordens**

Fonte: Próprio autor

É importante observar que para essa primeira etapa o número de ordens de produção é setenta e três com um *makespan* de 8 dias, 19 horas e 12 minutos com uma ordem de produção atrasada, tempo de *setup* total de 15 horas e 9 minutos com utilização real de 90.60%. A Figura 4.95 identifica a ordem de produção atrasada na primeira etapa.

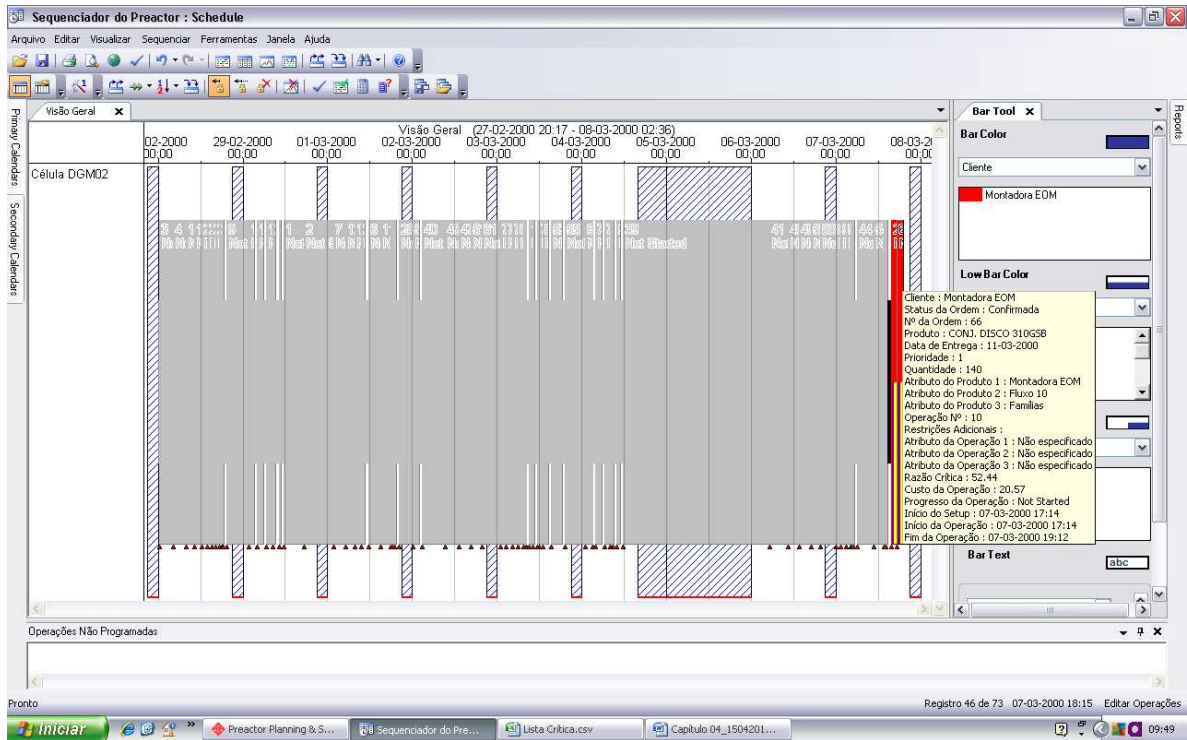
A ordem com atraso é a de número 20 com fluxo de produção 10, quantidade igual a cento e catorze unidades, *due date* igual a 04/03 e data de início da operação igual a 07/03. O motivo do atraso pode ser observado a partir da Figura 4.96. Como a regra de sequenciamento foi a regra **APS Minimize Overall Setup** o objetivo é agrupar os fluxos a fim de minimizar a frequência de *setup*.

Nesse caso há duas ordens de produção com o fluxo 10: a ordem 20 com atraso já identificada e a ordem 66 também de fluxo 10 com quantidade de produção igual a 140, *due date* igual a 07/03 e, portanto no prazo e produto CONJ. DISCO GSB310 que é o mesmo da ordem de produção 20.



**Figura 4.95 – Identificação da ordem de produção com atraso (APS Minimize Overall Setup)**

Fonte: Próprio autor

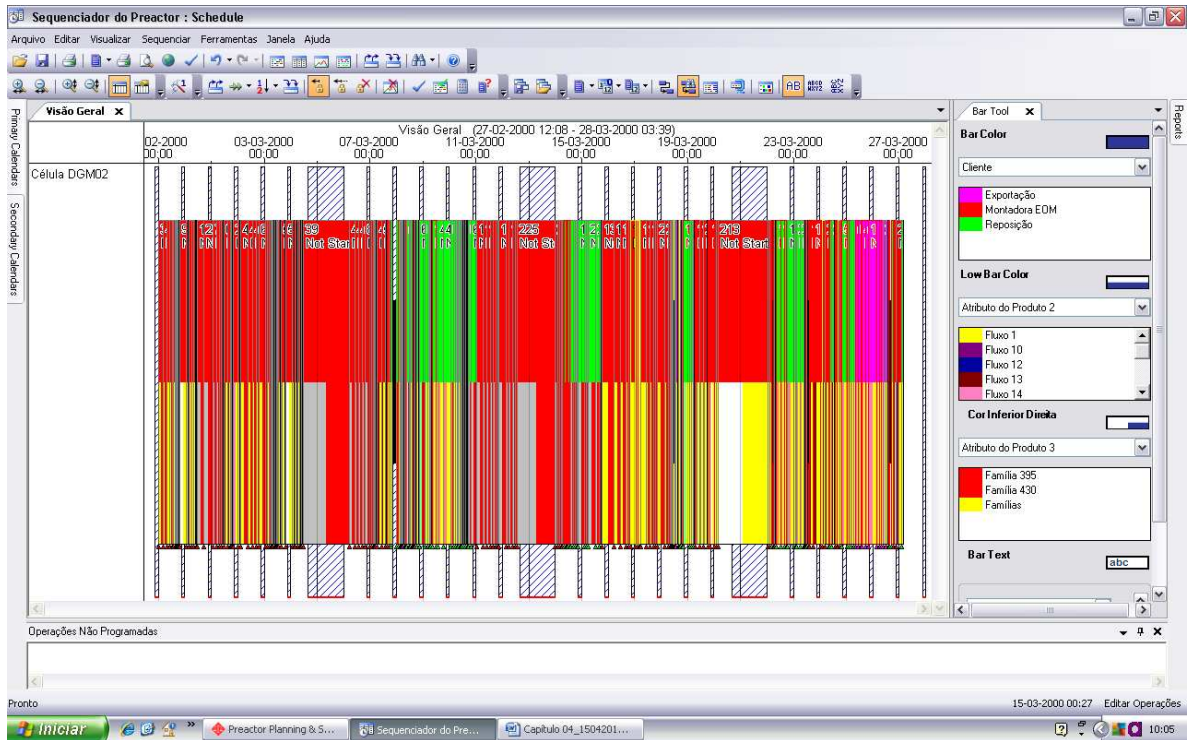


**Figura 4.96 – Identificação das ordens de produção do Fluxo 10 – além da ordem 20 a ordem 66 tem o fluxo 10 (*APS Minimize Overall Setup*)**

**Fonte: Próprio autor**

É evidente que a empresa não tem como objetivo cometer atrasos na entrega de seus produtos para os clientes, embora seja importante ressaltar que estamos trabalhando com um intervalo de data na semana e que pode haver casos em que o atraso identificado pode, na realidade, ser contornado junto ao cliente e não representar para a operação e para as janelas de entrega um atraso efetivo cabendo ao programador identificar e ponderar esses casos ajustando a programação com o propósito de obter um melhor desempenho sem prejudicar o atendimento.

A Figura 4.97 mostra o sequenciamento completo com a execução da etapa 5 definida na seção 4.11.2.5.3 com todas as ordens de produção sequenciadas e a Figura 4.98 a estatística do sequenciamento.

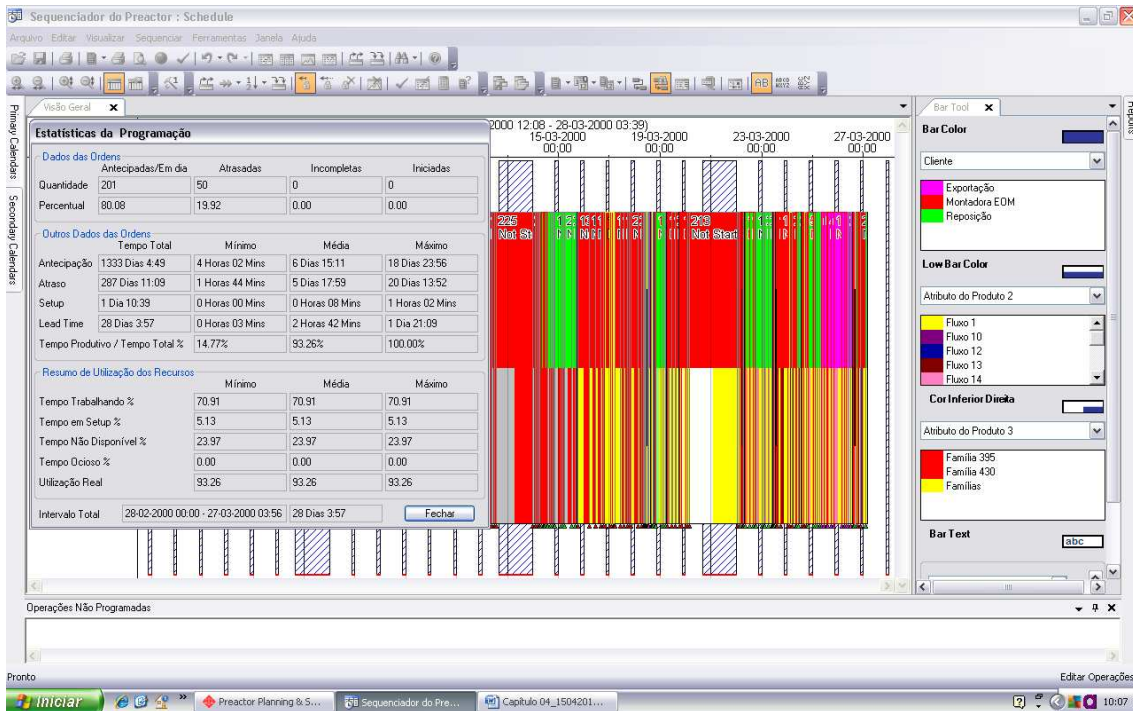


**Figura 4.97 – Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre utilizando a regra *APS Minimize Overall Setup***  
**Fonte: Próprio autor**

É importante ressaltar que as possibilidades de sequenciamento de um plano mestre com um horizonte de 5 semanas e um número de 251 ordens de produção é exponencial e não é o objetivo desse trabalho explorar todas as possibilidades.

Contudo, é importante destacar que a redução da frequência de *setup* tem um impacto significativo no *makespan* como resultado, o que pode ser observado na Figura 4.98 a partir da estatística da programação para a análise do resultado obtido.





