

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ADAPTAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE
MANUFATURA RESPONSIVA PARA A INDÚSTRIA DE CALÇADOS:
PESQUISA-AÇÃO

EDUARDO GRACIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ADAPTAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE
MANUFATURA RESPONSIVA PARA A INDÚSTRIA DE CALÇADOS:
PESQUISA-AÇÃO

Eduardo Gracia

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes

SÃO CARLOS

2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

G731ai

Gracia, Eduardo.

Adaptação, implantação e avaliação de uma proposta de manufatura responsiva para a indústria de calçados: pesquisa-ação / Eduardo Gracia. -- São Carlos : UFSCar, 2006.

116 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Organização da produção. 2. Indústria do calçado. 3. Planejamento e controle da produção. I. Título.

CDD: 658.51 (20^a)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

A Deus: pela vida, pela saúde e pela família com que me presenteou; aos meus pais: Lineu e Emilia, por todo o amor que sempre me deram; pela dedicação e carinho com que me educaram e pelos exemplos de honestidade e caráter com que me guiaram e me guiam; aos meus irmãos Sérgio, Marcelo e Ricardo, por todos os anos de partilha e descobertas, que me ensinaram a conviver e compartilhar a vida.

A minha esposa Juliana: por todo seu amor e companheirismo nos momentos presentes, pela compreensão e paciência durante as ausências, pelo incentivo nos momentos de fraqueza e por me trazer de volta à realidade nos momentos de devaneios... você torna tudo melhor e mais fácil...

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Flavio César Faria Fernandes, um exemplo de simplicidade e competência, que mostra através da sua postura e atitudes como ser um verdadeiro Professor, pelo apoio a todas as minhas iniciativas e pela forma amigável de orientar, sempre me permitindo caminhar com as próprias pernas, porém sem faltar com o amparo e a orientação nos momentos de dúvidas e dificuldades.

Aos demais professores do DEP, pelos momentos de dedicação às turmas da pós-graduação.

Aos membros da Banca Professor Dr. Moacir e Prof. Dr. Marino pelas sugestões de melhoria ao trabalho.

Não poderia deixar de fora os colegas e os professores que fazem parte do PLACOP, em especial Fabio Molina, Gustavo Beltran, Reinaldo Leite, Andreza, Azeka, Sergio, Karina e Ludmila pessoas que me auxiliaram durante este tempo que passei pelo laboratório, meu muito obrigado pelo auxílio e as trocas de experiências.

Um sincero agradecimento aos Diretores e funcionários da Kidy Calçados, em especial, Ricardo, Sérgio, Eglison, Marco Carvalho, Amaury, Mara, por ter acreditado neste trabalho e ter dado total dedicação nos momentos da implantação e discussões para chegarmos juntos aos resultados obtidos.

Aos meus amigos de Birigui e colegas de trabalho Braga, Samuel, Marçal, Thais e André Gracia pelo apoio e incentivo ao término do meu trabalho.

Agradeço a minha família, por me apoiarem financeiramente não deixando que estes problemas viessem ocasionar dificuldades nos meus estudos.

A minha esposa Juliana agradeço por toda a dedicação e ajuda, dada em todos os momentos, muito obrigado.

Especial agradecimento ao Dr. Nelson Lapa pelas correções ortográficas e as dicas gramaticais.

Agradecimento ao Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, por ter me acolhido no seu quadro de alunos, pela grande oportunidade de crescimento profissional e por todo o conhecimento que me foi disponibilizado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	3
1.3 – ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2 PANORAMA DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS	7
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 BREVE HISTÓRIA DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS BRASILEIRA	7
2.3 - PRINCIPAIS POLOS PRODUTIVOS	9
2.4 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CALÇADO	11
2.5 MATÉRIAS PRIMAS	14
2.6 PROCESSO PRODUTIVO	15
3 MANUFATURA RESPONSIVA	19
3.1 REVISÃO	20
3.2 METODOLOGIAS PARA ALCANÇAR A MR	23
3.2.1 PROPOSTA DE SURI (1998)	23
3.2.1.1 POLCA	26
3.2.2 PROPOSTA DE GODINHO (2004)	27
3.3 A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) NA MANUFATURA RESPONSIVA	34

4 FERRAMENTAS PARA CAPACITAR A INDÚSTRIA DE CALÇADOS	
RUMO À MANUFATURA RESPONSIVA	38
4.1 INTRODUÇÃO.....	38
4.2 ANÁLISE DE VALOR	38
4.3 PROGRAMA MESTRE DE PRODUÇÃO (MPS).....	40
4.3.1 HEURÍSTICA PARA ELABORAR O MPS PROPOSTA POR SILVA (2002A).....	41
4.4 OBTENÇÃO DE TEMPOS	48
4.4.1 TEMPOS CRONOMETRADOS	49
4.4.2 TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS	53
4.4.3 AMOSTRAGEM DO TRABALHO.	58
4.4.4 DEFINIÇÃO DE QUAL MÉTODO SERÁ UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE CALÇADO.....	59
4.5 PBC (PERIOD BATCH CONTROL).....	61
4.6 SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO.....	64
5. ADAPTAÇÃO DE UMA ABORDAGEM PARA MANUFATURA	
RESPONSIVA.....	69
5.1 INTRODUÇÃO.....	69
5.2 PRINCÍPIOS E CAPACITADORES PROPOSTOS POR GODINHO (2004).....	69
5.3 NOVA PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ATINGIR A MANUFATURA RESPONSIVA.	
.....	70
5.4 O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PRODCAL.....	72
5.5 METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DA PROPOSTA ADAPTADA	74
6 PROPOSTA ADAPTADA PARA MANUFATURA RESPONSIVA: PESQUISA-	
ÇÃO NUMA FÁBRICA DE CALÇADOS.	77

6.1 OBJETO DE ESTUDO	77
6.2 PESQUISA- AÇÃO	77
6.3 APLICAÇÃO DA PROPOSTA ADAPTADA.	79
6.3.1 PASSO 1: TRANSMITIR CLARAMENTE A TODOS OS ENVOLVIDOS NA IMPLANTAÇÃO A DEFINIÇÃO DE MR E SEUS BENEFÍCIOS.	79
6.3.2 PASSO 2: IMPLANTAR OS PRINCÍPIOS E SEUS CAPACITADORES	80
6.3.2.1 IMPLANTAÇÃO DO PRIMEIRO PRINCÍPIO.....	80
6.3.2.2 IMPLANTAÇÃO DO SEGUNDO PRINCÍPIO.....	82
6.3.2.3 IMPLANTAÇÃO DO TERCEIRO PRINCÍPIO.....	90
6.3.2.4 IMPLANTAÇÃO DO QUARTO PRINCÍPIO.....	90
6.3.2.5 IMPLANTAÇÃO DO QUINTO PRINCÍPIO.....	92
6.3.2.6 IMPLANTAÇÃO DO SEXTO PRINCÍPIO:	94
6.3.2.7 IMPLANTAÇÃO DO SÉTIMO PRINCÍPIO:	97
6.3.2.8 IMPLANTAÇÃO DO OITAVO PRINCÍPIO:	97
6.3.3 PASSO 3: SELECIONAR MEDIDAS DE DESEMPENHO PARA A MR.....	98
6.3.4 PASSO 4: MONITORAR	99
7 CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES: A	111
APÊNDICES: B.....	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Modelo de relacionamento PEGEM - objetivos estratégicos da manufatura	2
FIGURA 1.2 - Núcleo Irredutível e Cinturão	5
FIGURA 1.3 – Estrutura da dissertação.....	6
FIGURA 2.1 – Subdivisões de um sapato	13
FIGURA 3.1 – Fluxo de POLCA <i>cards</i>	26
FIGURA 3.2 - A estrutura do Planejamento e Controle da Produção	35
FIGURA 4.1 – Régua Padrão para medida da costura (tempo pré-determinado).	60
FIGURA 4.2 – Sistema de Coordenação de Ordens PBC aplicados a ambiente produtivo típico da industria calçadista.	62
FIGURA 4.3 – Operação do Sistema PBC.	63
FIGURA 4.4 – Exemplo de sequenciamento do pesponto.	68
FIGURA 5.1 - Metodologia adaptada para implantação da MR específico para indústria de calçados.	74
FIGURA 6.1 - Relações entre pesquisa, ação, aprendizagem e avaliação.....	78
FIGURA 6.2 – Sandália Surfista modelo 6905.....	81
FIGURA 6.3 - Divisão de departamentos Kidy.....	82
FIGURA 6.4 – Lay-out esquemático do objeto de estudo.	84
FIGURA 6.5 – Lay-out Velho	86
FIGURA 6.6 – Lay-out Novo	86
FIGURA 6.7 – <i>Lay-out</i> Velho do Corte.....	87
FIGURA 6.8 – <i>Lay-out</i> Novo do Corte.....	87
FIGURA 6.9 – <i>Lay-out</i> Velho do Pesponto	88
FIGURA 6.10 – <i>Lay-out</i> Novo do Pesponto.....	88
FIGURA 6.11 – Lay-out Velho da Montagem	89
FIGURA 6.12 – <i>Lay-out</i> Novo da Montagem.....	89
FIGURA 6.13 – Relatório PBC mês de Agosto 2004, utilizado na Fábrica 6.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Relação dos Princípios e Capacitadores para implantação MR	28
TABELA 3.2 – Atributos possíveis das variáveis do sistema de classificação.	31
TABELA 3.3 – As variáveis e a escolha de um sistema de PCP.....	32
TABELA 4.1 – Lista de pedidos com dados necessários para o cálculo do RC_i	43
TABELA 4.2 – <i>Lead-time</i> de distribuição de acordo com a localidade (UF).....	44
TABELA 4.3 – Valores de RC_i , $PPRC_i$, PC_i , SA_i e K_i para cada pedido.	44
TABELA 4.4 – Pedidos organizados pelos valores; taxas de utilização de capacidades.	44
TABELA 4.5 – Alocação do pedido 8.....	45
TABELA 4.6 – Alocação do pedido 2.....	45
TABELA 4.7 – Alocação do pedido 10.....	45
TABELA 4.8 – Alocação do pedido 6.....	46
TABELA 4.9 – Alocação do pedido 4.....	46
TABELA 4.10 – Alocação do pedido 7.....	46
TABELA 4.11 – Alocação do pedido 3.....	47
TABELA 4.12 – Alocação do pedido 5.....	47
TABELA 4.13 – Alocação do pedido 1.....	48
TABELA 4.14 – Alocação do pedido 9.....	48
TABELA 4.15 – Coeficiente para Distribuição Normal.....	51
TABELA 4.16– Resumo de dados relativos a sistemas pré-determinados.....	54
TABELA 4.17 – Marcação de observação de Amostragem do Trabalho.....	59
TABELA 4.18 – Tempos pré-determinados - máquina 1 Agulha Pfaffi , triplo transporte	60
TABELA 4.19 – Tabela de <i>set-ups</i> por materiais (Dados em Segundos).....	66
TABELA 5.1 – Relação dos Princípios e Capacitadores para implantação MR específica para indústria de calçados	72
TABELA 5.2 – Lista de Eventos Prodcap	73
TABELA 6.1 – Aplicação de AV no modelo 6905	81
TABELA 6.2 – Relação dos grupos de trabalho da Fábrica 6.....	83

TABELA 6.3 – Classificação Multi-dimensional de MACCARTHY & FERNANDES (2000) aplicada na Kidy Calçados.	91
TABELA 6.4 – Relatório MPS Prodcap.....	96
TABELA 6.5 – <i>Set-up</i> setor de corte (tempos em segundos)	97
TABELA 6.6 – Resultados e relação com responsividade de cada princípio.....	100

LISTA DE SIGLAS

AV – Analise de Valor

BMT – Estudo de Tempos por Movimentos Básicos

C – Corte

CAD/CAM – *Computer-Aided Design/Computer-aided manufacturing*

CFA – *Company Flow Analysis*

CONWIP H – *Constant Work in process*

CTCCA – Centro Tecnológico de Couro, Calçados e Afins

EV – Engenharia de Valor

EVA – Etileno e vinil acetato

FFA – *Factory Flow Analysis*

FT – Fator de tolerância

GA – *Group Analysis*

HL/MRP - *High-level material requirements planning system*

ID – Índice de desempenho

K_i – Índice de prioridade dos pedidos em carteira

LA – *Line Analysis*

LN – *Lay-out novo*

LV – *Lay-out velho*

M – Montagem

ME – Manufatura Enxuta

MPS – Programa Mestre de Produção

MR – Manufatura Responsiva

MRP - *Material requirements planning system*

MTM – *Methods-time measurement*

OPT – Tecnologia de Otimização da Produção

P – Pesponto

PBC – *Period Batch Control*

PC_i – Importância do cliente

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PEGEM – Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura

PFA – *Production Flow Analysis*

POLCA - *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*

PPRC_i – Peso do pedido i relacionado à razão crítica do pedido i.

PU - Poliuretano

PVC – Policloreto de vinila

QRM – Quick Response Manufacturing

RC – Razão Crítica

SA_i – Sinal de atraso do pedido

SCO – Sistemas de Coordenação de Ordens

SST – *Shortest Processing Time*

TA – *Tool Analysis*

TBC – Competição Baseada no Tempo

TM – Tempo médio

TMU – *Time measurement unit*

TN – Tempo normal

TP – Tempo padrão

TR - Termoplástica

UF – Unidade Federativa

UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

ADAPTAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE MANUFATURA RESPONSIVA PARA A INDÚSTRIA DE CALÇADOS: UMA PESQUISA-AÇÃO. As empresas estão cada dia se estruturando para serem competitivas no mercado mundial. No ramo de calçados a busca por competitividade é ainda maior por ser um setor altamente dependente de mão-de-obra e seus produtos acompanharem a tendência da moda internacional, o que dificulta muito a organização interna, o planejamento e o controle da produção (PCP). Várias pesquisas vêm sendo feitas com objetivo de contribuir para melhoria do setor e este trabalho vem complementar essas pesquisas e ajudar fabricantes de calçados nacionais a serem mais competitivos. O objetivo deste estudo é adaptar, implantar e avaliar o modelo, proposto em tese de doutorado, de nova abordagem para Manufatura Responsiva por meio de pesquisa-ação em fábrica de calçados. O objeto de estudo foi uma fábrica de calçados infantis localizada na cidade de Birigui Estado de São Paulo. Seus trabalhadores tiveram forte influência na pesquisa, caracterizando-a como pesquisa-ação. Diante disto foi possível atingir o objetivo do trabalho e dar início à implantação do paradigma Manufatura Responsiva na indústria de calçados. Dentre os resultados obtidos, destacam-se: reduções de custos produtivos e mão de obra, aumento nas quantidades de pedidos atendidos dentro dos prazos e diminuição dos índices de retrabalho. Todos resultados também contribuem para diminuir a lacuna existente entre a teoria e a prática da Engenharia de Produção e criam oportunidades de novas pesquisas para o segmento de calçados.

Palavras Chave: Manufatura Responsiva, Indústria de Calçados, Planejamento e Controle da Produção.

ABSTRACT

Adaptation, Implementation, and Evaluation of a Proposal for Responsive Manufacturing in the Footwear Industry: An Action–Research case.