**Figura 4.98 – Resultado do Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre (APS Minimize Overall Setup)**

**Fonte: Próprio autor**

O resultado do sequenciamento de todas as ordens de produção utilizando a regra **APS Minimize Overall Setup** foi:

1. Ordens executadas no prazo – 201
2. Ordens atrasadas – 50
3. *Makespan* – 28 dias, 3 horas e 57 minutos (incluindo os domingos)
4. *Setup* – 1 dia, 10 horas e 39 minutos
5. Utilização real – 93,26%

Esse resultado é interessante do ponto de vista de minimização de *setup*, mesmo com os atrasos identificados, ou seja, a partir dos critérios de sequenciamento adotados ele atende razoavelmente o que foi proposto, havendo a necessidade da análise do programador uma vez que as possibilidades são exponenciais e a experiência e o conhecimento do profissional podem auxiliar na validação do melhor resultado ou identificar qual das possibilidades melhor atende em um determinado momento de atendimento à demanda, de acordo com as necessidades dos clientes.

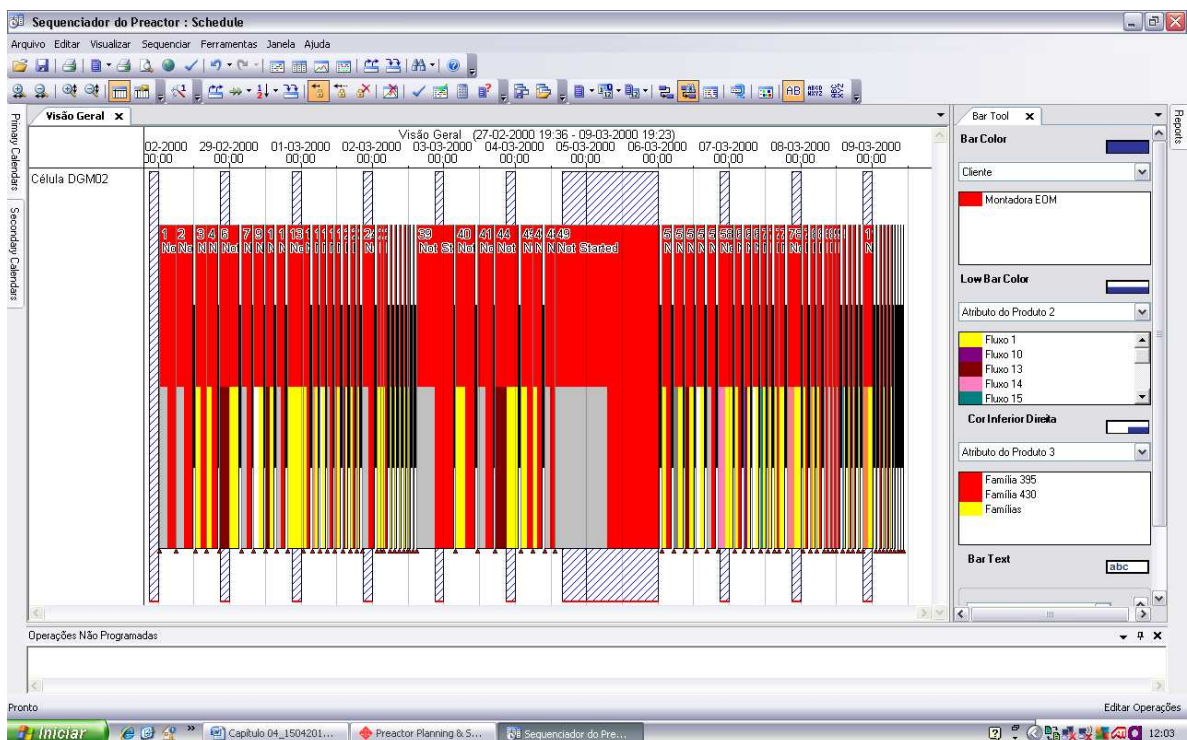
#### 4.11.2.5.3.2 Sequenciamento utilizando a regra *APS Preferred Sequence*

A Figura 4.99 ilustra a programação da produção de acordo com o item 2 do procedimento, ou seja, apenas com as ordens de produção das montadoras para a primeira semana, aplicando a regra de sequenciamento *APS Preferred Sequence*.

O resultado da simulação com o grupo de ordens de produção parcial, ou seja, das montadoras para a primeira semana, é descrito na Figura 4.99.

Os critérios de simulação utilizados foram: *due date*, fluxo, e família de produtos representados pelos Atributos 2 e 3 com agrupamento de lotes de produção de mesmo fluxo calculados de acordo com a porcentagem de 10% considerada na proposta original.

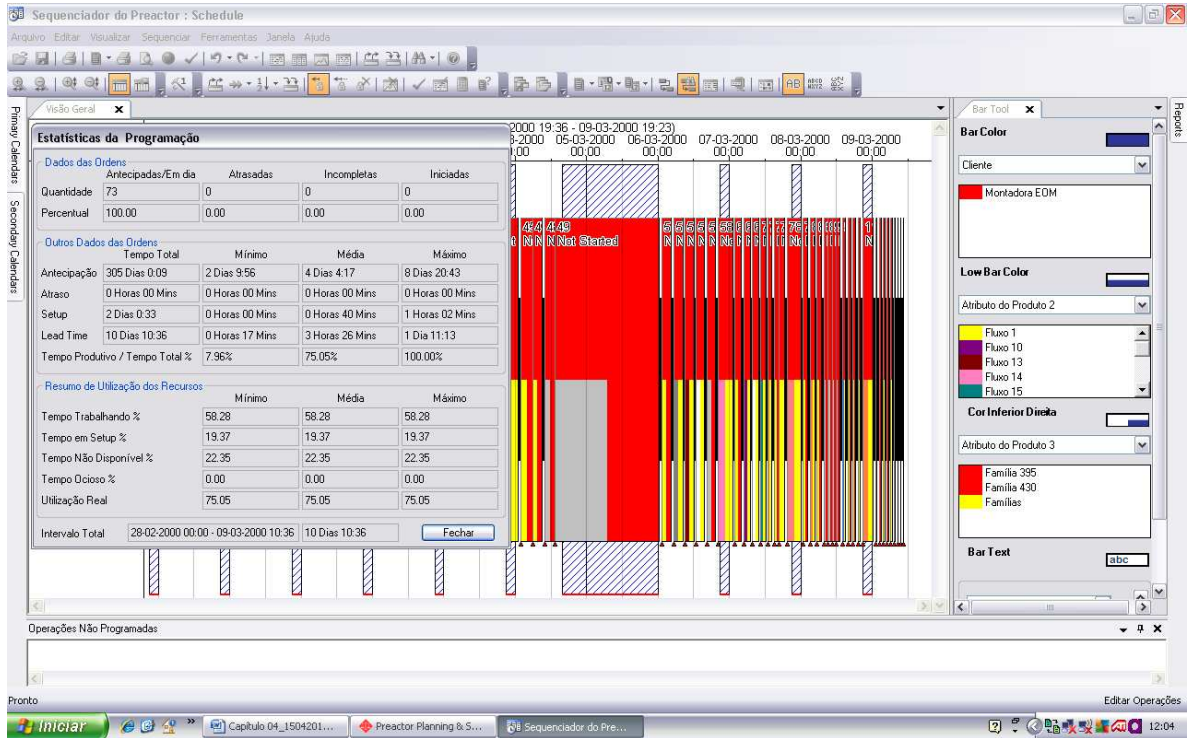
O resultado da simulação é apresentado na Figura 4.100.



**Figura 4.99 – Cenário – regra *APS Preferred Sequence* – 1º grupo de ordens. Fonte: Próprio autor**

É importante observar que para essa primeira etapa o número de ordens de produção é setenta e três com um *makespan* de 10 dias, 10 horas e 36 minutos sem ordem de produção atrasada, tempo de *setup* total de 2 dias e 33 minutos com utilização real de 75.05%.

A Figura 4.100 mostra os resultados de desempenho do sequenciamento menos favorável à otimização do que com a regra *APS Minimize Overall Setup*, na primeira etapa dessa regra. A Figura 4.101 mostra o sequenciamento com todas as ordens e a Figura 4.102 os resultados.



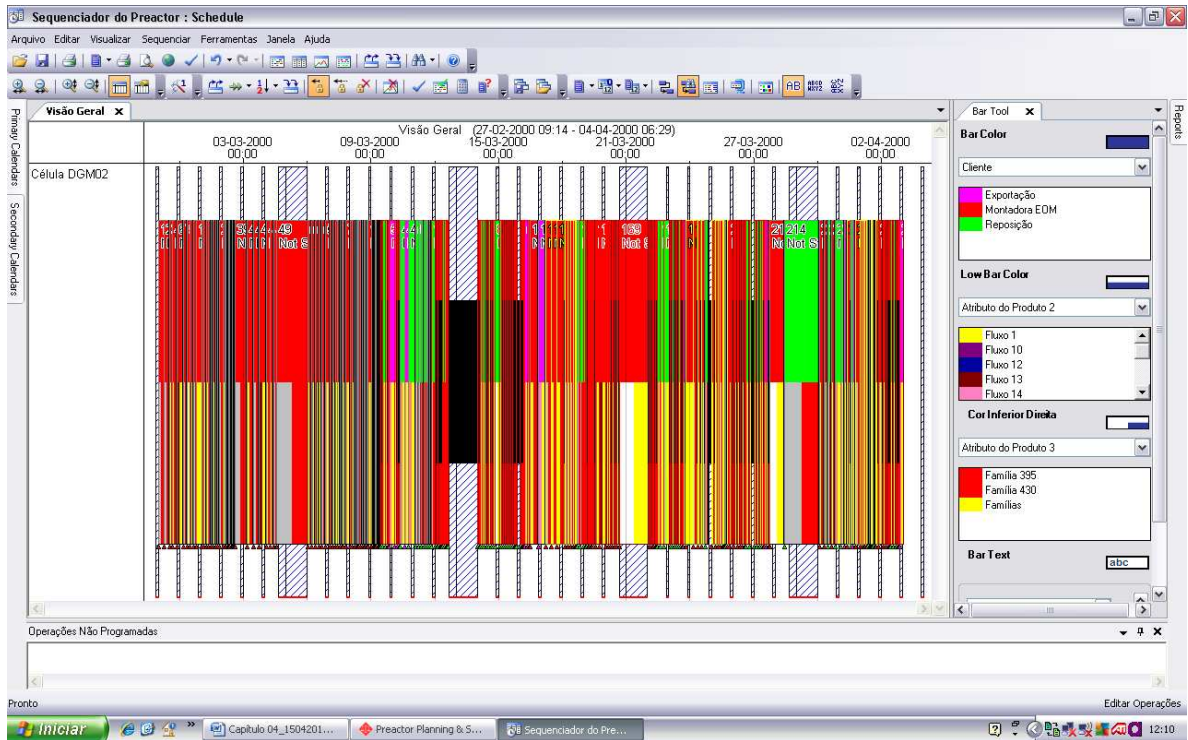
**Figura 4.100 – Resultado da primeira etapa do sequenciamento utilizando a regra *APS Preferred Sequence* – com o 1º grupo de ordens**

**Fonte: Próprio autor**

O resultado do sequenciamento de todas as ordens de produção utilizando a regra *APS Preferred Sequence* foi:

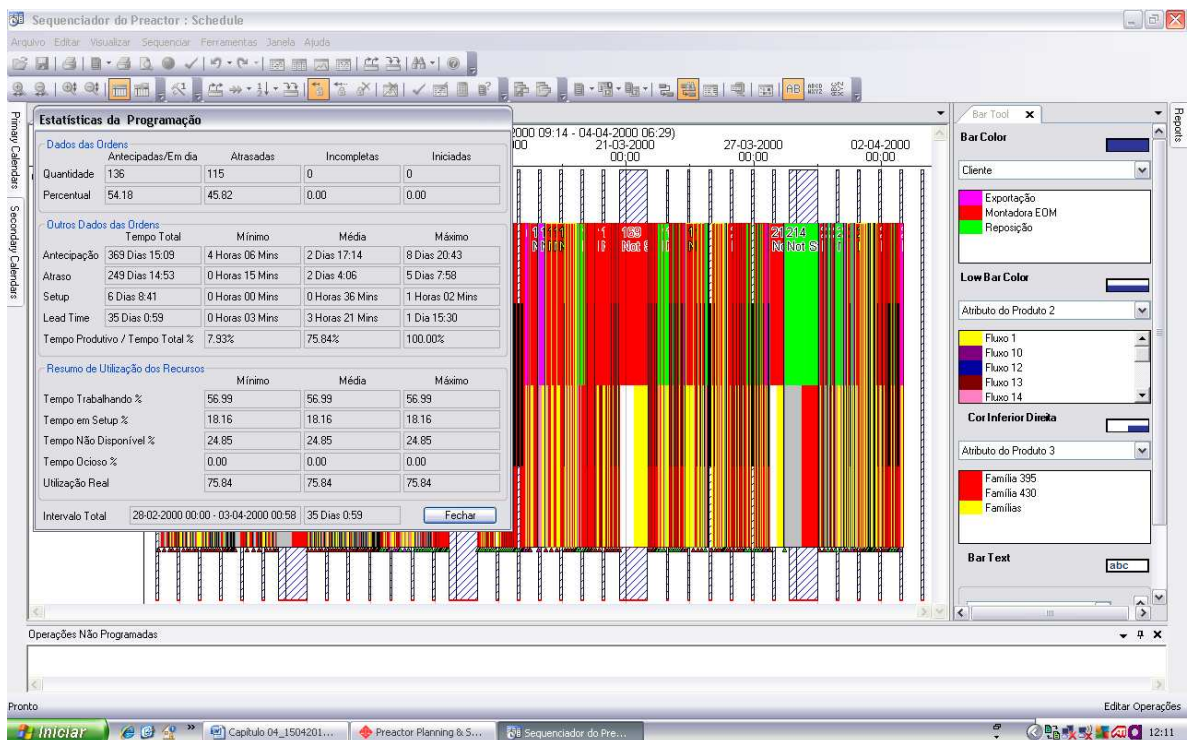
1. Ordens executadas no prazo – 136
2. Ordens atrasadas – 115
3. *Makespan* – 35 dias e 59 minutos (incluindo os domingos)
4. *Setup* – 6 dias, 8 horas e 41 minutos
5. Utilização real – 75,84%

A Tabela 4.8 mostra os resultados parciais e completos das simulações envolvendo a aplicação das duas regras de sequenciamento utilizadas.



**Figura 4.101 – Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre utilizando a regra *APS Preferred Sequence***

Fonte: Próprio autor



**Figura 4.102 – Resultado do Sequenciamento de todas as ordens do plano mestre (*APS Preferred Sequence*)**

Fonte: Próprio autor



O resultado demonstra que o sequenciamento a partir do agrupamento de ordens com mesmo fluxo de produção a partir da matriz de *setup* reduz consideravelmente o *makespan* do grupo de ordens de produção e conseqüentemente o número de ordens com atraso garantindo um resultado satisfatório. O *makespan* gerado nas simulações dos demais aplicativos está dentro do gerado por esse modelo.

**Tabela 4.8 – Resultados obtidos. Fonte: Próprio autor**

Regra	Grupo de O.P.	Ordens executadas no prazo	Ordens atrasadas	<i>Makespan</i>	<i>Setup</i>	Utilização real (%)
<b>APS Minimize Overall Setup</b>	Parcial	72	1	8 dias, 19 hs e 12 min	15 hs e 9 min	90,60
<b>APS Minimize Overall Setup</b>	Completo	201	50	28 dias, 3 hs e 57 min	1 dia, 10 hs e 39 min	93,26
<b>APS Preferred Sequence</b>	Parcial	73	0	10dias, 10 hs e 36 min	2 dias, 33 min	75,05
<b>APS Preferred Sequence</b>	Completo	136	115	35 dias e 59 min	6 dias, 8 hs e 41 min	75,84

A complexidade da construção dos aplicativos se difere, é fato, mas os resultados são compatíveis, tendo o aplicativo *Preactor* 11.0 a vantagem de uma configuração mais amigável e a possibilidade de fazer o link entre as ordens de produção e as ordens de suprimento dos componentes da lista de materiais do produto validando a disponibilidade ou não dos itens nas quantidades necessárias para a execução da produção.

É importante ressaltar que a redução da frequência de *setup* a partir do agrupamento das ordens de produção de mesmo fluxo garante um melhor resultado do sequenciamento em qualquer condição ou uso de um aplicativo específico.

## 4.12 Considerações finais sobre a proposta

### 4.12.1 Aplicação da proposta na empresa objeto do estudo

Em um dos testes do programador foi constatado, de acordo com a Tabela 4.9, a alteração do tempo de processo para uma base de dados de sequenciamento no horizonte de tempo de uma semana, com ganho relativo de quase uma hora de produção ou do *makespan* do grupo de ordens de produção utilizado só com uma ordenação mais efetiva a partir do critério de sequenciamento descrito na Tabela.

**Tabela 4.9 – Cenários gerados no aplicativo desenvolvido em *Delphi* pelo programador. Fonte: Próprio autor**

Cenário	Período	Quantidade produzida	Tempo de processo	Diferença
01	18/04/2011 a 22/04/2011	6242	87,31 horas	-----
02	18/04/2011 a 22/04/2011	6242	86,88 horas	0,43 horas
03	18/04/2011 a 22/04/2011	6242	86,52 horas	0,79 horas

Critérios:  
01 – prioridade, fluxo e família;  
02 – prioridade, família e fluxo;  
03 – família, prioridade e fluxo.

### 4.12.2 Comparação dos resultados dos diferentes *softwares*

É importante ressaltar que não há a pretensão do autor do presente trabalho apresentar um *software* especialista em programação da produção a partir dos dois protótipos desenvolvidos: em *Acess* e em *Delphi*.

A proposta é demonstrar e disponibilizar um protótipo de *software* de programação da produção baseado na lógica do sistema de coordenação de ordens de produção de fluxo programado: PBC – *Period Batch Control* que deve ser aperfeiçoado.

Além de disponibilizar esse protótipo que é um dos objetivos, talvez o principal, é demonstrar a simplicidade e eficácia de uma lógica simples e programação pouco discutida na literatura nacional, a lógica do PBC quanto alternativa viável para sistemas de produção semirrepetitivos e repetitivos.

Nesse contexto os resultados dos *softwares* foram próximos ressaltando que o melhor cenário do *software Preactor 11.0* com o uso da regra *minimized overall setup* com 201 ordens de produção atendidas no prazo com 50 ordens de produção atrasadas demonstra que a função objetivo de minimização de *setup* sem a restrição do tamanho do lote por si só não garante a otimização do uso dos recursos respeitando o *due date*. Há a necessidade de se desenvolver uma regra que contemple a lógica de configuração do tamanho do lote proposta na dissertação.

O *Preactor 11.0* é um *software* inglês especialista em programação da produção consagrado no mercado, cuja alteração proposta é simples de ser feita devendo gerar excelentes resultados principalmente se utilizarmos a funcionalidade SMC – *Static Material Control* do *software*.

Essa funcionalidade permite trabalhar com a estrutura de materiais do produto e identificar na cadeia a disponibilidade de todos os componentes da lista de materiais, dando uma visão detalhada ao programador dos itens pendentes e dependendo do problema de abastecimento, alterar a programação.

Por outro lado, os protótipos desenvolvidos são soluções simples viabilizadas pela lógica do PBC e que merece destacar algumas particularidades de acordo com a Tabela 4.10 sendo relevante destacar que esses aplicativos, a partir da condição de agrupamento de ordens de produção de mesmo fluxo e da restrição do tamanho do lote a ser programado, geram resultados similares e satisfatórios no processo de atendimento à demanda demonstrado.

A questão a ser avaliada é como os aplicativos podem ser configurados para outras situações de produção que podem ocorrer quando o escopo de aplicação envolve outros sistemas de produção semirrepetitivos ou repetitivos que pode ocorrer na prática.

**Tabela 4.10 – Comparação entre os softwares desenvolvidos em Access e Delphi. Fonte: Próprio autor**

<b>Software</b>	<b>Base de dados</b>	<b>Regras de ordenação</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Desenvolvimento de regra</b>
<b>Access</b>	por importação de dados a partir de planilha eletrônica (processo realizado a cada pacote de ordens de produção a ser programado – sem o recurso de manutenção do histórico)	não há a possibilidade de disponibilizar mais de uma regra, aplicativo de uma única regra	simples com resultados satisfatórios se a configuração do aplicativo for bem feita	exige um conhecimento de programação em <i>Visual Basic</i> para novas configurações de regra de ordenação
<b>Delphi</b>	por importação de dados a partir de planilha eletrônica (permite ao usuário manter várias bases de dados ou plano mestres de produção disponíveis para o usuário – manutenção do histórico)	Possibilidade de disponibilizar um rol de regras de ordenação de acordo com a necessidade do usuário	simples com resultados satisfatórios a partir do rol de regras disponibilizado	a partir da definição do rol de regras necessário, o usuário deve apenas selecionar a regra para gerar novos cenários

A Tabela 4.10 aponta para o fato de que o aplicativo desenvolvido em Access é uma alternativa para empresas de pequeno porte com a restrição do apoio de um programador da produção que conheça o seu processo de fabricação e domine o processo de configuração do Access para atender situações diferentes de programação que devem impactar em cenários distintos, o que na prática pode inviabilizar o seu uso. Para o problema abordado nesse trabalho, a partir da configuração realizada, o aplicativo gerou resultados similares dos resultados dos outros dois utilizados.

A solução desenvolvida em Delphi pela possibilidade de se estruturar um rol de regras de ordenação e a manutenção do histórico de programação a partir de bases distintas de fácil acesso, como protótipo de aplicativo a ser aperfeiçoado e utilizado a partir da lógica do PBC em sistemas de produção semirrepetitivos e repetitivos, representa uma solução interessante e que requer um aprofundamento como um projeto de pesquisa futuro e promissor quanto aos resultados que podem ser obtidos, tanto academicamente quanto no que se refere a uma solução técnica a ser disponibilizada para o mercado para empresas que operam nessa condição.

### 4.12.3 Avaliação da proposta

O presente trabalho fez uso da aplicação da lógica de coordenação de ordens de produção do sistema de coordenação de ordens de produção *PBC*, *Period Batch Control*, no modelo de sequenciamento de uma célula de manufatura, considerando a célula como máquina única após um estudo detalhado de todo o processo de fabricação, identificando os fluxos de produção.

Desenvolver o modelo de programação, a partir do PBC de estágio único, trouxe uma simplificação interessante e com bons resultados do modelo na aplicação, o que não seria possível sem o trabalho de mapeamento do fluxo de produção da célula de modo efetivo.