Nowadays enterprises are structuring themselves to become competitive in the world market. In the footwear business the search for competitiveness is even greater as this sector is highly dependent on labour and its products follow international fashion trends which make internal organisation and production and planning control (PPC) extremely difficult. A lot of research has been carried out to contribute to the improvement of this sector and this work is going to complement this body of research, helping the national footwear industry enterprises to become more competitive. The aim of this study is to adapt, implement and evaluate a model proposed in a doctorate thesis concerning a new approach of Responsive Manufacturing through action-research in a footwear factory. The object of study was a children's footwear factory in the city of Birigui in São Paulo state, whose workers had a strong influence on the research, thus characterising it as action-research. Considering these facts, it was possible to achieve the study's aim and to initiate the implementation of the Responsive Manufacturing paradigm in the footwear industry. Among the results obtained, we can highlight the following: reduction of production and labour costs; an increase in the amount of orders supplied within the deadlines; and the decrease of rework level. All these results also contribute to reducing the existing gap between theory and practice in Production Engineering studies and open up opportunities for new research in the footwear industry sector.

Keywords: Responsive Manufacturing, Footwear Industry, Production Planning and Control.

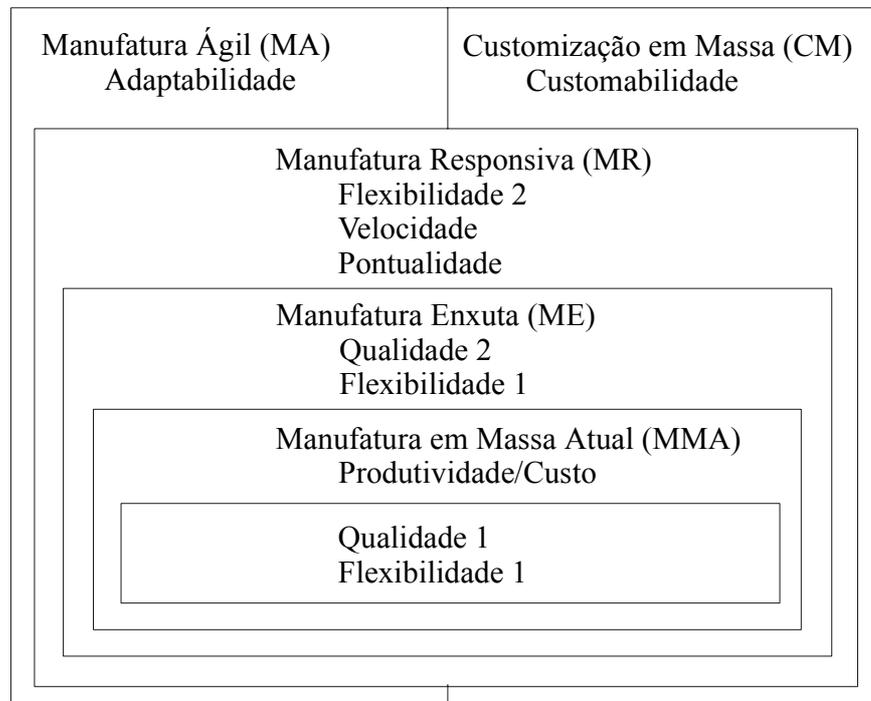
1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Para sobrevivência no mercado globalizado, as indústrias buscam modernização e melhoria contínua de seus sistemas produtivos, tentando, assim, melhorar principalmente os prazos de entrega, a qualidade e diminuir os custos e os tempos de lançamento de novos produtos.

A indústria de calçados está, cada dia, buscando as melhorias acima citadas. O processo produtivo é altamente dependente da mão-de-obra e os produtos acompanham a tendência da moda internacional, o que dificulta o planejamento estratégico e a operação dos sistemas produtivos. Mesmo com esta busca de melhoria, ainda existem grandes problemas no segmento. PRACUCH (2002) relata que o Brasil apresenta muita mão de obra ociosa, processos inadequados, altos níveis de transportes dentro do fluxo de produção e grande acúmulo de estoque em processo. Isso acarreta altos índices de erros e retrabalhos que implicam perda de produtividade, aumento nos custos e baixa competitividade perante os concorrentes.

FERNANDES & MACCARTHY (1999), classificam os paradigmas estratégicos de gestão da manufatura (PEGEMs) em quatro grandes grupos, de acordo com suas características e objetivos estratégicos de desempenho, 1. Manufatura Repetitiva, 2. Manufatura Enxuta, 3. Manufatura Responsiva e 4. Manufatura Ágil. Para GODINHO (2004), os PEGEMs fornecem visão estratégica à Gestão da Produção. A figura 1.1 apresenta um modelo mais completo de relacionamentos entre os PEGEMs desenvolvido por GODINHO & FERNANDES (2005), neste modelo à medida que se caminha da manufatura repetitiva (denominada, de forma mais conveniente de Manufatura em Massa Atual) para a Manufatura Ágil, novos objetivos estratégicos de desempenho vão sendo incorporados e os anteriores são mantidos como qualificadores. Por exemplo; a Manufatura Enxuta enfatiza a qualidade, porém custo também é importante.



Fonte: GODINHO & FERNANDES (2005)

FIGURA 1.1 - Modelo de relacionamento PEGEM - objetivos estratégicos da manufatura

Seguindo esta classificação, as indústrias de calçados brasileiras estão em vários graus, de acordo com os objetivos estratégicos, como: empresas que se preocupam em fazer grandes volumes e produtos de baixo custo (Manufatura Repetitiva, que pode ser melhor denominada de Manufatura em Massa Atual); outras visam qualidade nos seus produtos (Manufatura Enxuta); outras enfatizam a flexibilidade e o atendimento pontual dos clientes, sem se esquecer de qualidade e custo (Manufatura Responsiva).

Ao longo dos anos, vários estudos surgiram para acompanhar o desenvolvimento tecnológico dos processos produtivos. Especificamente na indústria de calçados, autores como FERNANDES & MURARI (2000); SILVA (2002b), LEITE & FERNANDES (2003) destacaram os principais problemas das indústrias de calçados no estado de São Paulo; e SILVA (2002a), e GODINHO (2004), em suas pesquisas de mestrado e doutorado respectivamente, contribuíram com novas propostas de gestão e de modelos para programação da produção de calçados cuja aplicação pode levar as indústrias a obterem melhores resultados.

A fim de contribuir ainda mais com o segmento calçadista, este trabalho de mestrado visa adaptar, implantar e avaliar a metodologia proposta por GODINHO (2004) em sua tese de doutorado, para alcançar a Manufatura Responsiva.

SURI (1998) também propõe em seu livro *Quick Responsive Manufacturing* a busca pela Manufatura Responsiva. Várias diferenças existem entre as propostas destes dois autores, mas a razão pela qual se optou pela proposta de GODINHO (2004) foi o sistema de coordenação de ordens proposto, uma vez que o PBC (*Period Batch Control*), que será apresentado adiante no referencial teórico, já é conhecido no segmento calçadista; já o POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*) criado por SURI (1998), é um sistema novo e pouco conhecido no Brasil.

Nesta dissertação, uma pesquisa-ação é realizada em uma fábrica de calçado infantil de grande porte, localizada no polo industrial da cidade de Birigui, estado de São Paulo. Detalhe significativo foi a escolha do objeto de estudo, pois ele já se encontrava com todas as características de Manufatura Enxuta e o próximo passo era buscar a Manufatura Responsiva, conforme a relação entre as Manufaturas apresentada na figura 1, descrita por FERNANDES & MACCARTHY (1999). Esta pesquisa tem alguns objetivos a atingir e estão descritos abaixo.

1.2 Objetivos Do Trabalho

ALVES (1995) justifica que fazer ciência só é possível para quem é capaz de perceber e formular problemas com clareza. Buscando clareza nesta pesquisa, foram formuladas questões para justificar o problema e servir de guia na busca de soluções.

Questão 1) A proposta de GODINHO (2004) é adequada para atingir os objetivos de responsividade? (Melhora a “performance” da empresa com relação à competição baseada no tempo?)

Questão 2) Quais as adaptações necessárias à proposta de GODINHO(2004) ao aplicá-la na indústria de calçados ?

Questão 3) Até que ponto, a proposta deste trabalho se revela exclusiva para a indústria de Calçados?

Se problema é questão a investigar, objetivo é resultado a alcançar (VERGARA, 2000).

Objetivo:

Adaptar, implantar e avaliar, numa fábrica de calçados, o modelo proposto por GODINHO (2004) de nova abordagem para Manufatura Responsiva.

Para atingir o objetivo da pesquisa, um programa deve ser seguido, e foi escolhido o Programa de Pesquisa de Lakatos.

Conforme CHALMERS (1995), programa de pesquisa lakatosiano é estrutura que fornece orientação para pesquisas futuras com uma heurística negativa e uma heurística positiva.

A heurística negativa é composta de núcleo irredutível, que não deve ser rejeitado ou modificado, pois o núcleo está protegido por um cinturão de hipóteses. Já a heurística positiva é composta de uma pauta geral, que indica como pode ser desenvolvido o programa de pesquisa. Este desenvolvimento deverá suplementar o núcleo irredutível com suposições adicionais, numa tentativa de explicar fenômenos previamente conhecidos e prever fenômenos novos.

O programa de pesquisa de Lakatos encaixa-se perfeitamente nos objetivos da pesquisa, pois ela é composta de um núcleo irredutível e seu cinturão protetor será complementado até o final do estudo.

CHALMERS (1995) define que o núcleo irredutível assume forma de hipótese teórica muito geral, que constitui a base a partir da qual o programa deve desenvolver-se. A base ou núcleo irredutível para a pesquisa é a Manufatura Responsiva. Para proteger ainda mais este núcleo, a pesquisa irá complementá-lo, mostrando ser possível adaptar e aplicar Manufatura Responsiva no segmento de produção de calçados. Abaixo, na figura 1.2, pode-se ter melhor visão de como são o núcleo irredutível e o cinturão da pesquisa a ser desenvolvida.

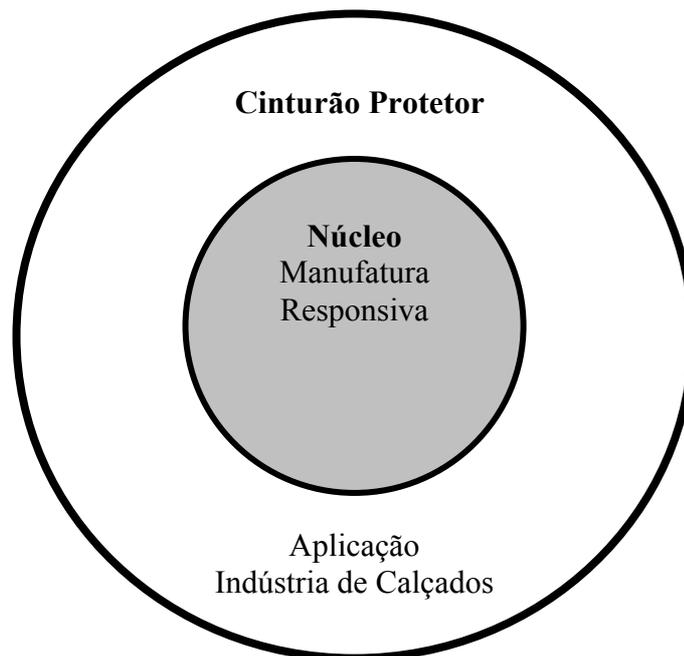


FIGURA 1.2 - Núcleo Irredutível e Cinturão

1.3 – Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: no próximo capítulo apresenta-se um Panorama da Indústria de Calçados (breve histórico, o segmento calçadista nos dias de hoje, principais materiais utilizados e o processo de fabricação); no capítulo 3, revisão teórica de Manufatura Responsiva, contendo a importância do PCP (Planejamento e Controle da Produção) para se atingir a Manufatura Responsiva e apresentação das Metodologias propostas por SURI (1998) e GODINHO (2004); no capítulo 4, estão apresentadas algumas ferramentas da engenharia industrial, utilizadas para adaptar a proposta original em busca da manufatura responsiva (Princípios/Capacitadores); o capítulo 5 apresenta adaptação de abordagem para Manufatura Responsiva; no capítulo 6, encontra-se a aplicação da Proposta Adaptada na forma de pesquisa-ação num fabricante de calçados e os resultados obtidos durante todo o estudo; e no capítulo 7 estão apresentadas todas as conclusões. A Figura 1.3 mostra graficamente a visão geral da pesquisa.

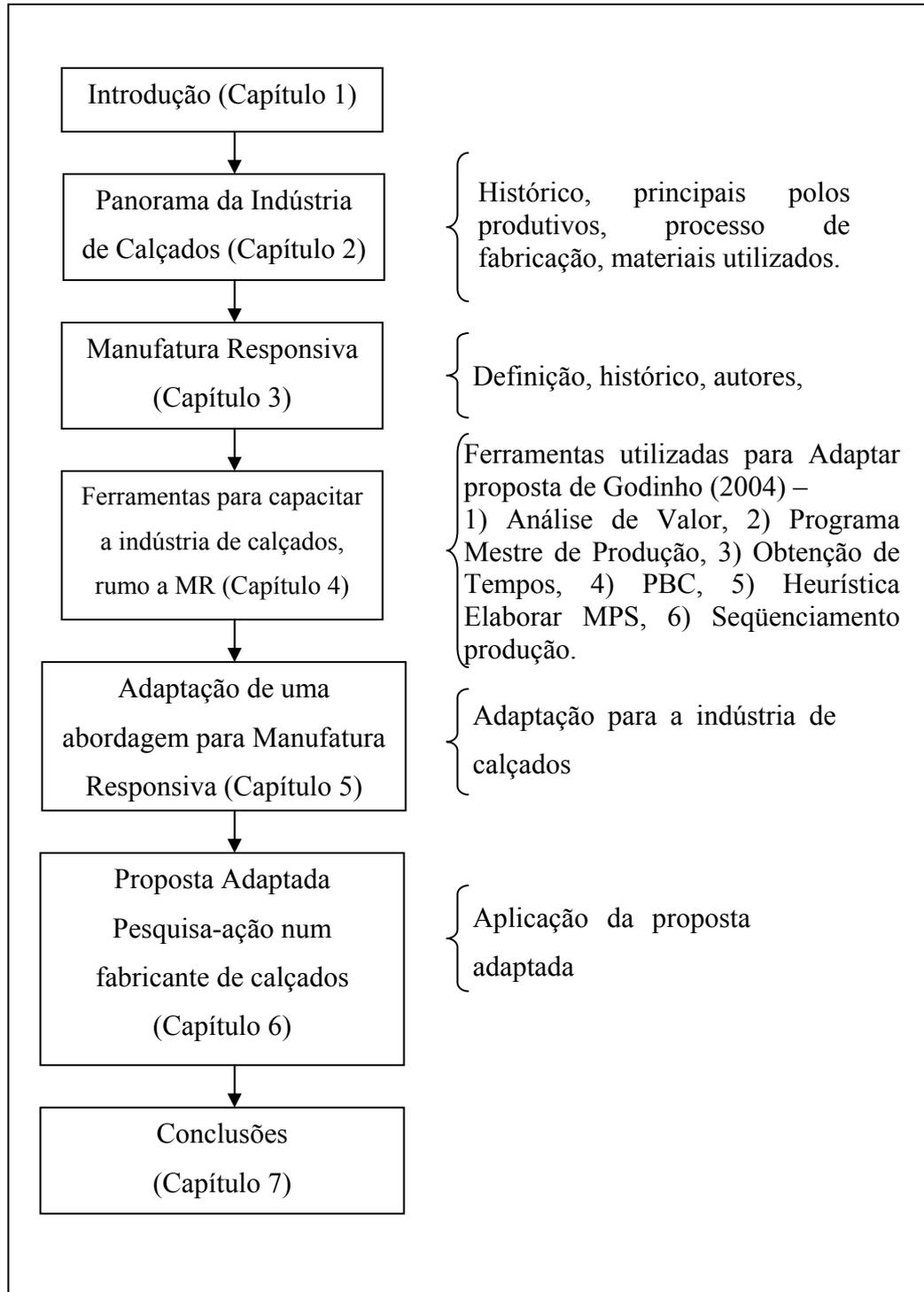


FIGURA 1.3 – Estrutura da dissertação

2 PANORAMA DA INDÚSTRIA DE CALÇADOS

2.1 Introdução

Nas últimas quatro décadas, o Brasil tem representado relevante papel na História do Calçado. O maior país da América Latina é um dos mais destacados fabricantes de calçados, detendo o terceiro lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais, ABICALÇADOS (2004).