Contudo, um sistema com um único estágio, ou seja, considerando como um único estágio a operação de montagem no recurso célula de manufatura DGM02, sem considerar as operações existentes no fluxo de produção da célula, somente foi válido após o balanceamento das operações desse fluxo, o que permitiu com boa precisão identificar a ocupação desse recurso e a sequência das tarefas a serem executadas.

Essa simplificação foi baseada nos resultados do trabalho de otimização de processo realizado na empresa, com a participação do autor do presente trabalho e do orientador, nos eventos *kaizen* de processo e de *setup*.

Mesmo identificando a possibilidade do desenvolvimento de trabalhos futuros que devem ser realizados no modelo proposto como ajuste, o modelo está apto a dar início ao uso dessa sistemática na empresa, a fim de auxiliar na programação da produção de modo efetivo.

De acordo com o planejador e programador da produção da célula DGM02, a proposta do aplicativo desenvolvido em *Delphi* e utilizado por ele em um período de 20 dias úteis atende a rotina de trabalho de programação da produção quanto à elaboração de um plano de produção exequível para a fábrica, a partir da lista de tarefas que o aplicativo gera.

O aplicativo sistematiza o procedimento de programação da produção de modo automatizado sem a necessidade de manipulação de dados manual para a criação de um cenário.

Enquanto o programador cria um cenário a partir da necessidade de atendimento, da sua experiência e de discussões com o grupo de programadores e o coordenador da área a partir de um procedimento manual, o aplicativo de imediato gera quantos cenários o grupo achar necessário a partir de diferentes critérios de ordenação das ordens instantaneamente com saída de dados já no formato da lista de tarefas da opção imprimir, agilizando todo o processo e disponibilizando mais tempo do grupo em discussões pertinentes ao processo de tomada de decisão na validação de um plano de produção a ser executado.

A saída do sistema a partir do sequenciamento gerado, de acordo com os critérios estabelecidos, garante ao programador maior visibilidade quanto ao uso mais efetivo dos recursos, minimizando o tempo de *setup* e garantindo um maior volume de produtos produzidos em um mesmo período de tempo.

De acordo com o programador, os demais programadores da empresa avaliam o aplicativo como um avanço do procedimento praticado por eles até o momento.

A única ressalva está no fato do aplicativo não identificar no momento, a restrição da falta de componentes a partir de uma interface com o MRP do SAP/R3 da empresa.

É observado pelo programador como uma interface importante para a programação, a identificação dos intervalos de tempo eventual de manutenção dos equipamentos com interface com o sistema computacional de manutenção dos recursos de manufatura da empresa.

Contudo, o aplicativo agiliza a criação de cenários a partir de critérios de sequenciamento pré-definidos o que garante de forma rápida e precisa um plano de produção otimizado quanto à utilização dos recursos de produção.

O tópico seguinte procura reforçar a origem do PBC – *Period Batch Control* identificando suas particularidades a partir de conceitos simples que caracterizam esse sistema de coordenação de ordens de produção aplicado a sistemas de produção semirrepetitivos e repetitivos.

#### **4.12.4 Relevância do sistema de coordenação de ordens de produção de fluxo programado – PBC (*Period batch control*) de acordo com a literatura: Burbidge, J. L. (1994) e Benders, J.; Riezebos, J. (2002)**

##### **4.12.4.1 Histórico**

Não é comum nas dissertações de mestrado ou teses de doutorado inserir nas considerações finais um tópico complementar da revisão bibliográfica, a fim de validar uma proposta que representa o cerne do projeto original.

A decisão de inserir esse tópico foi tomada em função da necessidade de se destacar uma ideia simples e eficaz desenvolvida e aplicada na 2ª Guerra Mundial antes mesmo do aparecimento do Sistema Toyota de Produção, e da conceituação existente nos dias atuais do processo de programação da produção, a partir dos *softwares* existentes e da proposta de desenvolvimento desses aplicativos de realizar um plano de produção ou cenário de programação em duas etapas: 1) ordenação das ordens de produção a partir de critérios pré-estabelecidos; 2) alocação das ordens de produção a partir de uma regra de sequenciamento definida.

Na verdade, o sistema de coordenação de ordens de produção PBC – *Period Batch Control* tem uma lógica muito peculiar e próxima da lógica do *Just-in-Time*, desenvolvida no início do século XX.

Benders, e Riezebos (2002) citam o PBC (*Period Batch Control*) como um sistema de planejamento e controle da produção clássico desenvolvido e aplicado durante a Segunda Guerra Mundial pelo consultor R. J. Gigli, falecido em 24 de novembro de 1959, no Reino Unido. Em 1929 R. J. Gigli se juntou a precursora Associação de Consultores Industriais (*Associated Industrial Consultants* – AIC).

O histórico da Associação de Consultores Industriais descreve a aplicação do PBC como uma aplicação de sucesso no caso do controle da produção de aeronaves, entre os quais o avião inglês de combate utilizado na Segunda Guerra Mundial, o *Spitfires* teve sua cadeia de suprimentos coordenada pelo PBC.

Entre 1940 e 1941 a liga metálica utilizada como matéria-prima para produzir os componentes extrudados das aeronaves era largamente importada do exterior. O número desses itens extrudados era da ordem de 500.000 componentes com aproximadamente 15 especificações.

Como o fornecimento da liga metálica não era confiável quanto ao atendimento da demanda a ser consumida pelas fábricas montadoras dos aviões, em torno de 5.000 fabricantes de peças individuais ou componentes e 48 fabricantes de aeronaves, essas empresas encomendavam grandes volumes da liga metálica mencionada para se certificar de que não haveria falta desse material. Conseqüentemente, a demanda total não podia ser atendida e o abastecimento era realizado de modo desigual entre os fornecedores de componentes. Conseqüentemente alguns fornecedores mantinham o material em estoque enquanto outros permaneciam por um determinado período de tempo sem a matéria-prima necessária, paralisando a operação.

Na época, a única saída foi a intervenção do governo Britânico que criou o Ministério de Suprimentos, o qual tinha a responsabilidade de coordenar todo o processo de suprimentos da matéria-prima. Com o desafio de articular o processo de suprimentos dessas empresas em plena Guerra Mundial, o ministério contratou para auxiliar na tarefa de distribuição da matéria-prima a Associação de Consultores Industriais (*Associated Industrial Consultants – AIC*), que Gigli trabalhava.

A solução do problema pela AIC, a princípio, teve como objetivo convencer os fabricantes de componentes fornecedores das indústrias fabricantes das aeronaves a declarar os estoques de matéria-prima (principalmente da liga metálica) que eles tinham e preparar uma lista mestre de peças com todos os detalhes de extrusão para cada tipo de aeronave, sendo realizada uma tarefa que a indústria inglesa desse seguimento não tinha tido precedente.

A lista mestre de peças individuais ou componentes foi sintetizada em uma única lista mostrando todos os detalhes extrudados nas indústrias como um todo. O cálculo da quantidade de tiras metálicas de cada aeronave para o mês vigente foi estabelecida e, em seguida, estendida à lista principal. A quantidade total foi confrontada com a quantidade necessária de cada fabricante.



No começo foi difícil, mas em pouco tempo o sistema configurado com base no dimensionamento de lotes de produção estava funcionando bem, com base na lista mensal de necessidade das aeronaves definida pelo Ministério. Um ciclo de um mês foi mantido estritamente de acordo com um procedimento predeterminado.

A aplicação do PBC nesse caso solucionou o problema de programação do fluxo e após a Segunda Guerra Mundial não houve novas aplicações do PBC. Benders, e Riezebos (2002) realizaram uma pesquisa bibliográfica com o termo “*Period Batch Control*” em duas grandes bases: *Web of Science* e *Online Contents* e encontraram apenas nove *papers* em *journal* com o título *Period Batch Control* sendo os *papers*: Burbidge 1988a, Zelenovic e Tesic 1988 Yang, e Jacobs 1992, Burbidge 1994, Kaku e Krajewski 1995, Steele et al. 1995, Borgen Rachamadugu 1996, e Tu 1997, Steel e Malhotra 1997 com referência completa no *paper* *Period batch control: Classic, not outdate* de Benders e Riezebos (2002).

Burbidge (1994) considera o PBC como um sistema de controle de produção JIT (*Just in Time*) de controle de fluxo tipo ciclo único e afirma que para sistemas implosivos (baseado na classificação MCC – *Material Conversion Classification* – classificação do sistema de produção a partir da relação entre o número de materiais diferentes usado para produzir os tipos de produtos acabados) o uso do PBC garante resultados satisfatórios.

#### **4.12.4.2 Considerações de Burbidge (1994)**

Burbidge (1994) parte do princípio de que todos os sistemas JIT (*Just-in-Time*) são baseados na ordenação das ordens de produção no formato de lista de tarefas a partir de uma programação flexível e de uma série de programas de produção estruturados a partir do plano de vendas de curto prazo de atendimento da empresa, onde essas ordens são planejadas e emitidas em curtos intervalos regulares de tempo de produção por meio de cartões que tem a função de coordenação dessas ordens de produção. Esses cartões são definidos como cartão *kanban* sendo os dois principais: o *kanban* de movimentação e o *kanban* de produção.

Contudo, o sistema coordenado por cartão *kanban* define um fluxo programado controlado pelos cartões e é muito próximo do modo como o PBC opera de acordo com a Figura 4.103, com a diferença de que o PBC tem um procedimento diferente de ordenação das ordens de acordo com as particularidades de cada sistema de produção.

Nesse contexto, o modelo proposto para a célula objeto de estudo pode ser considerado similar ao esquema apresentado pela Figura 105. Esse esquema ilustra o mecanismo que deve ser coordenado pelo software desenvolvido e é uma adaptação do modelo apresentado por Burbidge (1994).

CICLO	PERÍODO					
	1	2	3	4	5	6
1	A ●	P	S			
2		A ●	P	S		
3			A ●	P	S	
4				A ●	P	S

A – ordens acumuladas, P – plano de produção, S – plano de vendas

**Figura 4.103 – Programação flexível com produtos padronizados**

**Fonte: Burbidge (1994)**

As Figuras 103 e 104 ilustram o método de programação usado para o período de uma semana.

De acordo com Burbidge (1994), se os produtos acabados produzidos são padronizados com algumas variações do produto padrão, os pedidos podem ser acumulados na primeira semana de cada ciclo, para formar a base para o programa de vendas de acordo com as entregas aos clientes, na terceira semana.

Depois que as verificações de carga / capacidade e ajustes do plano para facilitar a produção são realizados, acontece uma reunião da equipe de planejamento e controle, com o propósito de discutir o programa de produção quanto aos ajustes necessários, é emitido assim, o plano definitivo que deve regular a produção na segunda semana do ciclo.

É fácil identificar a similaridade da célula objeto de estudo com o problema abordado, basta resgatar, de acordo com a Figura 4.105, a condição de operação da célula de manufatura:

1. Produtos acabados com 32 tipos construtivos diferentes.
2. Estrutura de materiais com 24 itens.
3. Nove famílias de produtos.
4. Dezessete fluxos de produção diferentes na célula.

Essas particularidades caracterizam o problema central de programação da produção da célula que pode ser minimizado com o auxílio do sistema de coordenação de ordens PBC em conjunto com a estrutura de abastecimento da empresa de acordo com o conceito de supermercados com abastecedor central.