Para a economia brasileira, o setor é muito importante, devido à quantidade de empregos gerados e o volume de dinheiro externo que entra no país pelo alto volume de sapatos exportados, volume que vem aumentando cada ano.

No Brasil existem polos produtivos com características específicas que são apresentadas nas seções seguintes. Breve histórico da indústria de calçados, suas principais matérias-primas e os processos produtivos também são discutidos no decorrer deste capítulo.

2.2 Breve História da indústria de Calçados Brasileira

Historicamente, no Brasil, o setor iniciou suas atividades no Rio Grande do Sul, com surgimento e fortalecimento de muitos curtumes implantados por imigrantes alemães e italianos.

Antes do final da década de 1860, a produção de calçados era desenvolvida por uma indústria local em pequena escala, principalmente por artesãos (SUZIGAN, 1986). De acordo com este mesmo autor, existem vários indícios de que a produção em fábricas ter-se-ia iniciada na primeira metade da década de 1870. Esse movimento foi impulsionado pela introdução da máquina de costura. Todavia, a indústria calçadista nacional ainda continuou a apresentar fortes características artesanais.

A indústria teve avanço tecnológico entre 1860 a 1920, proporcionado pela introdução de tecnologias oriundas da Europa. Essa introdução transformou em atividade fabril o sistema artesanal de produção CRUZ (1977).

Após esse período, o setor passou por fase de relativa estagnação entre 1920 a 1960, acompanhada da regionalização da produção e da queda na introdução de

novas técnicas e aquisição de máquinas mais modernas. Até mesmo as grandes empresas da época encontraram dificuldade para se expandir e acompanhar as novidades tecnológicas existentes. Apesar disso, foi com a Primeira Grande Guerra que o movimento de exportação da indústria de calçados teve início, ganhando força durante a Segunda Guerra Mundial, devido ao fornecimento de coturnos para os exércitos brasileiro e venezuelano.

O fim da década de 60 foi um período marcado pelo dinamismo no setor. Tiveram início as exportações e grande relacionamento comercial com os Estados Unidos, apoiado no aglomerado industrial já existente no Vale dos Sinos, Rio Grande do Sul, e em menor escala em Franca, estado de São Paulo.

A primeira exportação brasileira em larga escala ocorreu em 1968, com o embarque das sandálias Franciscano, da empresa Strassburguer, para os Estados Unidos.

O Vale dos Sinos se especializara em calçados femininos de couro, enquanto Franca se destacava pelos calçados masculinos. Nesse período, a ação coletiva das então pequenas empresas na identificação de mercados externos e os incentivos à exportação introduzidos pelo governo foram fundamentais para o “boom” exportador.

Na década de 70, o calçado brasileiro passou a ter expressiva importância na pauta de exportações nacionais. Com esse desenvolvimento, os setores de máquinas, equipamentos, artefatos e componentes se implantaram no Rio Grande do Sul, contribuindo para o avanço tecnológico do setor coureiro-calçadista.

A década de 80 foi marcada pela introdução de técnicas organizacionais, tais como controle de qualidade, planejamento e controle da produção, e por técnicas produtivas (processo de produção, novas tecnologias e equipamentos informatizados).

Segundo pesquisa realizada por REIS (1994), o grande avanço tecnológico do setor verificou-se na área de máquinas para produção de calçados esportivos. Na área de calçados de couro não foram verificadas alterações relevantes na década de 80.

Na década de 90, outra grande mudança ocorreu no setor. Foi quando muitas fábricas de calçados se instalaram na região Nordeste. De acordo com relatório de levantamento de oportunidades, intenções e decisões de investimento industrial no Brasil de 1997 a 2000, do MICT (1998), estavam previstos mais de US\$ 500 milhões

em investimentos na cadeia de produção de calçados nordestina para o período de 1996 a 2004.

Nessa década, mudaram as condições de produção e concorrência na cadeia produtiva de calçados. As empresas calçadistas do Sul e do Sudeste foram se deslocando para o Nordeste à procura de mão-de-obra mais barata e de incentivos dos governos estaduais e, em alguns casos, buscando adequar-se à produção voltada para o mercado externo, pois a pressão da concorrência obrigou o calçadista brasileiro, além de outras providências, a reduzir custos de produção e transporte. O Nordeste possui a vantagem de estar mais próximo dos Estados Unidos, principal importador.

2.3 - Principais Polos Produtivos

O parque calçadista brasileiro hoje contempla mais de 7.200 empresas industriais, que produzem aproximadamente 665 milhões de pares/ano, dos quais 189 milhões são destinados à exportação. O setor é um dos que mais gera emprego no país. Em 2003, cerca de 280 mil trabalhadores atuavam diretamente na indústria (ABICALÇADOS, 2004).

Apesar da concentração de empresas de grande porte no estado do Rio Grande do Sul, a produção brasileira de calçados vem gradativamente sendo distribuída a outros polos, localizados nas regiões Sudeste e Nordeste do país, com destaque para o interior do estado de São Paulo (cidades de Jaú, Franca e Birigui) e estados emergentes, como Ceará, Bahia e Pernambuco. Há também crescimento na produção de calçados no estado de Santa Catarina (região de São João Batista), vizinho do Rio Grande do Sul, e em Minas Gerais (região de Nova Serrana).

O Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul, é o maior polo produtor de calçados do Brasil e também está entre os maiores do mundo, com cerca de mil fábricas de calçados. É responsável por aproximadamente 40% da produção nacional e 75% das exportações totais.

Existe grande concentração de empresas que forma um dos maiores *clusters* de calçados do mundo, especializado em calçados femininos. Além da localização das maiores empresas produtoras de calçados do Brasil e do mundo, como a Azaléia e a Paquetá, a região concentra cerca de 80% dos produtores de máquinas para a fabricação de calçados e 60% dos fornecedores de componentes. Cabe ressaltar que no

Vale dos Sinos existem instituições voltadas para a formação de mão-de-obra especializada em produção de calçados, podendo-se destacar o Senai e a Unisinos, além do Centro Tecnológico do Couro, Calçados e Afins (CTCCA), responsável pelas pesquisas e pelo ensino tecnológico.

A cidade de Franca, no Estado de São Paulo, é o segundo maior produtor de calçados do país, com 360 fábricas. Ali as empresas se dedicam principalmente à fabricação de calçados de couro para o público masculino e são responsáveis por 6% da produção nacional e 3% das exportações totais. O polo calçadista de Franca possui toda a estrutura produtiva de um *cluster*. Além das fábricas de calçados, a cidade conta também com produtores de insumos, como solados, adesivos, curtumes, matrizarias, máquinas e equipamentos, agentes de mercado interno e externo e, sobretudo, com instituições que procuram desenvolver e difundir inovações tecnológicas e gerenciais como IPT, Senai, Sebrae e universidades.

O polo de Birigui, também no Estado de São Paulo, é conhecido como capital sul-americana do calçado infantil. Concentra cerca de 180 empresas, a maioria destas empresas se dedicam à fabricação exclusiva de calçados infantis e são responsáveis pela produção de aproximadamente 7% dos calçados brasileiros e por 2,5% das exportações totais do país.

A cidade de Jaú (São Paulo) é importante polo produtor de calçados femininos de couro, constituído por 150 empresas que respondem por 2% da produção nacional e menos de 0,5% das exportações totais.

A indústria de calçados de Santa Catarina está concentrada na cidade de São João Batista e sua especialidade são calçados para o público feminino. As 120 empresas fabricam cerca de 1% da produção nacional de calçados.

O setor calçadista de Minas Gerais é composto por aproximadamente 1.500 empresas. Os destaques são as cidades de Belo Horizonte, especializada na produção de calçados femininos, e Nova Serrana, que produz principalmente tênis e chinelos de material sintético. O polo de Nova Serrana congrega 730 empresas, responsáveis por 10% da produção nacional de calçados.

O polo calçadista do Nordeste ganhou mais força a partir do início da década de 90, com a migração de grandes empresas do Sul e do Sudeste para essa região. A produção atual de calçados na região Nordeste ainda é desconhecida. Todavia,

as exportações de calçados nordestinas, em 2000, corresponderam a 14% do total de calçados exportados pelo Brasil. Pode-se destacar o Estado do Ceará, com participação de 78% no total de calçados exportados pelo Nordeste e 11% no total do Brasil, o que o torna o terceiro maior exportador brasileiro de calçados. Outros estados como Paraíba, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte vêm aumentando sua participação no mercado, apesar de ainda pequena a produção.

2.4 - Principais Características do calçado

Basicamente, o sapato é constituído de uma parte superior, o cabedal, e de uma parte inferior, o solado. Cada parte se subdivide e cada subdivisão apresenta características e funções bem definidas. A figura 2.1 mostra toda a subdivisão de um sapato, facilitando o entendimento.

O cabedal destina-se a cobrir e proteger a parte de cima do pé e divide-se em gáspea, traseiro e lateral. Normalmente, é constituído de várias peças, e reforços, cujo objetivo é assegurar firmeza e proteção à parte superior do pé ou atender a questão de *design*. Entre os elementos de reforço estão o contraforte e a couraça.

O contraforte é o reforço colocado entre o cabedal e o forro, na região do calcanhar. Sua função consiste em dar forma a parte do calçado e manter firme o calcanhar. É elemento importante no calce e no conforto. Alguns tipos de calçados, como sapatilhas muito flexíveis ou sapatos tipo *chanel* (abertos atrás), não utilizam contraforte. A couraça é o reforço colocado no bico do calçado, também entre o cabedal e o forro, destinado a proteger os dedos e, ao mesmo tempo, a dar firmeza e boa apresentação ao bico, mantendo inalterada sua forma original, mesmo depois de uso prolongado. É muito importante em calçados infantis e nos calçados de segurança (nesse caso específico é feita de aço), para evitar danos aos dedos.

Dependendo do modelo do calçado, o cabedal pode ainda apresentar outras partes, como biqueira (peça que recobre o bico do sapato, geralmente com função decorativa) e lingüeta (parte saliente sobre o peito do pé, utilizada em calçados de cadarço, destinada a proteger o dorso do pé).

Solado é o conjunto de partes/peças que formam a parte inferior do calçado e que se interpõem entre o pé e o solo. É constituído de várias peças, como veremos a seguir.

A palmilha de montagem, (lâmina que tem função de dar firmeza ao caminhar e pode ser de aço, madeira, arame ou plástico rígido) é cortada no mesmo tamanho da planta da fôrma, sobre a qual será montada. Alinha-se entre os elementos mais importantes do calçado, pois constitui estrutura sobre a qual se alicerçam quase todas as partes constitutivas do modelo. É considerada terceira divisão do calçado, visto que serve de ligação entre o cabedal e o solado. A palmilha de montagem é moldada exatamente de acordo com a fôrma do calçado.

A sola é a parte externa do solado, ou seja, aquela que está em contato direto com o solo. Dela dependem, em grande parte, a qualidade e a performance do calçado. Seu material e seu perfil (desenho) determinam suas propriedades bem como, durabilidade, flexibilidade, resistência à umidade, leveza, uniformidade, resistência ao deslizamento, entre outros fatores.

O salto não é senão suporte fixado à sola na região do calcanhar, sua função é garantir equilíbrio ao usuário.

Dependendo do calçado, duas outras peças podem fazer parte do solado: a entressola, camada intermediária colocada entre a palmilha de montagem e a sola, com função estética e de conforto; e a vira, estreita tira de material solado (couro, borracha natural ou sintéticos) colada ou costurada em torno do calçado.

Os elementos descritos acima são fundamentalmente as peças que constituem o calçado. Dependendo do modelo que se deseje produzir, outras peças podem ser agregadas. O tênis, por exemplo, poderá ter ilhoses, forros especiais, dispositivos de amortecimento de impacto, entre outros.

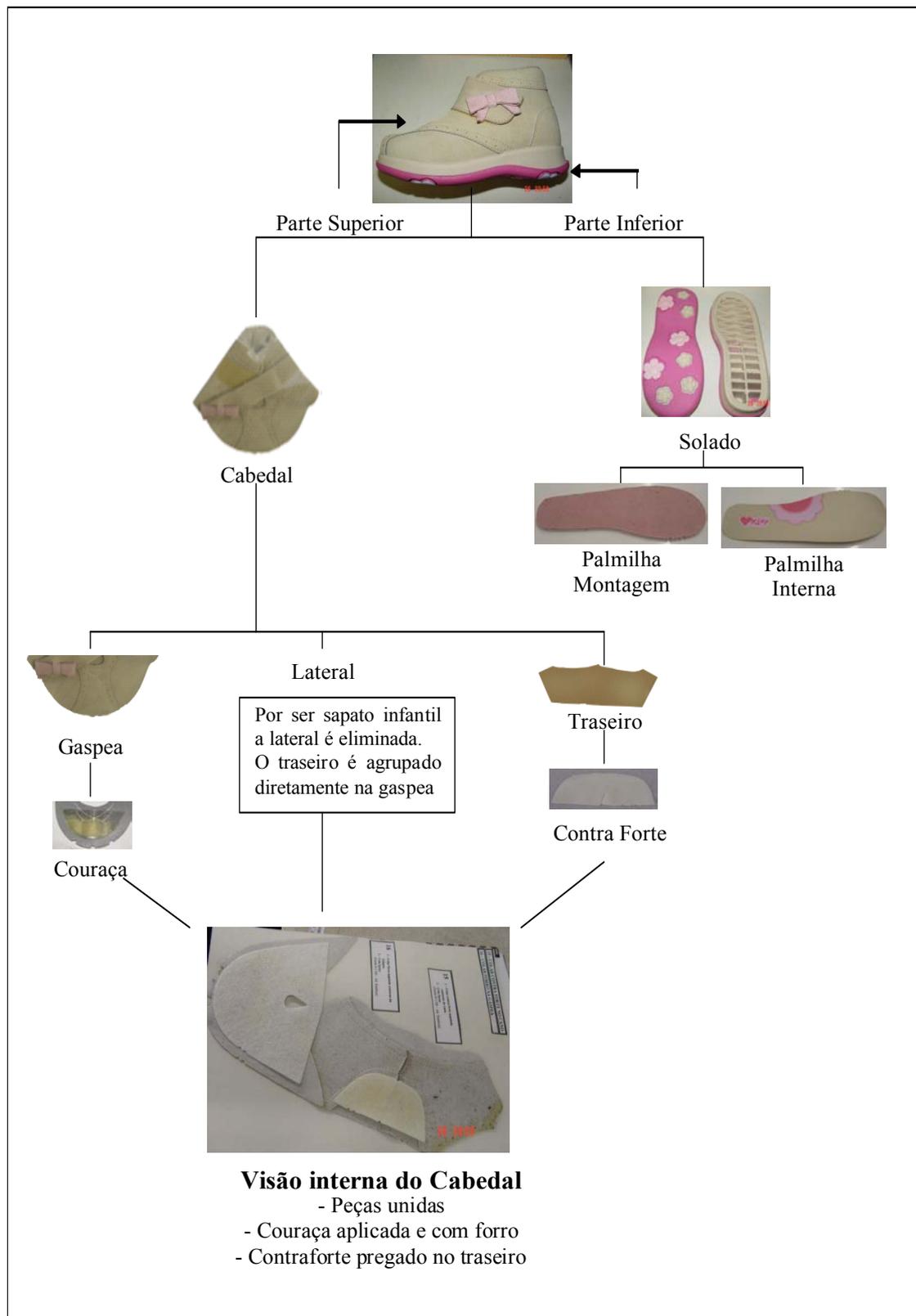


FIGURA 2.1 – Subdivisões de um sapato

2.5 Matérias Primas

Por muitos anos, os sapatos foram feitos de couro, com sola também de couro ou de borracha natural.

Segundo ANDRADE & CORRÊA (2001), o desenvolvimento da indústria petroquímica e o surgimento de materiais sintéticos ensejaram várias opções e os fabricantes de calçados começaram a utilizar matérias-primas alternativas. Mas os novos materiais, apesar de trazerem inauditas possibilidades, tanto em termos de estética quanto em conforto, trouxeram problemas como qualquer outro material desconhecido no mercado. Para eles serem empregados de forma que não acarretassem problemas à saúde do pé, novos equipamentos precisaram ser adquiridos pelos fabricantes e os operadores necessitaram de novos conhecimentos.

De maneira geral, quem ganhou foi o consumidor, pois a fabricação de calçados diversificou-se e ganhou novos *designs*.

Atualmente, uma variedade de materiais de diversas origens é utilizada na fabricação de calçados.

O couro é considerado material nobre, que pode ser usado praticamente em todas as partes do calçado, mas normalmente sua utilização é aconselhável no cabedal, no forro e, em alguns modelos, na sola. O couro traz vantagens sobre os outros materiais, como, por exemplo, alta capacidade de se amoldar a uma fôrma, boa resistência ao atrito, maior vida útil, possibilidade de transpiração e aceitação de quase todos os tipos de acabamento.

Tecidos naturais, como algodão, lona e brim, e tecidos sintéticos, como náilon e lycra, são utilizados sobretudo no cabedal e como forro. Além do preço mais atrativo, os calçados fabricados com tecidos são mais leves.

Trata-se de materiais constituídos normalmente de suporte (tecido, malha ou não-tecido) sobre o qual se aplica uma camada de material plástico (geralmente PVC - Policloreto de vinila; ou poliuretano). São chamados, “erroneamente”, de couro sintético.

O PVC é material de fácil processamento, de custo relativamente baixo e dotado de boas propriedades de adesão e resistência à abrasão, sendo hoje utilizado até em solados de tênis e chuteiras. Suas desvantagens são a baixa aderência ao solo e a tendência a quebra em baixas temperaturas.

O poliuretano (PU) é material versátil e disponível sob várias formas e empregado em solas e entressolas com características de durabilidade, flexibilidade e leveza. Sua desvantagem está no alto custo dos equipamentos necessários à sua produção e também na necessidade de cuidados especiais durante a estocagem e o processamento.

O poliestireno é utilizado na produção de saltos. Tem baixo custo e alta resistência ao impacto.

O ABS também é utilizado especificamente para fabricação de saltos. Apesar de ter ótima resistência ao impacto e à quebra, hoje sua utilização é basicamente voltada para saltos muito altos, devido a seu elevado custo.

A borracha termoplástica (TR), utilizada na produção de solas e saltos baixos, apresenta boa aderência ao solo, mas é pouco resistente às intempéries e aos produtos químicos, como solventes.

A borracha natural possui excelente resistência ao desgaste, adere bem ao solo, é leve e flexível, o que a torna muito confortável. Foi o primeiro material a ser usado na fabricação de solas em substituição ao couro. Todavia, o elevado custo e a pouca resistência a altas temperaturas limitam sua utilização. Atualmente, é usada principalmente em calçados infantis.

De maneira geral, a borracha sintética apresenta boa propriedade de flexão e elasticidade, resistência ao desgaste e ao rasgamento, adere bem ao solo e seu custo é acessível.

O copolímero de etileno e vinil acetato (EVA) é um dos materiais mais utilizados no Brasil em diversas partes do calçado, sobretudo no solado. É leve e macio para fabricação de solas, possui boa resistência ao desgaste e pode ser produzido em diversas cores.

Além dos materiais citados para fabricação de calçados, têm-se ainda os metais, os materiais celulósicos e a madeira.

2.6 Processo Produtivo

O processo de fabricação de calçado está dividido em setores, de acordo com a diversidade de produtos, o porte e a estrutura da empresa. Segundo NAVARRO (2004), o processo de produção do calçado masculino de couro pode ser dividido em

cinco fases principais: modelagem, corte, pesponto, montagem e acabamento. Esse processo de produção é adotado em quase todas as outras modalidades de calçados. Variações podem surgir no pesponto e na montagem.

Considera-se a modelagem o ponto alto da linha de produção, pois nessa fase o calçado é concebido e completamente especificado. Todo o material a ser usado na fabricação, o tipo, o gênero, a finalidade e o projeto da fôrma (estilo e dimensões) são definidos nessa etapa, na qual se utilizam tanto os recursos informatizados, caso dos sistemas CAD/CAM, quanto se utiliza o desenho manual.

O corte da matéria-prima, principalmente o couro, é feito de acordo com as dimensões definidas na modelagem e pode ser manual (artesanal), caso em que se usam “facas” e moldes de cartolina reforçados nas bordas com filetes de metal. As empresas de maior porte se servem de pequena prensa hidráulica denominada balancim, operada por um só funcionário. Nela é afixada, no cabeçote, uma navalha de fita de aço, que atende às determinações do molde. Existem também, em nível internacional, os equipamentos informatizados para corte de couro por meio de *laser* e jato d’água (SEVEGNANI & SACOMANO, 2003).

Os processos baseados em *laser* e em jato d’água apresentam ganhos de produção e melhor aproveitamento do material, porquanto o computador envia comandos às máquinas, e estas efetuam os desenhos sobre o couro ou o laminado sintético. O processo é veloz, com margem de erro muito baixa. Quando utilizado para cortar laminado sintético, tal processo gera alta produtividade, porque permite empilhar várias camadas do material para corte simultâneo.

Após o corte, as peças que fazem parte do cabedal são organizadas em lotes e encaminhadas à seção de pesponto, onde são preparadas, chanfradas, dobradas, picotadas, coladas e em seguida costuradas. Esse trabalho de preparação, na maior parte das empresas, é realizado manualmente e, em poucas, feito com auxílio de máquinas eletrônicas simples.

Nessa etapa é muito comum: a subcontratação de mão-de-obra. No Rio Grande do Sul surgiram os *ateliers*, que em Franca são chamados “bancas” de pesponto. Em nível internacional, os processos adotados nessa fase se encontram bem à frente dos empregados pelas empresas brasileiras.

A costura do cabedal, método antigo e largamente aplicado antes do aparecimento dos adesivos sintéticos, (o que ocorreu na década de 60), ainda é empregada em alguns tipos de calçados, em busca de maior segurança e maior firmeza. Entre os métodos que utilizam a costura, estão o blaqueado (para fabricação de tênis e *mocassins*), o *goodyear* (observado principalmente em calçados de segurança, em botas militares e em alguns modelos mais pesados) e o ponteado (atualmente utilizado apenas em alguns calçados de estilo jovem e confortável). Cabe ressaltar que se trata de processo misto, pois o cabedal é fixado à palmilha mediante costura, mas a sola é colada.

Esses métodos de produção são mais complexos e onerosos e, portanto, utilizados geralmente em calçados de maior valor agregado e preços mais elevados.

Essa etapa é realizada quase que simultaneamente ao corte e à costura. Os materiais que compõem o solado (salto e sola), bem como a palmilha, são cortados, lixados, conformados, submetidos a limpeza e colados ou costurados. Tanto na colagem como na costura podem ser utilizados solados de couro, borracha natural, PVC, TR, PU e outros. No caso dos métodos de injeção direta ou vulcanização, hoje largamente empregados, somente podem ser usadas solas feitas de materiais sintéticos e, no caso da vulcanização, também de borracha natural.

Uma vez completada a operação de fixação da sola ao cabedal, o calçado está praticamente pronto. Deve ainda passar por pequenas operações, denominadas de acabamento ou de plancheamento, que consistem em limpeza, retoque de pequenos defeitos e controle de qualidade final. Só assim o calçado poderá ser colocado na embalagem e enviado à seção de expedição da fábrica.

LEITE (2004) também concorda com o processo de fabricação descrito acima e complementa, afirmando que existem três grupos principais de calçados dependendo de como é agrupada a parte superior (cabedal) com a sola na montagem. No primeiro grupo o cabedal e a sola são ligados por adesivos e correspondem a mais de 50% do total de sapatos produzidos no Brasil; no segundo grupo são ligados somente por costura por meio de máquinas blaqueadoras ou costura manual; o último grupo é dos sapatos vulcanizados, isto é, o cabedal é agrupado à sola diretamente nas máquinas injetoras.

O processo utilizado neste trabalho corresponde ao primeiro grupo e os processos produtivos que serão estudados e demonstrados são: corte; pesponto e a montagem.

3 MANUFATURA RESPONSIVA

Em face da intensificação da concorrência, as indústrias começaram a procurar novas maneiras de agradar e, conseqüentemente, conquistar seus clientes. Estas novas maneiras de conquistar o cliente obrigaram as empresas a adotar múltiplos objetivos de desempenho, como apresentados por SLACK *et al* (1997): qualidade, flexibilidade, baixos custos/ alta produtividade, rapidez e pontualidade (*dependability*).

Para adotarem múltiplos objetivos de desempenho, as empresas de manufatura vêm adaptando e desenvolvendo novos paradigmas de sistemas produtivos. Dentre esses novos paradigmas de sistemas de produção, esta seção do trabalho destacará o paradigma denominado de manufatura responsiva.

A manufatura responsiva opera em ambiente envolvido na melhoria de duas variáveis: tempo e variedade, o que corresponde de certa forma a três objetivos de desempenho apresentados por SLACK *et al* (1997): flexibilidade, pontualidade e rapidez.

Flexibilidade por operar com ampla variedade de produtos e possibilidade de atendimento a pedidos urgentes; rapidez pelo compromisso que a manufatura responsiva tem com redução do tempo de resposta aos clientes; e pontualidade devida ao cumprimento dos prazos de entrega.

Sumarizando, o paradigma de sistema de produção denominado manufatura responsiva apóia empresas de manufatura que competem com ampla variedade de produtos e especialmente em entregas rápidas. Nos dias atuais, tal paradigma é muito apropriado para esta nova economia voltada para informação e globalização.

Na seção 3.1 será apresentada visão histórica sobre a manufatura responsiva e na seção 3.2 apresentar-se-ão duas metodologias para alcançar a manufatura responsiva a saber, seção 3.2.1 (a metodologia de SURI (1998)) e seção 3.2.2 (a de GODINHO (2004)).

3.1 Revisão

Conforme destaca GODINHO (2004) as funções da manufatura são relativamente constantes: geração do conceito, projeto, produção e montagem. O autor destaca que a origem destas atividades vem do artesão, então responsável por todas as atividades mencionadas acima. WOMACK, JONES, & ROSS (1992) indicam que o artesanato era caracterizado por: (1) força de trabalho altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento; (2) organizações extremamente descentralizadas, ainda que concentradas em uma só cidade; (3) emprego de máquinas de uso geral; (4) baixo volume de produção. Devido a estes fatores, o produto era relativamente caro pois havia excesso de demanda e reduzida taxa de produção e os custos de produção eram relativamente altos.

Com o surgimento do sistema produtivo proposto por Henry Ford, sistema esse chamado “manufatura em massa”, os manufaturados passaram a ser produzidos em larga escala e conseqüentemente se tornaram mais acessíveis e baratos. Isso ocorreu porque o sistema obedeceu a quatro características principais, a saber: (1) alta divisão do trabalho; (2) elevado grau de repetitividade; (3) competição baseada em produção de baixo custo; (4) exploração de economia de escala.

Após a Segunda Guerra Mundial, os bens produzidos pelo sistema de Manufatura em Massa saturaram o mercado devido à falta de qualidade e falta de variedade. Entretanto, durante esse tempo, o Japão devastado pela guerra reestruturava suas empresas e o conceito de seus produtos, aumentando a qualidade e variedade deles. Esse sistema de manufatura reestruturado foi denominado Manufatura Enxuta (ME) ou Sistema de Produção Toyota.

Segundo GODINHO (2004), este paradigma apresenta diferenças em relação aos paradigmas anteriores: ênfase na melhoria contínua de operações, eliminação de desperdício e retrabalhos, diminuição do *set-up* das máquinas com intuito de redução do tamanho do lote de produção e conseqüente aumento na variedade de produtos oferecidos aos consumidores.

A partir da década de 60, a indústria japonesa conseguiu, através da ME, grande avanço no mercado automobilístico, acirrando a competição em nível mundial. BUFFA (1984) afirma que as empresas japonesas, através da manufatura, tiveram sucesso principalmente por causa da qualidade e dos baixos custos. Boa qualidade e

baixo custo se tornaram fonte de vantagem competitiva, levando as indústrias americanas a perder espaço.

Em resposta ao Sistema Toyota de Produção, as empresas americanas, para reconquistarem seu mercado, além de buscarem atingir os objetivos de qualidade e custo conforme o padrão dos produtos japoneses, começaram a implementar novos métodos e sistemas produtivos que diminuíssem o tempo de resposta ao cliente e aumentassem ainda mais a flexibilidade possibilitando uma variedade bem maior. Esta resposta foi denominada “Competição Baseada no Tempo” (TBC) e se iniciou por volta dos anos 90. SURI (2002) argumenta que TBC é estratégia fundamentada na constatação de ser a velocidade importante vantagem competitiva. Entretanto, afirma que tal estratégia é bastante ampla e pode ser usada em vários segmentos, como bancos, seguradoras e hospitais. A MR é o TBC voltado a empresas de manufatura e, para isso, foram adicionados à estratégia TBC algumas técnicas específicas para empresas.

A expressão Manufatura Responsiva (MR) foi criada pelos autores KRICHANCHAI & MACCARTHY, (1998) e FERNANDES & MACCARTHY (1999), os quais afirmam que o papel principal da MR é a responsividade. SURI (1998) chamou este paradigma QRM (*Quick Response Manufacturing*). Entretanto, é importante destacar que esse tipo de paradigma de manufatura começou a surgir por volta de 1980, como relata o artigo de STALK & HOUT (1990). Esses autores deram ao paradigma a denominação de sistema de produção de TBC (*Time-Based Competition*) e ainda destacaram publicações anteriores, que enfatizam o diferencial competitivo através da redução do tempo de resposta como, STALK (1988), BOWER & HOUT (1988) e SCHMENNER (1988). O termo responsividade, citado por KRICHANCHAI & MACCARTHY (1998) e FERNANDES & MACCARTHY (1999), é compreendido como dimensões de velocidade, pontualidade e também flexibilidade de produtos. Um processo é flexível se consegue produzir variedade significativa de bens, o que é facilitado se o tempo de *set-up* for pequeno.