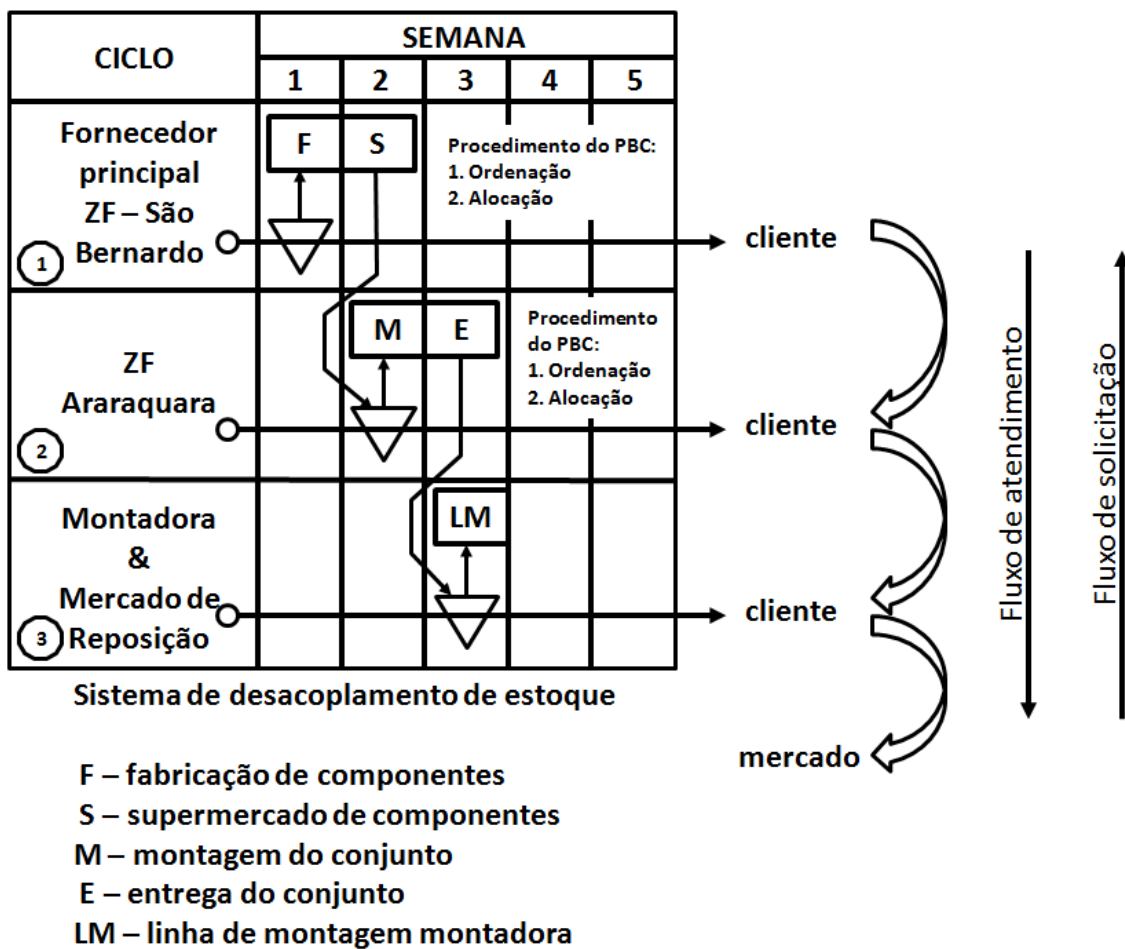


Figura 4.104 – Esquema proposto de integração do PBC ZF Sachs Araraquara com seu principal fornecedor e principal cliente  
 Fonte: Próprio Autor (adaptação de Burbidge (1994))

Com produtos padrão, é possível fazer a entrega imediata, mantendo um estoque regulador de cada item que deve ser maior do que a demanda a ser atendida com o maior *due date*. A Figura 4.104 mostra um sistema deste tipo similar ao proposto. Os pedidos dos clientes são atendidos a partir de um pulmão regulador ou estoque de componentes, caso necessário, o que caracteriza o uso do conceito de supermercado, e a célula de manufatura responsável pela montagem do produto final produz as ordens, a fim de atender as solicitações dos clientes mediante o abastecimento da célula.

Contudo, este método segue os mesmos princípios de substituição por emissão de ordens a partir do controle baseado no sistema de coordenação de ordens de produção do *Just-in-Time*, o *kanban*.

Para Burbidge (1994) o sucesso da implantação de um sistema PBC requer a eliminação de três principais limitações de tempo:

- (1) *tempo de processamento* – para todos os produtos deve ser normalmente inferior a um período;
- (2) *setup* – deve ser reduzido de forma que qualquer aumento no número de *setup*, devido a períodos mais curtos com maior frequência de *setup* não prejudique a capacidade;
- (3) *lead times* de liberação de compra – deve ser inferior a um período.

Ainda segundo Burbidge (1994) os sistemas de fluxo de materiais de indústrias implisivas por serem basicamente simples são os que mais se beneficiam do uso do PBC de acordo com o exposto. O tempo de produção não deve ser um problema para sistemas de produção em que o padrão de fluxo é Flow Shop tendendo a ter um fluxo contínuo em linha ou em célula (CLF – *Continuous Line Flow*) com o uso da tecnologia de grupo (*GT – Group Technology*).

A redução do tempo de *setup* como mencionado por ser uma restrição quando não otimizado, forçando a empresa a estudá-lo mais de perto. Embora para a maioria dos casos em que a redução do tempo de *setup* é relevante, tal redução pode ser obtida utilizando métodos simples e de baixo custo, tais como preparar o *setup* seguinte, antes da ordem anterior ser finalizada.

Há também a possibilidade de se realizar o sequenciamento a partir de uma regra específica de minimização do tempo de *setup* a ser utilizada como, por exemplo, o método de Stinson ou de Vogel. Nesse caso surge a possibilidade do agrupamento de tarefas que utilizam as mesmas ferramentas na máquina, sendo que logo após as demais ordens terem sido executadas, a partir de uma configuração de *setup* anterior, o *makespan* deve ser menor.

Burbidge (1994) conclui que o PBC é um sistema de controle de produção com vantagens especiais para uso em indústrias implosivas. Seu sucesso depende de certo modo da simplificação do fluxo de materiais dos sistemas – principalmente os sistemas de produção padrão de fluxo de produto Flow Shop com o uso da tecnologia de grupo. Dadas essas condições, o PBC pode operar economicamente com um pequeno estoque e pode atingir altas taxas de movimentação ou giro de estoque.

#### **4.12.4.3 Considerações de Benders e Riezebos (2002)**

Benders, e Riezebos (2002) referem-se ao PBC – *Period Batch Control* como um sistema de coordenação de ordens de produção clássico e não como um conceito ultrapassado de planejamento da produção desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial.

O PBC, segundo Benders e Riezebos, é um sistema de planejamento cíclico que opera com ciclos de produção de período fixo ou períodos com duração em que as peças solicitadas devem ser produzidas, esse período antecede outro em que o estágio seguinte será realizado sendo caracterizado como um sistema de fluxo programado.

Desta forma, o PBC coordena os vários estágios de transformação que são necessários para atender a demanda dos clientes por um determinado produto.

A coordenação efetiva da cadeia de abastecimento nesse contexto torna possível evitar ou reduzir os estoques de desacoplamento entre os estágios ou outros tipos de ineficiências entre as etapas existentes nos processos de transformação. A Figura 4.105 mostra o esquema básico de um sistema PBC com quatro estágios de acordo com Benders e Riezebos (2002).

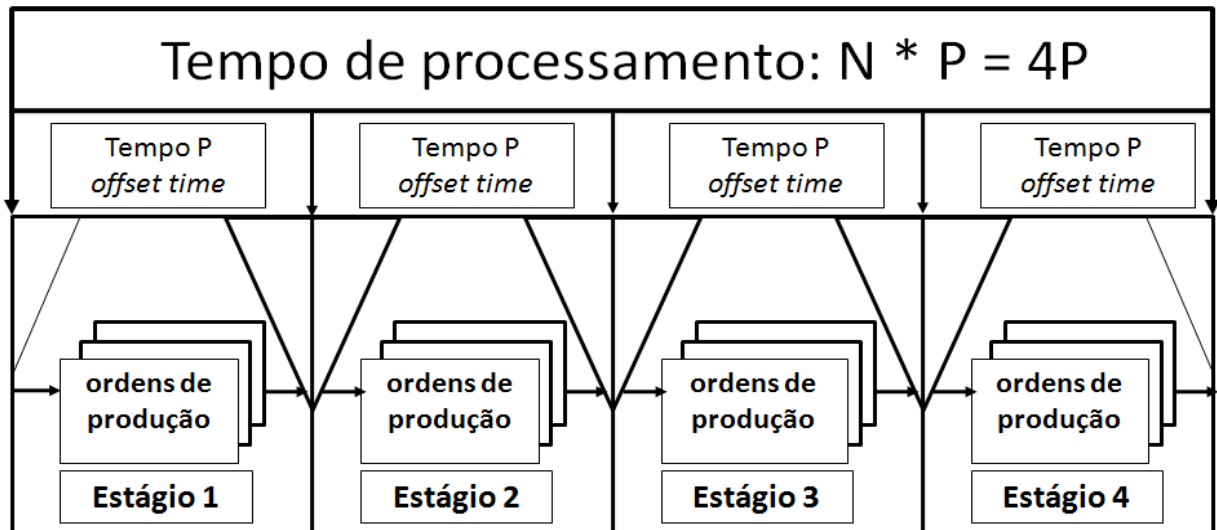


Figura 4.105 – Esquema básico do PBC

Fonte: Benders e Riezebos (2002)

Benders e Riezebos (2002) afirmam ainda que o PBC é um sistema diferente dos outros sistemas de planejamento encontrados na literatura, no modo como realiza essa coordenação, e mais especificamente, nos três princípios que se aplica na configuração do sistema de planejamento PBC:

- (1) *Single cycle ordering* – é um sistema de ordenação de ciclo único – refere-se à frequência de liberação das ordens de produção: cada componente tem a mesma frequência de ordenação que o seu produto pai;
- (2) *Single phase* – monofásico – refere ao momento da liberação das ordens de produção: ordens de produção são liberadas para o sistema de produção ao mesmo tempo (definido como o início de um período);
- (3) *Single offset time* – refere ao *lead time* das ordens de produção (por estágio): toda ordem de produção liberada tem *lead time* idêntico.

A combinação dos princípios 2 e 3 leva a ordens de produção com liberação e datas devidas idênticas em cada ciclo. O tempo disponível para completar uma ordem de produção, *offset time*, é igual ao período de duração  $P$  de acordo com a Figura 4.105. Para obter a quantidade necessária de um produto, muitas vezes, os processos de transformação estão envolvidos em uma sequência lógica a partir do seu roteiro de fabricação. Subconjuntos destes processos podem ser combinados em uma única ordem de produção para o mesmo estágio, de modo que estes processos são realizados durante o mesmo período.

As atividades que podem ser realizadas em paralelo geram ordens de produção extra para o estágio. O PBC libera as ordens de produção por estágio. O tempo de processo de cada produto é igual, portanto, ao número de estágios sucessivos **N** vezes dentro do seu processo de transformação, o *offset time* que no caso é igual ao **P**. O PBC tem como objetivo tempos de processo, o mais curto possível a partir de uma coordenação efetiva dos estágios no processo de transformação, de acordo com a proposta do presente trabalho quanto à aplicação do PBC na célula de manufatura objeto de estudo.