A Competição Baseada no Tempo (TBC) foi primeiro proposta por STALK & HOUT (1990) para os casos em que o tempo é o principal fator competitivo. É afirmado que executivos de empresas agressivas estão alterando seus padrões de desempenho, passando de custos e qualidade competitiva para custos, qualidade e

responsividade. Existem companhias que estão alcançando notáveis resultados ao colocar suas organizações no enfoque da responsividade.

BLACKBURN (1991) cita que a manufatura baseada no tempo deve implementar uma série de métodos destinados a reduzir o tempo de resposta aos clientes.

GODINHO (2004) sustenta que responsividade significa estabelecer os seguintes objetivos: velocidade, pontualidade, flexibilidade de curto prazo como objetivos ganhadores de pedido; e flexibilidade de longo prazo e adaptabilidade como qualificadores.

STALK & HOUT (1990) exemplificam que algumas empresas, baseadas no tempo, superam o desempenho de seu Setor Industrial, como por exemplo a Wal-Mart, que é um dos varejistas que mais crescem nos Estados Unidos. Suas lojas movimentam cerca de US\$ 20 bilhões de mercadoria por ano. Seu sucesso resulta de muitos fatores nos quais a responsividade está presente. A Wal-Mart reabastece os estoques de suas lojas, em média, duas vezes por semana e é capaz de: (1) manter o mesmo nível de serviço com um quarto do investimento em mercadorias; (2) oferecer aos clientes quatro vezes mais opções de estoque pelo mesmo investimento em mercadorias; (3) tirar proveito de ambas as coisas. Sendo assim, está crescendo três vezes mais rapidamente do que o setor de lojas de descontos e obtém retorno de capital duas vezes superior à média do setor. Podemos dizer então que a vantagem competitiva baseada no tempo é a mais recente de uma sucessão de inovações administrativas que tiveram impacto sobre o resultado dos negócios nos últimos quarenta anos.

HANFIELD (1995) diz que tempo de produção reduzido traz benefícios indiretos para a empresa, ou seja, menos estoques e maior rapidez no atendimento ao cliente. E a inovação trás maiores fluxos de caixa e maiores lucros.

HANFIELD & BECHTEL (2002), afirmam que, para existir a responsividade, deve haver confiança e comprometimento muito grande entre as partes. Intensa troca de informações se faz necessária para que não ocorra problema no fornecimento.

ROHR & CORRÊA (1998) propõem três estratégias básicas que devem ser sistematicamente exploradas para que as empresas possam competir em tempo: (1) eliminação das atividades que não adicionam valor; (2) melhor coordenação entre as

atividades (integração); (3) redução do tempo das atividades que adicionam valor. Propõem também modelo proativo fundado nos princípios da melhoria contínua que requer esteja a questão da competitividade (baseada no tempo) inserida na estratégia global da empresa e que todas as funções desta estejam envolvidas e engajadas na redução dos seus ciclos de operação. GODINHO (2004) também propõe metodologia para que a manufatura alcance competitividade baseada no tempo. O modelo proposto serviu como base principal deste trabalho e será apresentado na seção 3.2.2.

3.2 Metodologias para Alcançar a MR.

Nesta seção serão apresentadas as propostas de SURI (1998) e de GODINHO (2004). De acordo com suas teorias, o presente trabalho se estrutura na proposta de GODINHO para desenvolver metodologia com que se possa implantar a Manufatura Responsiva em empresas. Tal metodologia será mostrada na seção 3.2.2.

3.2.1 Proposta de SURI (1998).

Suri usa técnica desenvolvida nos USA, chamada QRM (*Quick Response Manufacturing*). Essa técnica apóia-se em dez princípios fundamentais, os quais são detalhados concisamente a seguir neste trabalho. Porém, para maiores detalhes de cada princípio, consulte SURI (1998).

1º Princípio: Encontrar modo totalmente novo para executar os trabalhos, com foco na redução do *lead-time*:

As organizações não são projetadas para gerenciar o tempo. Estruturas organizacionais, sistemas de contabilidade e sistemas de recompensa são baseados sobre a gerência de escala e custo, ou seja, os gerentes pensam que cada pessoa deveria trabalhar mais rapidamente, mais arduamente e por longas horas para realizar o trabalho no menor tempo. Semelhante sistema de gerenciamento, baseado em escala e custo, é o maior inimigo do QRM. Para implementação do QRM, é necessária completa revisão da base sobre a qual estão organizados a produção, o fornecimento de materiais e o trabalho dos gerentes.

2° Princípio: Planejamento da capacidade dos recursos críticos em 80% ou 70%;

Muitos gerentes acreditam que, para realizar os trabalhos mais rápidos, é necessário manter as máquinas e pessoas ocupadas o tempo todo. Entretanto, esta política de 100% de utilização gera longos *lead-times*, crescimento das filas, trabalhos esperando por recursos. O QRM demonstra que a redução da utilização da capacidade de recursos críticos é investimento estratégico que muitas vezes auxilia no aumento das vendas, reduz os custos e aumenta a qualidade do produto.

3° Princípio: Fazer da redução do *lead-time* a principal medida de desempenho;

Muitas empresas elegem a eficiência como a principal medida de desempenho. Entretanto, eficiência não leva obrigatoriamente a redução dos *lead-times*. Para Suri, é necessário que os gerentes conheçam as relações dinâmicas entre vários aspectos da produção e seus impactos sobre o *lead-time*, como, por exemplo, a relação entre utilização da capacidade e tamanho do lote de produção, à luz do *lead-time*.

4° Princípio: Medidas e ganhos na redução do tempo;

O professor Suri defende que, para as demais abordagens, a redução do *lead-time* é consequência das medidas de desempenho adotadas, como, por exemplo, utilização dos recursos. Para Suri, a principal medida de desempenho para as empresas que desejam implementar o QRM é a redução do *lead-time*, pois ele acredita que, reduzindo-o, as medidas de desempenho tradicionais, como redução de estoques, redução dos custos de produção, aumento da qualidade, produtividade, entre outras, também serão melhoradas.

5° Princípio: Utilizar o MRP para planejar e coordenar materiais e reestruturar a organização da manufatura em células mais simples, orientadas a produto;

O MRP é poderosa ferramenta para planejamento e coordenação de materiais, mas não é ferramenta voltada a redução do *lead-time*. Para que isso seja realizado, é necessário que o MRP seja reestruturado para ser utilizado como ferramenta de planejamento em nível mais alto e para fornecer autorizações; mas não é adequado para gerência de materiais e informações dentro das células.

Suri recomenda que seja utilizado um sistema de coordenação de ordens, denominado POLCA, que combina os melhores aspectos dos sistemas de coordenação

de ordens dentre os que puxam e os que empurram a produção. Esse sistema de coordenação de ordens será explicado em detalhes adiante neste mesmo capítulo.

6º Princípio: Motivar fornecedores a implementar QRM;

Para fornecedores que possuem longos *lead-times* de entrega, é necessário que sejam realizados pedidos em grandes quantidades de itens e, para isso, é solicitado ao fornecedor que disponibilize descontos. Muitas vezes, os custos de manutenção destes grandes lotes de produtos são maiores que os descontos oferecidos, sem considerar os riscos de obsolescência e as falhas de qualidade.

7º Princípio: Educar seu cliente ao seu programa de QRM

O cliente precisa conhecer as vantagens do QRM para que possa adotá-lo. Para tanto lhe é explicado que os fornecedores que implementam QRM conseguem oferecer seus produtos em pequenos lotes, diminuindo custos e melhorando assim a qualidade e o tempo de resposta. Com isso conseguem fornecer seus produtos a preço justo, aumentando a competitividade de seus clientes.

8º Princípio: Eliminar as barreiras funcionais;

Por este princípio, devem ser formadas equipes designadas a cada departamento onde existem resultados de qualidade de QRM. Tais equipes farão eliminações globais de *lead-times* por operações, ao invés de a equipe de QRM ser “célula” de características específicas.

9º Princípio: QRM deixa a empresa verdadeiramente enxuta e segura;

O cliente precisa pagar mais pela rapidez de entrega, o que representa bom resultado, mas isso não deveria ser a razão principal do QRM. Buscando novos meios de comprimir o tempo teríamos o resultado que simboliza menos desperdício. Suri afirma existirem métodos que dão ênfase à eliminação de *lead-times*. Exemplificando, este princípio mistura alta qualidade, com menos desperdício, com custos mais baixos e com ótimas vendas.

10º Princípio: O maior obstáculo do QRM é o preconceito.

Novas tecnologias, como CAD/CAM, são excelentes oportunidades para redução dos *lead-times*, porém vários conceitos devem ser repensados anteriormente à aquisição de várias tecnologias.

Suri acredita que as pessoas precisam meditar mais acuradamente sobre as medidas de desempenho para levar ao QRM. Todos da empresa devem tomar consciência das mudanças.

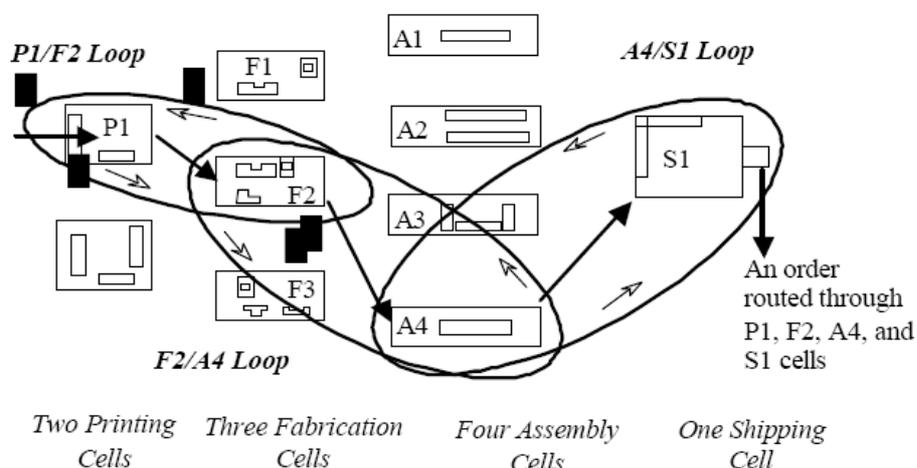
3.2.1.1 POLCA

Segundo SURI & KRISHNAMURTHY (2003), POLCA é sistema híbrido que puxa e empurra a produção, combinando os melhores fatores dos sistemas de MRP (empurra) e os controles do KAMBAN (puxa), ao mesmo tempo em que corrige algumas limitações do KANBAN.

POLCA necessita que o *lay-out* seja celular. Como objetivo de fazer a produção fluir entre as diferentes células produtivas, a supervisão é exercida pela combinação de cartões de liberações com cartões de controle de produção, combinação essa chamada de POLCA *card*.

Geram-se autorizações de produção através do HL/MRP – (*high-level material requirements planning system*), que é muito parecido com os tradicionais MRPs. A diferença é que o HL/MRP controla o tempo de produção de todas as células em um único processo de fabricação, ao passo que o outro controla célula individual.

O POLCA *card* acompanha o material em todas as etapas do processo, autorizando seu início. Nestes cartões são identificados as célula onde vai se iniciar o processo e a próxima célula para onde deve se encaminhar o material relativo à próxima etapa. Para cada duas células é confeccionado um cartão.



Fonte – SURI & KRISHNAMURTHY (2003)

FIGURA 3.1 – Fluxo de POLCA cards

Na figura 3.1 é possível ver como os cartões caminham em *loop* no *layout* celular. No exemplo da figura, têm-se 4 células (P1, F2, A4 e S1) que o material, neste caso, irá percorrer. Para isso o HL/MRP disponibilizou 3 cartões, o primeiro contendo autorização de início para o P1 e indicando o destino F2; o segundo autorizando F2 e indicando o destino A4; e o último autorizando A4 a iniciar sua fase e indicando o destino de S1. O funcionamento do sistema dá-se da seguinte forma. P1, ao acabar seu processo produtivo, encaminha o material para F2, que destaca o primeiro cartão (P1/F2) e o devolve a P1, confirmando o recebimento. Em seguida, F2 inicia seu processamento, conservando o segundo cartão (F2/A4). Ao concluir o processamento, encaminha o material para A4, onde se observa a mesma regra até terminar todo o processo e o produto final ser entregue ao cliente.

Como o objetivo principal deste trabalho não é a aplicação prática do sistema acima demonstrado, o POLCA não é aqui detalhado. Mais detalhes e exemplos reais de aplicações podem ser encontrados em SURI (1998), KRISHNAMURTHY *et al* (2004),

3.2.2 Proposta de GODINHO (2004)

Antes de iniciar esta seção, vale a pena destacar que um Sistema de Coordenação de Ordens (SCO) é o ângulo de um sistema de controle da produção.

GODINHO (2004), em sua tese, desenvolveu metodologia clara para implantar a Manufatura Responsiva em empresas. Para tanto realizou revisão de literatura que abrangesse estratégias de Controle de Produção com finalidades correspondentes às características da Manufatura Responsiva. E após essa revisão, estruturou sua proposta em dois pilares: princípios e capacitadores. Acredita que princípios e capacitadores têm potencial para trazer responsividade à manufatura.

Os princípios são as idéias que norteiam as empresas no rumo dos Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEM). Já os capacitadores são as ferramentas, as tecnologias e as metodologias que devem ser implantadas para que um PEGEM forneça resultados de acordo com os objetivos estratégicos priorizados.

Em sua tese, GODINHO (2004) exclui o princípio da Produção Puxada e inclui o capacitador que trata desse mesmo assunto que é a utilização de outro Sistema de Coordenação de Ordem. Assim age por acreditar que a lógica puxada ou empurrada

não é o que determina a responsividade de um sistema de produção. Por conseguinte, a escolha de um SCO é algo bastante complexo e envolve um número considerável de variáveis. GODINHO (2004), afirma que os SCOs mais adequados à MR são os sistemas que tenham potencial de trazer ganhos em relação ao tempo de resposta e que possuam características propícias a serem utilizadas em sistemas de produção com níveis de repetitividade adequadas à MR.

Portanto, fazem parte da proposta de GODINHO (2004) para a MR seis princípios e os capacitadores relacionados a cada princípio.

Na tabela 3.1 abaixo, estão os seis princípios propostos por Godinho e os capacitadores relacionados a cada princípio por ele sugerido.

TABELA 3.1 – Relação dos Princípios e Capacitadores para implantação MR

Princípios propostos para a MR	Capacitadores indicados
Simplificar ao máximo o fluxo de materiais	PFA (Production Flow Analysis)
Subdividir os processos em unidades produtivas de acordo com tipos de <i>lay-outs</i>	<i>Lay-outs</i> celular (com padrão de fluxo <i>flow shop</i> ou <i>job shop</i>) e funcional (pequenos <i>job shops</i>)
Classificar as unidades produtivas	Sistema de classificação de sistemas de produção (MACCARTHY & FERNANDES, 2000)/ sistemas de produção preferencialmente semi repetitivos, porém em alguns casos também sistemas repetitivos e não repetitivos são possíveis/ estratégias de resposta à demanda <i>make to stock</i> , <i>assembly to order</i> e <i>make to order</i>
Escolher os sistemas de Coordenação de Ordens (SCOs) de Produção e Compra mais adequados para cada unidade produtiva	Processo de escolha dos SCOs (entre os seguintes: CONWIP H, OPT, PBC e Polca) baseado em MACCARTHY & FERNANDES (2002)
Escolher, se necessário, um sistema de programação da produção com capacidade finita para complementar o SCO	Literatura sobre sistemas de programação da produção e sobre toda a MR
Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos	Gráficos que relacionam efeitos da velocidade nas taxas de refugo

Fonte: GODINHO (2004)

Breve explicação sobre os princípios e seus capacitadores mostrados pela tabela 3.1 está apresentada abaixo.

Primeiro Princípio: Simplificar ao máximo o fluxo de materiais.

Acredita-se que a simplificação do fluxo de materiais no chão-de-fábrica é extremamente favorável à redução do tempo de resposta do sistema de produção, redução que enseja maior pontualidade nas entregas. E o modo mais eficaz de conseguir esta simplificação é a utilização do *lay-out* em grupo (celular), o qual divide todos os componentes em famílias e todas as máquinas em grupos, de sorte que todos os

elementos de uma família são processados num único grupo de máquinas. Esse grupo recebe o nome de célula.

Para formar o *lay-out* celular, GODINHO (2004) sugere utilização do método de *Production Flow Analysis* (PFA), também indicado por BURBIDGE (1996a) como o melhor método.

Desenvolvido por Burbidge na década de 60, O PFA consiste em cinco subtécnicas sucessivas, como descritas abaixo:

- Primeira subtécnica: (CFA – *Company Flow Analysis*): Simplificação dos fluxos entre fábricas ou divisões. Para encontrar a melhor divisão de cada fábrica dentro de departamentos baseados na organização por produto.

- Segunda subtécnica: (FFA – *Factory Flow Analysis*): Simplificação dos fluxos de materiais.

- Terceira subtécnica: (GA – *Group Analysis*): Divisão de departamentos em Grupo.

- Quarta subtécnica: (LA – *Line Analysis*): Estudo dos materiais entre os centros de trabalho por meio da análise de linha.

- Quinta subtécnica: (TA – *Tool Analysis*): Análise Ferramental, utilizada para encontrar famílias de ferramentas, com objetivo de planejar o seqüenciamento das operações e conjuntos de partes aptas à automação. (BURBIDGE, 1996a)

Segundo Princípio: Subdividir o processo em unidades produtivas de acordo com os tipos de *lay-outs*.

Com aplicação do primeiro princípio, criam-se *lay-outs* celulares; porém, em alguns casos mais complicados, necessita-se utilizar os *lay-outs* funcionais. Esses *lay-outs* são divididos em três distintos fluxos de produção, chamados de unidade produtiva:

- Unidade produtiva do tipo 1 - Células com padrão de fluxo *flow shop* (mesmo roteiro para todos os itens produzidos na célula)– *lay-out celular*;

- Unidade produtiva do tipo 2 – Células com padrão de fluxo *job shop* (fluxos apresentando contra-fluxo) – *lay-out celular*;

- Unidade produtiva do tipo 3 - Pequenos *job shop* – *lay-out funcional*.

Terceiro princípio: Classificar as unidades produtivas.

MACCARTHY & FERNANDES (2000), desenvolveram metodologia bastante detalhada para classificação de sistemas de produção, segundo a qual a principal variável é o nível de repetitividade do sistema de produção.

De acordo com esse terceiro princípio, já definidas as unidades produtivas (princípio anterior), deve-se utilizar o sistema de MACCARTHY & FERNANDES (2000) para classificar as unidades produtivas conforme o nível de repetitividade; É muito provável que:

- unidades produtivas do tipo 1 correspondam aos sistemas repetitivos
- unidades produtivas do tipo 2 correspondam aos sistemas semi-repetitivos
- unidades produtivas do tipo 3 correspondam aos sistemas não repetitivos.

Por essa classificação verifica-se que a MR contém os três sistemas, com maior predominância do sistema semi-repetitivo, dada sua significativa variedade de produtos.

O sistema de classificação de MACCARTHY & FERNANDES (2000) considera as seguintes variáveis envolvidas: (1) tamanho da empresa; (2) tempo de resposta; (3) nível de automação; (4) nível de repetitividade; (5) estrutura do produto; (6) nível de customização; (7) número de produtos; (8) tipos de *lay-out*; (9) tipos de estoque, (10) tipos de fluxo; (11) tipos de montagem e (12) tipos de organização do trabalho.

A tabela 3.2 mostra bem todas essas variáveis e os atributos que cada uma pode assumir dentro de suas características.

TABELA 3.2 – Atributos possíveis das variáveis do sistema de classificação.

CARACTERIZAÇÃO GERAL	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO
<ul style="list-style-type: none"> Tamanho da Organização <p>(L) => grande número de funcionários; (M) => médio número de funcionários ; (S) => pequeno número de funcionários.</p> <ul style="list-style-type: none"> Tempo de Resposta <p>(SL + PL + DL) => se o sistema produz para ordem (DLa (P%)) => se o sistema produz para estoque com um nível de serviço igual a P% (DLb (P%)) => se o sistema não produz (somente compra, estoca, vende e entrega o item) e o nível de serviço é igual a P% (PL + DL) => se o sistema produz para ordem mas mantém estoque de matéria prima (SL + DL) => se o sistema não produz mas vende para ordem</p> <ul style="list-style-type: none"> Nível de Repetitividade <p>(PC): sistema contínuo puro. (SC): sistema semi – contínuo: cada unidade de processo é contínuo puro e há combinações das rotas entre os diferentes processos. Esse processo é conhecido como sistema de produção de batelada. (MP): produção em massa . Maioria dos itens são repetitivos. (RP) : Sistema de produção repetitivo. Se pelo menos 75% dos itens são repetitivos, nesse caso a indústria metal/mecânica é um típico RP. (SR) : Sistema de produção semi- repetitivo. É considerado assim se um número considerável de peças repetitiva e não repetitiva, (NR) : Sistema de produção não repetitivo. A maioria dos itens são não repetitivos. (LP): Grandes Projetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nível de Automação <p>(N): automação normal: compreende todo tipo de mecanização onde o ser humano tem um alto grau de participação na operação ou nível de execução. (F): automação flexível: tem, na operação ou nível de execução, o controle por computador no papel principal, trabalhando em rede com controle numérico, normalmente com alguma forma de tecnologia FMS. (R): automação rígida: é o tipo encontrado em linhas de transferência com equipamento altamente especializado e dedicado. (M): automação mista: ocorre onde o sistema de produção processa unidades com diferentes níveis de automação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de lay-out <p>(S): estação de trabalho simples (P): lay-out por produto. (F): lay-out funcional ou lay-out por processo. (G): lay-out por grupo. (FP): lay-out por posição fixada: os recursos (homens, equipamentos) movem-se e não o produto.</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipos de estoques de segurança <p>(1): estoques antes do primeiro estágio de produção. (2): estoques intermediários entre os estágios de produção. (3): estoques depois do último estágio de produção.</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipos de fluxo <p>(F1): estágio simples, por exemplo, uma máquina no centro. (F2): estágio simples com máquinas idênticas em paralelo. (F3): estágio simples com máquinas não idênticas em paralelo. (F4): processo multi-estágios unidirecional, por exemplo, o clássico sistema flow-shop. (F5): processo multi-estágios unidirecional, que permite que estágios sejam pulados (overflow) . (F6): processo multi-estágios unidirecional, com máquinas iguais em paralelo. (F7): processo multi-estágios unidirecional com máquinas idênticas em paralelo mas permitindo que estágios sejam pulados (overflow). (F8): processo multi-estágios unidirecional com máquinas não idênticas em paralelo. (F9): processo multi-estágios unidirecional com máquinas não idênticas em paralelo, permitindo que estágios sejam pulados (overflow). (F10): processo multi-estágios multi-direcional, por exemplo, o clássico sistema job-shop. (F11): processo multi-estágios multi-direcional com máquinas idênticas em paralelo. (F12): processo multi-estágios multi-direcional com máquinas não idênticas em paralelo.</p>
CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO	CARACTERIZAÇÃO DA MONTAGEM
<ul style="list-style-type: none"> Estrutura do produto <p>(SL): nível simples de produtos que não requerem montagem. (ML): nível de multi-produtos que requerem montagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nível de Customização <p>(1): produtos customizados, quando os clientes definem todos os parâmetros de design do produto. (2): produtos semi-customizados, quando os clientes definem parte do design do produto. (3): customização “mushroom”, há um número de componentes ou módulos padrões que são combinados de várias formas nos estágios finais do sistema de produção com poucas operações adicionais. (4): produto padrão, quando os clientes não interferem no design do produto.</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de produtos <p>(S): para um simples produto. (M): para múltiplos produtos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de Montagem <p>(A1): Mista (ingredientes químicos, por exemplo). (A2): Montagem de um grande projeto (A3): Montagem de produtos pesados (A4): Montagem de produtos leves (equipamentos médicos) em um posto de trabalho ou em um conjunto de postos de trabalho paralelos. (A5): Linha de montagem ritmada, onde a linha nunca pára. (A6): Linha de montagem ritmada, onde a linha para por um número de unidades de tempo (A7): Linha de montagem semi-ritmada, onde a linha não pára (A8): Linha de montagem não ritmada do tipo I (A9): Linha de montagem não ritmada do tipo II</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipos de organização do trabalho <p>(I): Trabalhadores individuais (T): Times de trabalho (G): Grupos de trabalho</p>

Fonte: MACCARTHY & FERNANDES (2000).

O processo de escolha pode ser feito com base na tabela 3.3 proposta em MACCARTHY & FERNANDES (2000).

TABELA 3.3 – As variáveis e a escolha de um sistema de PCP.

Nível de repetitividade dos sistemas de produção							
Outras variáveis	Contínuo puro	Semi contínuo	Produção em massa	Repetitivo	Semi repetitivo	Não repetitivo	Grandes projetos
Tamanho da empresa	Para todos os níveis de repetitividade, quanto maior a empresa mais complexas são as atividades de PCP						
Tempo de resposta	DL (a-P%)	DL (a-P%)	DL (a-P%)	DL (a-P%)	PL+DL	PL+DL ou SL+PL+DL	SL+PL+DL
Nível de automação	Rígido	Rígido	Rígido	Normal ou Flexível	Normal ou Flexível	Normal ou Flexível	Normal
Estrutura dos produtos	Para todos os níveis de repetitividade, as atividades de PCP para múltiplos níveis de produtos são muito mais complexas do que para produtos de nível único						
Nível de customização	Produtos Padronizados	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	<i>Mushroom</i> ou semi customizados	Customizado ou semi customizado	Customizado
Número de produtos	Para todos os níveis de repetitividade, as atividades de PCP para grande variedade de produtos são muito mais complexas do que para produtos únicos						
Tipos de layout	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> em grupo	<i>Layout</i> em grupo	<i>Layout</i> funcional	<i>Layout</i> de posições fixas
Tipos de estoques de segurança	(1) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) ou (1)	(1), (2) ou (2)	sem estoque de segurança
Tipos de montagem	(A1) ou desmontagem	(A1) ou desmontagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A7) ou (A8) ou (A7) ou não montagem	(A3) ou (A4) ou não montagem	(A2)
Tipos de organização do trabalho	Se existe montagem, o tipo de organização do trabalho tem um impacto direto na maneira a qual será feito o balanceamento do trabalho na montagem						
Sistemas de Coordenação de Ordens (o âmbito dos sistemas de PCP)	Uma planilha para controlar a taxa de fluxo	Uma planilha para programar o trabalho	<i>Kanban</i>	<i>Kanban</i> ou <i>PBC</i>	<i>PBC</i> ou <i>OPT</i>	<i>MRP</i>	<i>PERT/CPM</i>

Fonte: MACCARTHY & FERNANDES (2000)

Quarto princípio: Escolher os sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCOs) mais adequados para cada unidade produtiva.

Segundo GODINHO (2004), este é o princípio mais importante para a obtenção da responsividade no sistema de produção. Os SCOs ideais para a MR são os adequados para trabalhar com sistemas de produção repetitivos, semi-repetitivos e não repetitivos, sistemas esses que tenham o potencial de trazer ganhos em relação ao tempo de resposta da empresa.

Levando em consideração as especificidades da Manufatura Responsiva, tem-se que:

- Os sistemas repetitivos (provavelmente células de manufatura com padrão de fluxo *flowshop*) podem ser controlados pelo CONWIP H ou PBC;
- Os sistemas semi-repetitivos (provavelmente células de manufatura com padrão de fluxo *jobshop*) podem ser controlados pelo PBC ou OPT, Acrescenta neste ponto também o POLCA.
- Os sistemas não-repetitivos (provavelmente sistemas *jobshop*) podem ser convenientemente controlados pelo MRP.

Descrições desses sistemas podem ser encontradas em FERNANDES (2003); (CONWIP H, PBC, OPT), SPEARMAN et al. (1990); (CONWIP H), DURI et al. (2000); (CONWIP H), FRAMINAN et al. (2003); (CONWIP H); MELETON (1986); (OPT), CORRÊA & GIANESI (1996); (OPT), SURI (1998); (Polca). Em particular, dada sua importância para este trabalho, o sistema PBC está descrito na seção 4.5.

Quinto princípio: Escolher, se necessário, um sistema de programação da produção com capacidade finita para completar o SCO.

No contexto da MR, é necessária a utilização de sistema de programação da produção que forneça à empresa benefícios quanto ao objetivo tempo. Vários *software* estão disponíveis no mercado contendo esses sistemas. PEDROSO & CORRÊA (1996) identificaram os principais sistemas de programação finita comercialmente disponíveis no Brasil. PACHECO & SANTORO (2001) e GODINHO (2004) são autores que colaboraram para auxílio da escolha do sistema de programação finita com pesquisas e proposta de metodologia.

Os métodos mais utilizados para MR são os baseados em regras de liberação e em heurísticas matemáticas.

Sexto princípio: Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos.

Um dos principais componentes da responsividade é a velocidade, tanto de entrega quanto de produção. O grande obstáculo consiste em conciliar velocidade com qualidade. GODINHO (2001) mostra em seu trabalho que a redução de *takt time* (aumentos na taxa de produção) levam a aumentos consideráveis nas taxas de refugo dos sistemas de produção.

Devem-se utilizar gráficos para acompanhar o efeito da velocidade na taxa de refugo e dimensionar a velocidade das máquinas, a fim de que os níveis de refugo se mantenham baixos.

Estes 6 princípios foram estudados e adaptados nesta pesquisa ao aplicar-se a uma empresa industrial de calçados. As ferramentas utilizadas como novos capacitadores na adaptação estão apresentadas no próximo capítulo. A seguir destaca-se a importância de planejamento e controle da produção na Manufatura Responsiva.

3.3 A importância do Planejamento e Controle da Produção (PCP) na Manufatura Responsiva

Planejamento e Controle da Produção (PCP) podem ser conceituados como conjunto de atividades gerenciais a ser executado, para que se concretize a produção de uma mercadoria (PIRES, 1995).

Para VOLLMAN *et al.* (1997), um sistema de PCP fornece informações para gerenciamento eficiente do fluxo de materiais, utilização eficaz de recursos, coordenação interna das atividades com fornecedores e comunicação com os clientes sobre os requisitos de mercado.

Segundo TAHARA (1995), o PCP é a base para controle industrial, já que inter-relaciona atividades de planejamento, controle e direção do processo produtivo e coordena-o com os demais setores administrativos da empresa, de maneira a reduzir os custos de produção e prazos de entrega, permitindo desenvolvimento da empresa em busca da competitividade.