A Figura 4.106 e 4.107 apresentam o esquema proposto e a configuração dos pontos de desacoplamento dos estoques ao longo do fluxo de acordo com os estágios existentes para um determinado produto ou família de produtos.

Segundo Benders e Riezebos (2002), as principais características do PBC a serem destacadas:

- 1. Sistema Monociclo** – O PBC é um sistema de ciclo único. Ele usa o mesmo ciclo de planejamento ou a mesma frequência de liberação de ordens de produção para todos os produtos que são controlados com este sistema. Cada período que libera as ordens de produção para todos os componentes e peças requeridos para atender a uma quantidade do produto final a ser fabricado é referente ao próximo ciclo. Esta periodicidade é uma característica essencial do sistema de planejamento PBC, porque leva a mesma frequência de ocorrência dos produtos no plano, a menos que esses produtos tenham demanda irregular. Se os produtos podem ser ordenados a cada período, isto reduz tanto o *lead time* da ordem do cliente quanto a média de inventário de produtos acabados.
- 2. Sistema Monofásico** – O PBC libera as ordens de produção em uma única fase. No momento da liberação, todas as ordens de produção devem ser disponibilizadas para o próximo estágio. Um sistema monofásico apresenta uma sincronização a ser respeitada, que é comparável ao processo de transferência das peças ou componentes em um sistema em intermitente com produção em série, a partir de um determinado tamanho de lote.

A sincronização proposta pela lógica do PBC tem várias vantagens.

1. Primeiro todos os trabalhadores do sistema sabem em que momento o sistema irá exigir que seu trabalho tenha terminado. Se algumas estações de trabalho não são capazes de completar o seu volume de trabalho dentro deste tempo, os outros trabalhadores que tenham terminado o seu trabalho podem muitas vezes ajudar ou então torná-lo mais fácil para estes postos de trabalho para realizar sua tarefa dentro do tempo disponível. O sincronismo da transferência do trabalho só é possível se a finalização do trabalho antes do momento da transferência estiver dentro do programado no fluxo de acordo com o roteiro de fabricação e o tempo de processo, de modo que os objetivos devem ser realistas. Isso inibe os trabalhadores a aumentarem a independência dos outros colaboradores do sistema.

Tal independência pode funcionar como sendo contraproducente, pois leva a um maior pulmão de inventário ou pontos de desacoplamento do inventário no sistema, a fim de evitar o bloqueio ou a escassez de material, menor consciência dos problemas em outras partes do sistema, e menos incentivos para melhorar o sistema como um todo ao invés de buscar melhorias locais.

2. Segunda vantagem do sincronismo da transferência de peças ou componentes é que os trabalhadores não têm que se preocupar com a disponibilidade dos materiais e ferramentas requisitados. Não há necessidade de construir um *buffer* ou pulmão de entrada antes da estação de trabalho. A disponibilidade de materiais, componentes e ferramentas são garantidas por outras partes do sistema de produção, que são responsáveis e especializados nessas atividades de abastecimento. Isso reduz a duração do tempo de busca, que de outra forma representa uma parte significativa do tempo de produção total ou do *throughput time*.



O princípio do PBC monofásico provoca uma situação menos nervosa no chão de fábrica pelo fato do conjunto de ordens de produção para esta parte do sistema de produção ser liberada de uma só vez. Assim, a estabilidade durante um período é alcançada. As semelhanças a partir das particularidades descritas com a proposta de um projeto *Lean Manufacturing* são visíveis do PBC – *Period Batch Control* desenvolvido na Segunda Guerra Mundial é importante destacar.

**3. Mono offset time** – O PBC também é chamado de sistema mono *offset time*, um termo introduzido por Steele (1998). O PBC usa o mesmo *throughput time (offset time)* para as ordens de produção liberadas para um estágio, ou seja, o tempo de processamento de cada estágio é similar entre o *mix* de produtos fabricados pelo recurso de manufatura utilizado em cada estágio. Combinado com o princípio de fase única ou sistema monofásico, isso resulta em um sistema onde cada ordem de produção tem a mesma *due date*.

A operação de um sistema de PBC pode ser ilustrada com as figuras 4.106 e 4.107. Antes de iniciar a produção, as ordens foram aceitas e relacionadas (estágio AC) e as matérias-primas necessárias foram ordenadas e recebidas durante o estágio “O”, de tal modo que para o início de um novo período, elas são disponibilizadas para o estágio  $N = 1$ . A Figura 4.107 mostra que várias operações no estágio  $N = 1$  são realizadas de acordo com as ordens de produção especificadas. Elas têm que estar prontas antes do final do período com a duração P.

Peças e componentes podem ser colocados em um estoque de desacoplamento onde aguardam a transferência para o próximo estágio. Todas as ordens de produção devem ser concluídas antes do início do período seguinte para efetivamente serem desacopladas para ambos os estágios. No início do próximo período, as ordens de produção para o próximo estágio são dadas aos operadores das máquinas.

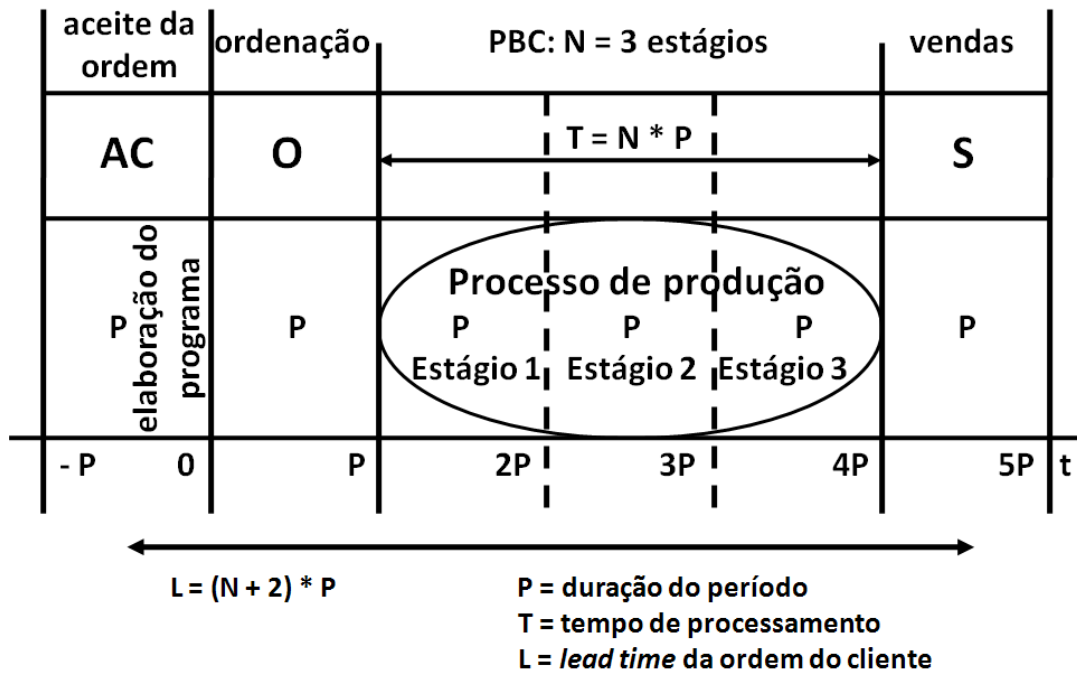


Figura 4.106 – Lead time (L) da ordem do cliente versus o tempo de processamento T

Fonte: Benders e Riezebos (2002)

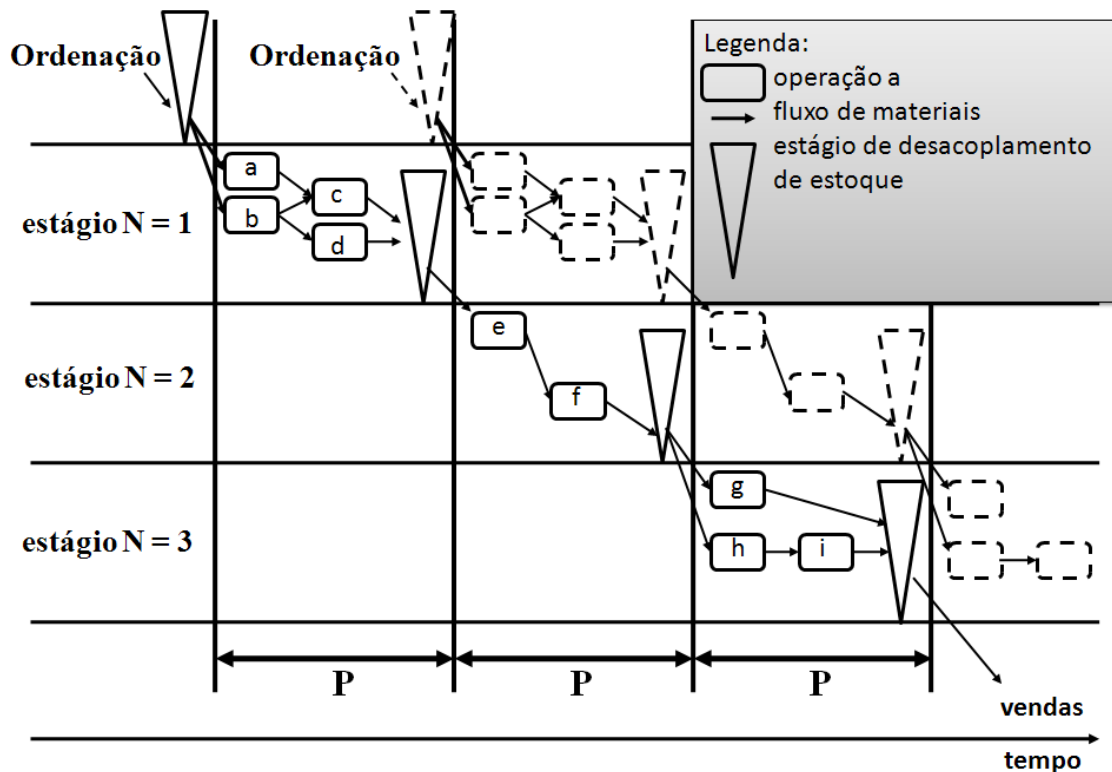


Figura 4.107 – Sistema PBC em um processo de produção de três estágios

Fonte: Benders e Riezebos (2002)

Os materiais necessários estão disponíveis na quantidade exata necessária na posição do estoque de desacoplamento. Ao mesmo tempo, as operações no estágio  $N = 1$  recebem novas ordens de produção que mais uma vez tem que ser completadas dentro de um período de duração  $P$ . Depois de ter terminado a produção, o produto é vendido e entregue ao cliente (estágio  $S$ ). A necessidade dos estágios 'O' e 'S' depende das características da cadeia de abastecimento, ou seja, o comprimento dos prazos de entrega de ambas as partes requeridas e do produto final. A maioria das publicações sobre o PBC, em situações complexas de fabricação, assume que separar as fases de ordenação e vendas é necessário, mas na prática, as soluções que podem ser encontradas podem eliminar a necessidade desses estágios.