As atividades do Planejamento e Controle da Produção, de acordo com CORREA *et al.* (2001), envolve uma série de decisões com objetivo de definir o que, quando e quanto produzir e comprar, além dos recursos a serem utilizados. A figura 3.2 proposta por FERNANDES (2003) mostra a estrutura hierárquica dessas decisões .

que produzir, comprar e entregar; quanto produzir, comprar e entregar; quando produzir, comprar e entregar; quem e/ou onde e/ou como produzir. De acordo com RESENDE (1989), essas intenções possibilitam às empresas vislumbrar as dimensões de seus negócios e o dimensionamento de suas capacidades. Para isso a utilização de predições e previsões é muito importante.

Já o controle da produção, segundo FERNANDES (2003), pode ser definido como atividade gerencial que toma, no curto prazo, decisões para execução de forma a regular, coordenar e dirigir o fluxo de materiais e assim obter os produtos desejados, nos momentos desejados, nas quantidades desejadas. Outros elementos importantes no controle da produção são o monitoramento, a comparação (real versus programado ou esperado) e a realimentação (*feedback*).

FERNANDES & SANTORO (2005), em seu artigo, propõem modelo que sugere o grau de prioridade que a empresa deve dar à sua função PCP. Tal prioridade depende das variáveis do sistema de produção, como repetitividade, que é função da variedade e do volume de produção; a variável tempo de resposta; a de complexidade da estrutura do produto; a de competitividade no mercado e a de restrições tecnológicas. Outro modelo sugerido por este mesmo artigo diz respeito ao foco decisório que deve ter o PCP; ao foco em planejamento, ao foco em programação ou ao foco em ambos. Se a empresa produz para estoque, o horizonte de planejamento deve ser a médio ou longo prazo. Portanto, deve haver foco em planejamento. Se a empresa produz sob encomenda, deve ter foco em programação. E se produz sob encomenda ou é muito alta a variedade de produtos finais ou importa insumos ou exporta parte significativa da sua produção, então deve ter foco tanto no planejamento quanto na programação.

Essa última característica de foco no planejamento e na programação é o que à empresa deve buscar para alcançar a Manufatura Responsiva.

MR com ausência do PCP não seria capaz de coordenar os processos produtivos em busca dos objetivos propostos por essa filosofia de trabalho, descrita na introdução deste capítulo. Algumas das ferramentas propostas por GODINHO (2004) e outras que serão introduzidas no próximo capítulo fazem parte do PCP, como, por exemplo, o Plano Mestre de Produção, e o PBC entre outros discutidos nesta dissertação.

Pode-se concluir que o PCP sempre estará inserido na Manufatura Responsiva; e, quanto mais adequadamente projetadas ou escolhidas e quanto mais bem executadas forem as atividades do PCP, melhores resultados serão alcançados.

4 FERRAMENTAS PARA CAPACITAR A INDÚSTRIA DE CALÇADOS RUMO À MANUFATURA RESPONSIVA

4.1 Introdução

Algumas das ferramentas apresentadas neste capítulo fazem parte do PCP e vão complementar princípios e capacitadores na adaptação da proposta de busca da Manufatura Responsiva, que será apresentada no próximo capítulo.

Essas ferramentas e teorias foram sendo acrescentadas na implantação da proposta de GODINHO (2004), tentando melhorar cada vez mais os resultados da empresa em busca da MR.

Breve revisão de cada ferramenta é exposta nas próximas seções e sua aplicação prática pode ser vista no capítulo 6.

4.2 Análise de Valor

A técnica de Análise de Valor / Engenharia de Valor (AV / EV), teve início na 2ª Guerra Mundial, quando o Governo dos Estados Unidos determinou que a disponibilidade das matérias-primas "nobres" - como níquel, cromo e platina, ficasse reservada à indústria bélica ou de interesse militar. Isto fez com que a indústria em geral sentisse necessidade de encontrar materiais alternativos para permanecer em funcionamento. Em 1947, Lawrence D. Miles utilizou a técnica de AV/EV na General Electric, para manter a empresa no período de guerra, dando origem a essa técnica (MARAMALDO, 1983).

De acordo com MILES (1962), o sistema AV/EV objetiva solucionar problemas mediante conjunto específico de técnicas, um corpo de conhecimento e um grupo de pessoas especializadas, com enfoque criativo e organizado. Seu propósito são a identificação e a remoção de custos desnecessários.

Para ABRAMCZUK (1991), AV é técnica criativa, pela qual se faz possível identificar as funções de um objeto e determinar os custos desnecessários associados a essas funções, com finalidade de redução dos custos ou revalorização das funções.

MARAMALDO (1983) complementa: AV consiste em exame minucioso de um objeto, seja ele produto ou serviço, no que diz respeito à função que exerce, tudo com objetivo de redução dos custos e aumento de produtividade, sempre preservando a qualidade.

A análise do valor (AV) incide sobre produtos já existentes, em fase de produção, ao passo que a engenharia do valor (EV) alcança projetos e produtos em fase de desenvolvimento. BASSO (1991) argumenta que AV/EV aplicam-se em todas as fases do ciclo do produto e que melhores resultados são obtidos quando a metodologia foca a produtos novos já na fase introdutória, onde os custos de mudanças são menores e o potencial dos resultados é bastante alto.

O conteúdo base de qualquer aplicação da técnica de AV/EV envolve três etapas distintas: estabelecimento das funções, avaliação da função por comparação e desenvolvimento de alternativas para o valor (BASSO, 1991).

- Estabelecimento das funções: nessa etapa cumpre descrever e classificar as funções. A primeira classe denomina-se: funcional – ligada ao desempenho. A segunda, estética – ligada a vendabilidade. A terceira de troca – ligada à soma dos dois anteriores.

- Avaliação da função por comparação; devem-se comparar as funções de acordo com a classificação a seguir:

Função básica, quando o item foi projetado com finalidade específica.

Função secundária, quando complementa a função básica.

Função não-necessária, quando não interfere em nenhuma das funções anteriores, podendo ser eliminada.

- Desenvolvimento de alternativas para o valor; estabelecer recursos alternativos para as funções, a fim de reduzir custos.

Aspecto importante a ser considerado no estudo de AV/EV refere-se à fase de produção em que convém aplicá-lo. De acordo com BASSO (1991), ideal seria a utilização de 50% dos esforços despendidos em EV aplicados na fase do projeto do produto, 40% na fase de preparação para a produção e, finalmente, 10% na própria produção.

A Análise de valor será utilizada como capacitador na adaptação apresentada no capítulo 4.

4.3 Programa Mestre de Produção (MPS)

O programa mestre de produção, segundo CORREA & GIANESI (1996), indica quais produtos finais deverão ser produzidos, em quais quantidades numa série de períodos.

SILVA (2002a), STEVENSON (2001) e HEIZER & RENDER (2001) afirmam que MPS mais eficientes podem ser alcançados por meio da colaboração das funções: (1) produção, (2) vendas e (3) compras, pois MPS representa autorização para produção em harmonia com vendas, capacidade de produção e suprimentos, de modo que satisfaça os objetivos estratégicos da produção.

BERRY et al. (1979) mencionam que o MPS dirige todo o Sistema de Manufatura, coordenando todas as seqüências de atividades. O MPS deve ser claramente definido na organização, para fácil interação com os outros setores.

Vários artigos foram encontrados sobre elaboração do programa-mestre de produção, tais como: GUNDOGAR (1999), VENKATARAMAN & NATHAN (1994), LAMOURI & THOMAS (2000), HILL et al. (2000).

GUNDOGAR (1999) sugere sistema para atualizar automaticamente o MPS de manufatura de componentes eletrônicos. O sistema auxilia a remoção dos erros de previsão de demanda, providência que tem finalidade de evitar rejeição de pedidos de clientes.

VENKATARAMAN & NATHAN (1994) propõem modelo para elaboração de MPS acerca de várias linhas de produção com um mínimo tamanho de lote.

LAMOURI & THOMAS (2000) aplicam o conceito de MPS em dois níveis, para empresas que querem diversificar seus produtos através de módulos. Como exemplo, numa fábrica de transformadores seus produtos podem ter a mesma estrutura (corpo), mas a voltagem que cada transformador gera é diferente, com isso, ela pode fabricar o corpo num nível de MPS, e no outro nível deve tomar a decisão de qual será a voltagem do transformador a ser fabricado.

HILL et al. (2000) mostram como obter melhorias no MPS em indústrias de processos dependentes, utilizando também dois níveis de MPS.

SILVA (2002a) propõe uma heurística para resolver o MPS no ambiente da indústria de calçados que opera sob encomenda. É apresentada em seguida e foi utilizada na pesquisa-ação.

4.3.1 Heurística Para Elaborar O MPS proposta por SILVA (2002a)

Essa heurística busca elaborar o MPS, considerando como critério principal atender aos prazos de entrega e, como critério secundário, balancear a capacidade utilizada de produção entre os setores transformadores (corte, pesponto e montagem); isso além de verificar a disponibilidade dos materiais que possuem *lead-time* maior que o período de suprimentos e, portanto, não são controlados pelo PBC.

Para se utilizar a heurística, há necessidade de se calcular (Passo 1) previamente um índice de prioridades dos pedidos em carteira, denominado K_i : A função de K_i é dada pela seguinte fórmula:

$$K_i = (PPRC_i + PC_i + SA_i)$$

Onde:

$PPRC_i$ = Peso do pedido i relacionado à razão crítica do pedido i .

PC_i = Importância do cliente do pedido i .

SA_i = Sinalizador de atraso.

Para se achar o valor de $PPRC_i$ primeiramente deve ser calculada a razão crítica (RC_i).

$$RC_i = \frac{\text{Data prometida} - \text{Data atual}}{\text{Lead-time suprimentos} + \text{Lead-time produção} + \text{Lead-time de distribuição}}$$

Em seguida devem ser organizados os pedidos numa lista em ordem decrescente de RC . Depois aloca-se o peso conforme a posição que ele ocupa na lista, de forma que o primeiro da lista recebe o valor do peso igual a 100 e para cada valor diferente de RC acrescentam-se 100 ao peso.

Outro peso adicional para dar prioridade ao pedido é a importância do cliente (PC_i), que é classificada pelos seguintes tipos:

Cliente tipo especial – Peso igual a 20.

Cliente tipo normal – Peso igual a 10

Cliente pouco importante – Peso igual a 0.

O sinal de atraso do pedido (SA_i), serve para informar se o pedido está atrasado. Nesse caso se utiliza também o RC para indicar o SA. Os pedidos com $RC \leq 1$ recebem SA igual a 1 e, para os demais valores de RC, o SA é igual a 0.

Depois de calculado o índice de K_i para cada pedido em carteira, cria-se lista de pedidos em ordem decrescente do K_i . O próximo passo (passo 2) da heurística é alocar os pedidos que possuem maior K_i visando balancear a utilização da capacidade entre os setores transformadores, respeitando as restrições de disponibilidade de material.

Os valores percentuais de utilização de capacidade são calculados conforme os tempos-padrões das operações de cada setor.

O balanceamento da utilização da capacidade entre os setores transformadores é buscado da seguinte maneira, conforme SILVA (2002a):

- Os pedidos com o mesmo K_i são subdivididos em grupos, consoante a utilização da capacidade. O grupo 0 é formado por pedidos que utilizam o mesmo percentual de utilização da capacidade em todos os setores transformadores. O grupo 1 é composto pelos pedidos que utilizam mais capacidade de produção no setor transformador 1 (Corte). O grupo 2 é formado por pedidos que utilizam mais capacidade no setor transformador 2 (pesponto) e assim por diante (Passo 3);
- Para cada período, ou melhor a cada ciclo, como será explicado no parágrafo anterior a tabela 4.5, se existe disponibilidade de capacidade (em porcentagem) então ocorre à alocação de um pedido e a atualização da disponibilidade de capacidade (Passo 4);
- A alocação do pedido baseia-se na disponibilidade da capacidade em porcentagem. Por exemplo, será alocado um pedido do grupo 3 se a maior disponibilidade for no setor transformador 3 (montagem). Isto, sempre respeitando a disponibilidade de material e de capacidade (a disponibilidade da capacidade não pode ficar negativa) (Passo 5);

- Quando o grupo de pedidos, com maior disponibilidade da capacidade, estiver vazio, passa-se para o segundo grupo com maior disponibilidade, e assim por diante (Passo 6);
- Quando um pedido não puder ser alocado no ciclo vigente devido à falta de material, este será retirado da lista e entrará em relatório de falhas do sistema de controle de estoques (Passo 7);
- Quando um pedido não puder ser alocado no ciclo vigente devido à falta de capacidade, deve ter início a alocação ao novo ciclo (Passo 8);
- Caso o novo ciclo seja maior que o horizonte de programação determinado, deve-se parar (Passo 9);
- Antes de se alocar qualquer pedido ao ciclo vigente, deve-se verificar se o pedido cabe num ciclo anterior. Caso caiba, este deverá ser alocado (Passo 10).

Esta heurística foi implementada num Software denominado Prodcap. Será utilizada neste trabalho como capacitador para elaboração do Programa Mestre de Produção.

Para facilitar compreensão da heurística, a seguir será resolvido um exemplo simples com dez (10) pedidos, de acordo com a tabela 4.1. Nesse exemplo está considerada a data atual de 15 de novembro; o valor de *lead-time* de suprimentos é igual a 0 (considerando que toda a matéria-prima encontra-se em estoque); o *lead-time* de produção corresponde a 5 dias; e o *lead-time* de distribuição varia de acordo com a localidade - unidade federativa (UF), como na tabela 4.2.

TABELA 4.1 – Lista de pedidos com dados necessários para o cálculo do RC_i .

Pedido	UF	Data prometida	Classificação do Cliente
1	SP	25/nov	N
2	PR	23/nov	E
3	SP	25/nov	N
4	BA	27/nov	P
5	SP	25/nov	N
6	BA	26/nov	N
7	PR	25/nov	N
8	SP	22/nov	N
9	SP	26/nov	P
10	BA	25/nov	E

TABELA 4.2 – *Lead-time* de distribuição de acordo com a localidade (UF).

UF	VALORES DE <i>LEAD-TIME</i> DE DISTRIBUIÇÃO (EM DIAS)
SP	2
PR	3
BA	5

Primeiramente, calcula-se o K_i de cada pedido, mas para isso é necessário encontrar os valores de $PPRC_i$, PC_i e SA_i como demonstrado a seguir na tabela 4.3:

TABELA 4.3 – Valores de RC_i , $PPRC_i$, PC_i , SA_i e K_i para cada pedido.

Pedido	RC_i	$PPRC_i$	PC_i	SA_i	K_i
9	1,428571	100	0	0	100
1	1,285714	200	10	0	210
3	1,285714	200	10	0	210
5	1,285714	200	10	0	210
7	1,125	300	10	0	310
4	1,1	400	0	0	400
6	1	500	10	1	511
10	0,9	600	20	1	621
2	0,875	700	20	1	721
8	0,857143	800	10	1	811

Encontrados os valores de K_i , faz-se lista com os pedidos em ordem decrescente de K_i (tabela 4.4) e as respectivas taxas de utilização das capacidades (passo 2).

TABELA 4.4 – Pedidos organizados pelos valores; taxas de utilização de capacidades.

Pedido	K_i	Utilização da Capacidade no Setor 1 (Corte)	Utilização da Capacidade no Setor 2 (Pespointo)	Utilização da Capacidade no Setor 3 (Montagem)
8	811	30,00%	15,00%	25,00%
2	721	15,00%	30,00%	25,00%
10	621	25,00%	15,00%	15,00%
6	510	20,00%	30,00%	25,00%
4	400	30,00%	20,00%	20,00%
7	310	15,00%	15,00%	20,00%
1	210	25,00%	25,00%	25,00%
3	210	25,00%	30,00%	15,00%
5	210	5,00%	10,00%	20,00%
9	100	10,00%	10,00%	10,00%

Observando a tabela 4.4, notam-se diferentes valores de K_i para os pedidos 8, 2, 10, 6, 4 e 7; portanto estes devem ser alocados aos períodos individualmente, seguindo a ordem decrescente de K_i e atualizando a disponibilidade de capacidade a cada alocação de pedido (passo 4), conforme as tabelas 4.5 até 4.14.