Benders e Riezebos (2002) enfatizam também que os sistemas PBC diferem fundamentalmente do bem conhecido sistema Economic Batch Quantity – EBQ, quantidade do lote econômico em uma cadeia de processos de transformação. A ordenação pelo sistema EBQ espera vantagens de custos a partir do *trade-off* entre os custos de realização do inventário e os custos envolvidos através do reordenamento dos materiais.

Considerando que o sistema PBC opta por fixar a frequência da ordem para todos os produtos e peças, o sistema EBQ independentemente determina ordens com tamanhos ótimos para peças e produtos, resultando em uma grande variedade de frequências de ordens.

Outro sistema abordado por Benders e Riezebos (2002) é o *Standart Batch Control System* – SBC, este sistema de controle com lote padrão sincroniza a ordenação de um pequeno lote de produtos finais com a reordenação da quantidade exata de peças necessárias e componentes.

O sistema SBC não é um sistema monofásico nem um sistema de *offset time* único. O momento de liberação para esse sistema não precisa ser o mesmo e o tempo *throughput* planejado de uma ordem de produção para um lote-padrão varia por peça e não é pré-determinado.

Entre esses sistemas, o mais conhecido é o *Kanban* que pode ser considerado como um tipo especial de sistema SBC: ordens de peças para um produto pai são divididas em várias subordens de um tamanho padrão.

O tempo entre a ordenação dessas subordens deve ser maior do que o tempo necessário para reabastecer o inventário, não muito maior. O tamanho padrão das subordens cria um fluxo eficiente da cadeia de abastecimento.

Contudo, o sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* opera quase balanceado. O *Kanban* combina o dimensionamento de lotes de tamanho padrão com um mecanismo visual para controlar a produção. Utiliza o nível de planejamento para evitar o carregamento desbalanceado.

Outro sistema abordado por Benders e Riezebos (2002), *Base Stock Control – BSC*, busca superar os problemas dos sistemas EBQ de outro modo. O BSC se concentra na redução dos custos dos estágios de desacoplamento na cadeia de abastecimento. Decisões sobre o calendário de novas ordens de componentes não são baseados diretamente na demanda dos itens a serem processados, a demanda é irregular e só chega quando uma nova ordem do produto pai é colocada. A base dos sistemas BSC está nas suas decisões de reordenar sobre a demanda indireta das peças. Se um produto final contendo dois componentes do tipo X é vendido, o estoque virtual do componente X é reduzido por dois. Isso pode gerar um sinal para reordenar um lote de componentes X. Um bem concebido sistema BSC irá operar com que este novo lote X chegue para estoque antes da ordem atual para as peças que precisam ser fabricadas para o produto pai serem alocadas.

Decisão na cadeia de abastecimento permanece independente, mas partilha da informação gerada pelo sistema de BSC operar com menor estoque.

Por fim, o sistema de planejamento das necessidades de materiais MRP usa a ideia do período fixo aplicado no PBC – *Period Batch Control* (o *time bucket*), mas permite que o *lead time* das ordens de produção varie. Os sistemas discutidos por Benders e Riezebos (2002) representam um pequeno grupo dos sistemas de planejamento disponíveis na literatura. Todos estes sistemas enfatizam determinados aspectos do planejamento da produção. A Tabela 11 compara os sistemas com relação às características do sistema PBC. Todos esses sistemas focam os aspectos de coordenação das ordens de produção relacionadas em um planejamento de materiais. Obviamente, nem todos os sistemas são adequados a qualquer condição de produção.

Qual sistema é adequado a um determinado ambiente de manufatura deve ser decidido caso a caso, e a escolha é contingencial a partir de uma variedade de fatores.

O presente trabalho buscou aplicar o PBC na sua plenitude de modo simples a partir de uma configuração que atenda o fluxo de produção da célula de manufatura objeto de estudo, com base na descrição do processo de fabricação realizado na célula.

**Tabela 4.11 – Avaliação de alguns mecanismos para a coordenação da cadeia. Fonte: Benders e Riezebos (2002)**

Tabela 1 – Avaliação de alguns mecanismos para a coordenação da cadeia						
	<i>PBC</i> <i>Period Batch</i> <i>Control</i>	<i>SBC</i> <i>Standart Batch</i> <i>Control</i>	<i>EBQ</i> <i>Economic</i> <i>Batch</i> <i>Quantity</i>	<i>BSC</i> <i>Base Stock</i> <i>Control</i>	<i>Kanban</i>	<i>MRP – Materials</i> <i>Requirements</i> <i>Planning</i>
<b>frequência da ordem</b>	idêntico para todos os produtos e componentes (monociclo)	idêntico para todos os produtos e componentes (monociclo)	pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)	pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)	pode variar entre compoentes e produtos (multi ciclo)	pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)
<b>momento de sincronização</b>	igual para todas as ordens de produção (monofásico)	varia por ordem de produção (multi fase)	varia por ordem de produção (multi fase)	varia por ordem de produção (multi fase)	varia por ordem de produção (multi fase)	varia por ordem de produção (multi fase)
<b>ordem de produção throughput</b>	idêntico ( <i>offset time</i> único)	varia ( <i>multi offset time</i> )	varia ( <i>multi offset time</i> )	varia ( <i>multi offset time</i> )	varia ( <i>multi offset time</i> )	varia ( <i>multi offset time</i> )
<b>eficiência da cadeia</b>	resposta rápida (ordenação balanceada)	resposta rápida (ordenação balanceada)	não resposta rápida (ordenação independente)	parcialmente resposta rápida (reage sobre a demanda final, ordenação não balanceada)	resposta rápida (ordenação balanceada)	resposta rápida (ordenação balanceada)

Uma situação peculiar de produção que deve ser destacada em um projeto de sistema PBC abordado por Benders e Riezebos (2002) é o benefício que o sistema deve garantir com o desacoplamento controlado de materiais nos estágios.

O desacoplamento controlado de materiais nos estágios aumenta o tempo de processo, se tratar o caso de uma única unidade a ser produzida, permite uma maior precisão do tempo envolvido na coordenação dos materiais e co-processamento de lotes dentro de um estágio. Situações de produção podem se beneficiar da aplicação de princípios específicos do estágio de processamento em lotes. Fernandes e Godinho Filho (2010) abordam o ponto de desacoplamento de estoque em sistemas de produção em detalhe. O *Period Batch Control* foi primeiramente desenvolvido e aplicado durante a Segunda Guerra Mundial, para coordenar o fornecimento de liga metálica para a produção de aeronaves, embora as possibilidades de aplicação para sistemas de produção semirrepetitivos e repetitivos é bastante amplo, somente a partir de 1962 o sistema passou a ser estudado por Burbidge e ainda hoje é pouco aplicado nas indústrias em geral.

É importante observar que no material em .pdf não está disponível os apêndices por se tratar de dados confidenciais da empresa objeto do estudo dessa dissertação.

#### 4.12.5 Trabalhos Futuros

Há uma série de trabalhos futuros que podem ser identificados nessa aplicação, sendo relacionados os principais que interessam à linha de pesquisa do autor do presente trabalho e do orientador, além das intenções da empresa quanto ao tema:

1. Criação de uma interface com o plano de materiais do sistema da empresa a fim de considerar as ordens de abastecimento identificando como restrição as faltas.
2. Identificação e validação de heurísticas de sequenciamento de máquina única na literatura como, por exemplo, a proposta por Chen (2010).
3. Anexar as heurísticas no aplicativo como opção de regra de sequenciamento.
4. Estudar a célula como uma aplicação *Flow Shop* e identificar heurísticas na literatura a fim de avaliar o resultado com o resultado do modelo proposto.
5. Esgotar o máximo de possibilidades, de acordo com os itens 1 a 4, a fim de aferir o modelo.

## CAPÍTULO 5

### Conclusão

A proposta deste trabalho, a partir do estudo do processo de fabricação e conseqüentemente do fluxo de produção da célula de manufatura DGM02, de aplicar a lógica de sequenciamento com base no sistema de coordenação de ordens de produção PBC – *Period Batch Control* permitiu ao autor do presente trabalho identificar a partir das simplificações do modelo proposto, uma alternativa bastante viável de um procedimento de sequenciamento para a elaboração da lista de tarefas da célula utilizando como base de simulação um plano mestre de produção da própria empresa a ser atendido no período de tempo definido no trabalho.

Nesse processo, considerou-se a célula de manufatura como máquina única e o PBC com um único estágio. Isso permitiu um melhor entendimento do processo de sequenciamento da célula a partir do seu fluxo de produção, e permitiu também utilizar diferentes aplicativos.

Além dos aspectos mencionados, os resultados obtidos foram positivos a partir da proposta de simples manipulação de dados tanto nos aplicativos desenvolvidos nesse trabalho quanto ao uso de um aplicativo disponível no mercado com reputação internacional em programação da produção.

O protótipo do modelo proposto permite concluir que células de manufatura, dependendo do *mix* de produtos ou família de produtos, representam um ambiente complexo de programação principalmente em ambientes semirrepetitivos, o que foi transposto neste trabalho com as simplificações já mencionadas obtendo-se resultados bastante interessantes. Por exemplo, o fato da seqüência das ordens quanto à minimização de *setup* não resultar em grandes diferenças de tempo de *setup* entre os itens do *mix*, não tendo a princípio, por si só, grande impacto no *makespan*, quando considerado o tempo de fluxo de cada fluxo de produção o resultado é bem diferente tornando-se um parâmetro importante de sequenciamento pelo fato do agrupamento dessas ordens de produção minimizar a frequência do *setup* considerando o tempo de fluxo e



consequentemente a somatória dos tempos de *setup* a partir do cálculo proposto.

Os cenários gerados neste trabalho independente do aplicativo utilizado, apontam para o impacto que a ordenação das ordens de produção, a partir do critério fluxo, é relevante e realmente impacta no *makespan* do grupo de ordens de produção a serem programadas.

O uso de diferentes regras de sequenciamento como demonstrado a partir do aplicativo *Preactor* 11.0 apresenta resultados bastante distintos em termos de número de ordens com atrasos e índice de utilização real do recurso de manufatura.

Todas as constatações realizadas no novo procedimento de sequenciamento das tarefas a partir da proposta, demonstra um ambiente de manufatura complexo e que se agrava em função da particularidade da célula DGM02 ser semirrepetitiva, o que impede a partir do uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* resultados mais efetivos de programação.

Esse fato implica em avaliar na empresa todos os seus produtos quanto à repetitividade na produção devendo ser utilizado para itens repetitivos o uso do *kanban* e itens semirrepetitivos o PBC a partir do modelo proposto.

Essa separação deve ser relativamente simples na empresa uma vez que é percebido que a particularidade de nível de repetição é também um atributo das células, ou seja, é fácil concluir que há células de manufatura repetitivas e células de manufatura semirrepetitivas, no caso, a célula de manufatura DGM02 é semirrepetitiva.

Vale observar que o tempo de fluxo da célula representa um dado de processo importante para qualquer procedimento de programação da produção de células de manufatura, principalmente quando há um número grande de fluxos de produção em uma mesma célula em função do número de famílias de produtos com roteiros de fabricação diferentes, ou seja, sem um estudo detalhado do processo da célula de manufatura não é possível desenvolver um modelo de programação da produção que atenda

satisfatoriamente à demanda com a minimização do tempo de *setup* e um maior volume de produtos a serem atendidos.

Para finalizar, uma importante contribuição deste trabalho é mostrar que o sistema PBC é altamente capaz de coordenar a produção semirrepetitiva de uma forma “no momento exato, na quantidade exata”, ou seja, de uma forma *Just-in-Time*. Isso foi conseguido ao combinar:

- (i) um *kaizen* de processo por meio da programação de atividades e redução de *setup*;
- (ii) o sistema de coordenação de ordens PBC;
- (iii) um detalhado sequenciamento de ordens propiciado pelo esquema de funcionamento proposto para a aplicação do PBC no estudo de caso realizado.

## Referências Bibliográficas

ARREOLA, A.; DeCROIX, G. A. **Make-to-Order versus Make-to-Stock in a production-inventory system with general production times.** IEE transactions; 30; pg. 705-713, 1998.

AKTURK, M.S.; ERHUN, F. An Overview of design and operational issues of kanban systems. **International Journal of Production Research.** London, v.37, n.17, p.3859-3881, 1999.

ANDRADE, G. **Um método de diagnóstico do potencial de aplicação da manufatura enxuta na indústria Têxtil.** Tese (Doutorado). UFSC, Florianópolis, 2006.

AZZOLINI JÚNIOR, W. **Tendência do Processo de Evolução dos Sistemas de Administração da Produção.** Tese (Doutorado). USP, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BENDERS, J.; RIEZEBOS. **Period batch control: Classic, not outdated.** v.13, n.6, p.497-506, 2002.

BENITO, J.G.; SPRING, M.. JIT purchasing in the spanish auto components industry. **International Journal of Operations & Production Management,** Bradford, v.20, n.9, p.1038-106, 2003.

BURBIDGE, J. L. **The Introduction of Group Technology.** London: Heinemann, 1975.

BURBIDGE, J.L. Production control: a universal conceptual framework. **Production Planning & Control,** v.1, n.1, p. 3-16, 1990.

BURBIDGE, J. L. The use of period batch control (PBC) in the implosive industries. **Production Planning & Control.** v.5, n.1, p.97-102, 1994.

BURBIDGE, J.L. **Production Planning**. London: William Heinemann Ltd, 1971.

BURBIDGE, J.L. **The Introduction of Group Technology**. London: William Heinemann Ltd, 1975.

BURBIDGE, **Period Batch Control**. Oxford (England): Clarendon Press, 1996.  
Control, v. 8, n. 7, p. 622-632, 1997.

BUXEY, G. Production scheduling: practice and theory. **European Journal of Operational Research**. Amsterdam, v.39, n.1, p.17-31, 1989.

BRUUN, P; MEFFORD, R. Lean production and the Internet. **International Journal of Production Economics**. v.89, p.247–260, 2004.

CHEN, W. J. Minimizing completion time with maintenance schedule in a manufacturing system. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. v.16, n.4, p.382-394, 2010.

CO, H.C.; SHARAFALI, M. Over planning factor in Toyota's formula for computing the number of *kanban*. **IIE Transactions**, Noscross, v.29, n.5, p.409-415, 1997.

CONNER, G. **Lean manufacturing for the small shop**. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2001.

CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. **Just in time, MRP II e OPT – um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 2009.

DUGGAN, J.K. **Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand**. New York: Productivity, 2002.

GRACIA, E. **Adaptação, implantação e avaliação de uma proposta de manufatura responsiva para a indústria de calçados: pesquisa-ação.** São Carlos, 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos.

FERNANDES, F.C.F. & SILVA, F.M. Proposta de um sistema de controle da produção para fabricantes de calçados que operam sob encomenda. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.15, n.3, p.523-538, set.-dez. 2008.

FERNANDES, F.C.F. & TAHARA, C.S. Um Sistema de Controle da Produção para a Manufatura Celular - Parte I: Sistema de Apoio à Decisão para a Elaboração do Programa Mestre de Produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.3, n.2, p.135-155, agosto de 1996

FERNANDES, F.C.F. & GODINHO, M.F. **Planejamento e Controle da Produção dos Fundamentos ao Essencial.** São Paulo: Editora Atlas, 2010

FUJIWARA, O. et al. Evaluation of performance measures for multi-part, single-product *kanban* controlled assembly systems with stochastic acquisition and production *lead times*. **International Journal of Production Research**. London, v.36, n.5, p.1427-1444, 1998.

GAURY, E.G.A.; PIERREVAL, H.; KLEIJNEN, J.P.C. An Evolutionary approach to select a pull system among *kanban*, *conwip* and hybrid. **Journal of Intelligent Manufacturing**. New York, v.11, n.2, p.157-167, 2000.

GIANESI, I.G.N. Implementing manufacturing strategy through strategic production planning. **International Journal of Operations and Production Management**. v.18, n.3, p.286-299, 1998.

GOLDRATT, E.M.; FOX, R.E. **A Corrida.** São Paulo: IMAM, 1989.

GUPTA, S.M.; AL-TURKI, Y.A.Y An Algorithm to dynamically adjust the number of *kanbans* in stochastic processing times and variable demand environment. **Production Planning and Control**. London, v.8, n.2, p.133-141, 1997.

HAX, A.C.; CANDEA, D. **Production and inventory management**. New Jersey: Prentice- Hall, 1984.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation**. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **International Journal of Production Economics**. v.25, p.420–437, 2007.

JINA, J.; BHATTACHARYA, A.K.; WALTON, A.D. Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions. **Logistics Information Management**. England, v.10, n.1, p.5-13, 1997.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measure systems – the role of OEE. **International Journal of Operations & Production Management**. Bradford, v.19, n.1, p.55-78, 1999.

KHUMAWALA, B.M; AL-MUBARAK, F. Focused cellular manufacturing: an alternative to cellular manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**. Bradford, v.23, n.3, p.277-299, 2003.

KINGSMAN, B.; HENDRY, L.; MERCER, A.; SOUZA, A. de. (1996). Responding to customer enquiries in make-to-stock companies problems and solutions. **International Journal. Production Economics**. n.46-47; p.219-231, 1996.

LAVASSEUR, G.A.; HELMS, M.M.; ZINK, A.A. Conversion from a functional to a cellular layout at Steward, inc. **Production and Inventory Management Journal**. Alexandria, v.36, n.3, p.37-42. Third quarter 1995.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico lean – glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**, v.10, São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

\_\_\_\_\_. **The Backbone of lean in the back shops**. Disponível em:<<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 12 Sept. 2004.

LIKER, J.K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIN, F.; SHAW, M. Reengineering the order fulfillment process in supply chain networks. **International Journal of Flexible manufacturing Systems**. Boston, v.10, n.3, p.197-229, 1998.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. **Production Planning & Control**, v.11, n.5, p.481-496, 2000.

MING-WEI, J; SHI-LIAN, LI. A hybrid system of manufacturing resource planning and just-in-time manufacturing. **Computers in Industry**. v.19, p.151-155, 1992.

MOEENI, P. et al. A Robust design methodology for *kanban* system design. **International Journal of Production Research**. London, v.35, n.10, p.2821-2838, 1997.

MONDEN, Y. Adaptable *kanban* system helps Toyota maintain just-in-time production. **Industrial Engineering**. Norcross, v.13, n.5, p.29-46, 1981.

\_\_\_\_\_. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. 3th ed. Tokyo: Engineering Management Production, 1998.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NAZARENO, R. R.(2008). **Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e programação da produção com foco na implantação de manufatura enxuta**. São Carlos, 2008. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

NEELY, A. D; BYRNE, M.D. A simulation study of bottleneck scheduling. **International. Journal of. Production Economics**. v.26, p.187–192, 1992.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997

PIRES, S. **Gestão Estratégica da Produção**. 1ed. Piracicaba: Unimep., 1995.

RAJAGOPALAN, S. Make to order or make to stock: Model and application; *Management Science*; **INFORMS**; v.48, n.2; February; p.241-256, 2002.

RAZMI, J.; RAHNEJAT, H.; KHAN, M.K. Use of analytic hierarchy process approach in classification of push, pull and hybrid push-pull systems for production planning. **International Journal of Operations & Production Management**. Bradford, v.18, n.11, p.1134-1151, 1998.

REES, L.P. et al. Dynamically adjusting the number of *kanbans* in a just-in-time production system using estimated values of leadtime. **IIE Transactions**. Norcross, v.19, n.2, p.199-207, 1987.

RENTES, A.F. et al. Lean production for enterprises with high variety of products. In: **International conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing**, n.15. Bilbao. Proceedings... [S.l.:s.n.] v.1, p.334-339, 2005.



RIEZEBOS, J. Design of a Period Batch Control Planning System for Cellular Manufacturing. Thesis University of Groningen, Groningen, the Netherlands with references – with summary in Dutch, 2001.

ROTHER, M. (1999). In: LEAN SUMMIT, 1999, Atlanta. Proceedings... Atlanta: Atlanta Hilton & Tower, 1999.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see – value stream mapping to add value and eliminate muda**. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 1998.

RIZIEBOS, J. **The Designo of period batch control planning system for cellular manufacturing**. PhD. Thesis - University of Groningen, Netherlands, 2001.

SCARPELLI, M. **Sistemas de produção agroalimentar: arquitetura para as funções de planejamento e controle da produção**. São Carlos, 2004. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos.

SHAH, R., WARD, P. T., **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance**. *Journal Operations Management*, 21 (2003), 129 – 149, Received 12 December 2000; accepted 24 June 2002.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SIPPER, D.; BULFIN JR., R.L. **Production planning control and integration**. New York: McGraw-Hill, 1997.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para**

**profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia.**  
Brookline: Lean Enterprise Institute, 2005.

SOUSA, G.W.L. **Impact of a flexible kanban system on lean enterprise design robustness under demand instability: a system dynamics modeling and simulation approach.** Virginia, 2004. PhD Thesis - Virginia Polytechnic Institute & State University.

SOUZA, F.B. **Visão geral da teoria das restrições por meio de uma aplicação de uma metodologia de integração de empresas.** São Carlos, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

TAKAHASHI, K.; NAKAMURA, N. Reative logistics in a JIT environment. **Production Planning & Control.** London, v.11, n.1, p.20-30, 2000.

TAYLOR, L.J. A Simulation study of WIP inventory drive systems and their effect on financial measurements. **Integrated Manufacturing Systems**, v.10, n.5, p.306-305, 1999.

TOWILL, D. R. F. Principles of good practice in material flow. **Production Planning & Control**, v.8, n.7, p.622-632, 1997.

VAN, D.; DIRK, P. Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. **International Journal of Production Economics.** p.297-306, 2001.

UMBLE, M.M.; SRIKANTH, M.L. **Synchronous manufacturing: principles for world class excellence.** Cincinnati: South-Western, 1990.

VOLLMANN, T.E. et al. **Manufacturing planning and control systems.** New York: Irwin McGraw-Hill, 1997.

WANG, D.; XU, C.G. Hybrid push/pull production control strategy simulation and its applications. **Production Planning and Control**, v.8, n.2, p.142-151, 1997.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean thinking - banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WARNECKE, H.J. & KOLLE, J.H. Production Control for New Structures. **International Journal of Production Research**, v.17, n.6, p.631-641, 1979.

ZELENOVIC, D. M.; TESIC, Z. M. Period Batch Control and group technology. **International Journal of Production Research**, v.26, n.3, p.539-552, 1988.