Como o sistema que será usado é o PBC, há uma correspondência entre ciclo e períodos (veja figura 4.2 da seção 4.5). Pela figura, o MPS do ciclo 1 define a montagem do período 5, o pesponto do período 4 e o corte do período 3. Considerando que os pedidos já foram acumulados e o lead e o *lead-time* de suprimento é zero (existe estoque de matéria-prima), o MPS de ciclo 1 define a montagem do período 3, o pesponto do período 2 e o corte do período 1. O MPS do ciclo 2 define a montagem do período 4, o pesponto do período 3 e o corte do período 2.

TABELA 4.5 – Alocação do pedido 8.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	Pesponto	montagem	Corte	Pesponto	Montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Capacidade disponível	70,00%	85,00%	75,00%	100%	100%	100%

TABELA 4.6 – Alocação do pedido 2.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	Montagem	corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Capacidade Disponível	55,00%	55,00%	50,00%	100%	100%	100%

TABELA 4.7 – Alocação do pedido 10.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	Pesponto	Montagem	corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Capacidade Disponível	30,00%	40,00%	35,00%	100%	100%	100%

TABELA 4.8 – Alocação do pedido 6.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	Montagem	Corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Como o PMS do Ciclo 1 não tem disponibilidade de capacidade suficiente para alocar o pedido 4, este será alocado no próximo ciclo (passo 8).

TABELA 4.9 – Alocação do pedido 4.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	Montagem	corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	70,00%	80,00%	80,00%

TABELA 4.10 – Alocação do pedido 7.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	Montagem	corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Pedido 7	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	20,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	55,00%	65,00%	60,00%

Os pedidos 1, 3 e 5 possuem o mesmo valor de K_i ; portanto, foram alocados em grupos de acordo com a taxa de utilização da capacidade dos setores (passo

3). Dessa forma, o pedido 1 pertence ao grupo 0, o pedido 3 pertence ao grupo 2 e o pedido 5 pertence ao grupo 3.

Como o setor com maior disponibilidade de capacidade é o de Pesponto (setor 2), o pedido 3 será o próximo a ser alocado (passo 5).

TABELA 4.11 – Alocação do pedido 3.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	montagem	corte	Pesponto	Montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Pedido 7	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	20,00%
Pedido 3	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	30,00%	15,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	30,00%	35,00%	45,00%

O setor com maior disponibilidade de capacidade é o de Montagem (setor 3), e o pedido 5 pertence a este grupo (passo 5). Posteriormente o pedido 1 será alocado, já que é o único pedido com o mesmo valor de K_i .

TABELA 4.12 – Alocação do pedido 5.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	montagem	Corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Pedido 7	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	20,00%
Pedido 3	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	30,00%	15,00%
Pedido 5	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	10,00%	20,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	25,00%	25,00%	25,00%

TABELA 4.13 – Alocação do pedido 1.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	montagem	Corte	Pesponto	montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Pedido 7	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	20,00%
Pedido 3	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	30,00%	15,00%
Pedido 5	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	10,00%	20,00%
Pedido 1	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	25,00%	25,00%
Capacidade Disponível	10,00%	10,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%

O pedido 9 será alocado no ciclo 1, já que o ciclo 2 não possui mais capacidade disponível e o pedido pode ser alocado no período anterior (passo 10). Caso isso não fosse possível, o pedido seria alocado num próximo ciclo do MPS (ciclo 3).

TABELA 4.14 – Alocação do pedido 9.

	MPS do ciclo 1			MPS do ciclo 2		
	Corte	pesponto	montagem	corte	Pesponto	Montagem
Capacidade Inicial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Pedido 8	30,00%	15,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 2	15,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 10	25,00%	15,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 6	20,00%	30,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pedido 4	0,00%	0,00%	0,00%	30,00%	20,00%	20,00%
Pedido 7	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	20,00%
Pedido 1	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	25,00%	25,00%
Pedido 3	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	30,00%	15,00%
Pedido 5	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	10,00%	20,00%
Pedido 9	10,00%	10,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Capacidade Disponível	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Na tabela 4.14 é possível ver a utilização de 100% da Capacidade disponível quando os pedidos são alocados corretamente, conforme o modelo proposto.

4.4 Obtenção de tempos

Completando a proposta de Silva, apresentada na seção anterior, é necessário obter os tempos de cada operação para que se consigam o correto *lead-time*

de produção e a capacidade real para elaborar o MPS que alcance exatamente o máximo de aproveitamento dos setores produtivos.

Para tal existem 3 grandes métodos para obter tempos de operações: 1) Tempos cronometrados; 2) Tempos pré-determinados; 3) Amostragem do trabalho. A seguir, estes métodos serão apresentados e, na seção 3.5.4, serão escolhidos os métodos que melhor se enquadram ao trabalho proposto, após comparar a possível aplicação de cada um deles na indústria de calçados.

4.4.1 Tempos cronometrados

A cronometragem é o método mais empregado na indústria para medir o trabalho. Conforme BARNES (1963), os estudos de tempos tiveram início em 1881 na *Midvale Steel Company*, por Frederick W. Taylor.

Taylor contribuiu para as indústrias com a criação da Administração Científica e seus métodos de análise de tempos e movimentos, utilizados até os dias de hoje, como é o caso dos tempos cronometrados.

MARTINS & LAUGENI (2001) afirmam que as principais finalidades do estudo de tempos são:

- Estabelecer padrões para programas de produção.
- Fornecer dados para determinação dos custos padrões.
- Estimar o custo de um produto novo.
- Fornecer dados para o estudo de balanceamento de estruturas de produção.

Segundo STEVENSON (2001), o estudo cronométrico é utilizado para se chegar a um tempo padrão, baseado em observações sobre um trabalhador, feitas ao longo de uma série de ciclos. Esse padrão é, então, aplicado ao trabalho de todos os outros trabalhadores que executam a mesma função na empresa. Ciclo aqui tem conceito de repetição e não conceito de ciclo do sistema PBC.

Tempo-padrão é a quantidade de tempo que um trabalhador qualificado deveria levar para completar determinada função, trabalhando em ritmo sustentável, utilizando determinados métodos, ferramentas e equipamentos e determinadas matérias-primas, para uma configuração específica de ambiente de trabalho (STEVENSON,

2001). Outros autores também adotam essa definição. É o caso de MAYNARD (1970), MUNDEL (1978), MARTINS & LAUGENI (2001).

Os principais equipamentos utilizados para o estudo de tempos cronometrados são:

- Cronômetro de hora centesimal,
- Filmadora,
- Prancheta para observações,
- Folha de observações.

Os passos básicos para o estudo de tempo descrito por MARTINS & LAUGENI (2001) e STEVENSON (2001) são:

1. Definir o método da informação e dividir a operação em elementos;
2. Treinar o operador para que ele desenvolva o trabalho de acordo com o método estabelecido acima;
3. Definir o número de ciclos de observações;
4. Realizar as cronometragens e determinar o tempo médio;
5. Determinar a tolerância para a fadiga e as necessidades pessoais;
6. Determinar o tempo padrão da operação.

Definir o método da informação e dividir a operação em elementos. Os elementos de uma operação são as partes em que a operação pode ser dividida.

Essa divisão tem por principal finalidade a verificação do método de trabalho e deve ser compatível com a obtenção de medida precisa, tomando-se cuidado de não dividir a operação em muitos ou em demasiadamente poucos elementos.

Treinar o operador para que ele desenvolva o trabalho de acordo com o método estabelecido acima. Deve-se ensinar a maneira correta da operação, de acordo com o que foi estabelecido no primeiro passo, e comunicar ao operador que ele será observado, a fim de se obter o tempo-padrão.

Definir o número de ciclos de observações (cronometragem). Para se definir o número de ciclos é necessário efetuar cronometragem preliminar (cinco observações são, em geral, suficientes) para obter os dados necessários à determinação

dos ciclos. A maneira mais correta de determinar o número de ciclos é deduzida da expressão do intervalo de confiança de uma média de uma variável distribuída normalmente, resultando na expressão:

$$n = \left(\frac{zs}{e\bar{A}} \right)^2$$

Onde:

n = número de ciclos a serem cronometrados

z = coeficiente da distribuição normal para uma probabilidade determinada

s = Desvio-padrão da amostra

e = Percentual de precisão desejado

\bar{A} = média da amostra

Na prática, costuma-se utilizar probabilidades entre 90% e 95%, e a precisão desejada varia entre 5% e 10%. Na tabela 4.15 estão apresentados os valores típicos de coeficiente para distribuição normal.

TABELA 4.15 – Coeficiente para Distribuição Normal

Nível de Confiança Desejado (%)	Valor de Z
90	1,65
95	1,96
95,5	2,00
98	2,33
99	2,58

Fonte: STEVENSON (2001)

Realizar as cronometragens (n) e determinar o tempo médio (TM). Cronometram-se as “n” vezes determinada no cálculo dos ciclos e calcula-se a média das cronometragens para posteriormente obter-se o tempo padrão.

Determinar a tolerância para a fadiga e as necessidades pessoais. Não é possível esperar que a pessoa trabalhe o dia inteiro sem interrupções. Assim, devem ser

previstas interrupções no trabalho para que sejam atendidas as denominadas necessidades pessoais e para proporcionar descanso, aliviando os efeitos da fadiga no trabalho. Segundo BENJAMIN (1988), a tolerância de necessidades pessoais por um dia de trabalho de 8 horas está entre 10 a 25 minutos (5% aproximadamente). Já a fadiga no trabalho é proveniente não somente do trabalho realizado, mas também das condições ambientais do local de trabalho. Ambientes com excesso de ruído (mais de 80 dB), iluminação insuficiente (menos que 200 lux), condições de conforto térmico inadequado (temperatura ambiente fora da faixa de 20 a 24 graus Celsius e umidade relativa abaixo de 40% ou acima de 60%), vibrações, cores inadequadas das paredes e desrespeito à ergonomia nos postos de trabalho, entre outros, geram fadiga. Em função da intensidade dos diferentes fatores que dificultam o trabalho, existe muita diferença no tempo destinado ao descanso. As tolerâncias concedidas para a fadiga têm valor entre 10% (trabalho leve em bom ambiente) e 50% do tempo (trabalhos pesados em condições inadequadas).

MARTINS & LAUGENI (2001) adotam tolerância entre 15% e 20% do tempo para trabalhos normais realizados em ambiente normal, para empresas industriais, sendo fator de tolerância (FT) igual a 1,15 e 1,20.

Determinar o tempo padrão da operação. Para achar o tempo-padrão, algumas etapas devem ser cumpridas.

- Calcular a média das “n” cronometragens, obtendo o tempo médio (TM);
- Calcular o tempo normal (TN);
- Calcular o tempo padrão (TP).

Para calcular o TN deve-se usar a seguinte expressão:

$$TN = TM \times ID$$

Sendo:

TN = tempo normal

TM = Tempo médio

ID = Índice de desempenho

O motivo do cálculo do tempo normal é que o trabalhador em observação poderá estar trabalhando num ritmo diferente do ritmo “normal”, seja para reduzir

deliberadamente seu ritmo, seja porque seu desempenho natural difere do padrão. Por esse motivo, o observador estabelece índice de desempenho, ajustando os tempos observados a um ritmo “médio”. Considera-se normal um índice igual a 1,00. Índice de desempenho de 0,9 indica ritmo igual a 90% do normal, enquanto índice de 1,05 indica ritmo ligeiramente mais rápido que o normal.

No cálculo do TP, também se deve usar a expressão:

$$TP = TN \times FT$$

Sendo:

TP = Tempo Padrão

TN = Tempo Normal

FT = Fator Tolerância

Com o cálculo do Tempo-Padrão, é possível definir índices de mão-de-obra, volume de produção e quantidade de equipamentos.

4.4.2 Tempos Pré-determinados

O sistema de tempos pré-determinados constitui conjunto de técnicas avançadas que tem por objetivo definir o tempo necessário para executar diferentes operações, baseando-se em tempos previamente estabelecidos para os respectivos movimentos e não por observação e cronometragem direta (GINEBRA,1980).

BARNES (1977) afirma existirem diversos tipos de sistemas de tempos pré-determinados, mas poucos foram publicados. Na tabela 4.16 estão relacionados quatro sistemas foram difundidos e até hoje utilizados.

TABELA 4.16– Resumo de dados relativos a sistemas pré-determinados

Nome do Sistema	Data 1ª Aplicação	Primeira Publicação Descrevendo Sistema	Como foram obtidos os dados originais	Sistema desenvolvido por
Dados sintéticos para trabalho de montagem	1938	<i>Motion and Time Study</i> , 2º. ed., por Ralph M. Barnes, John Wiley and Sons, New York, 1940, Caps. 22 e 23	Estudo de tempos, filmagem de operações de fábrica, estudos de laboratório	Harold Engstrom, H.C. Seppinger e outros membros da fábrica de Bridgeport da General Electric Co.
Sistema Fator Trabalho	1938	<i>Motion-Time Standards</i> , por J.H. Quick, W.J. Shea e R.E.Koehler, <i>Factory Management and Maintenance. Vol. 103 n. 5 maio 1945, pp. 97 a 108</i>	Estudo de tempos, filmagens de operações de fábrica, estudo de movimentos com luz estroboscópica.	J.H. Quick W.J. Shea R.E.Koehler
Methods-time measurement (MTM)	1948	Methods-time measurement, por H.B. Maynard, G.J. Stegemerten e J.L. Schwab. McGraw-Hill Book Co., New York, 1948	Estudo de tempos, filmagens de operações de fábrica	H.B. Maynard G.J. Stegemerten J.L. Schwab.
Estudo de Tempos por Movimentos Básicos (BMT)	1950	Manuais por J.D. Woods & Gordon, Ltd. , Toronto, Canadá, 1950	Estudo de Laboratório	Ralph Presgrave G.B. Bailey J.A. Lowden

Fonte: BARNES (1977).

Adiante será feita breve descrição do funcionamento de cada um dos quatro sistemas citados na tabela 3.5. MEYERS (1999), citado em NOVASKI & SUGAI (2002), afirma que MTM é o sistema de tempos predeterminados de maior uso atualmente, devido ao grande número de associações espalhadas pelo mundo, todas difusoras da metodologia do sistema.

- Tempos Sintéticos para operações de montagem.

Tal sistema foi desenvolvido por Harold Engstrom e seus companheiros, quando ele era supervisor de estudos de movimentos na fábrica de *Bridgeport*, da *General Electric Company*. Projetado para estabelecimento de tempos-padrão em operações de montagem, na divisão de aparelhos eletrônicos, não se destina a aplicação universal, segundo BARNES (1977).

O primeiro passo é padronizar o arranjo físico do local de trabalho. O operador não pode ultrapassar 61 cm da borda da bancada ou dispositivo de trabalho. Essa é a base pela qual valores corretos para os tempos-padrão foram estabelecidos.

O funcionamento da metodologia é bem simples. Para se obter tempo-padrão de operação de montagem, o operador tem que obedecer a quatro etapas, a saber:

- 1 – Agarrar cada peça
- 2 – Colocá-la em sua posição certa em relação ao resto do conjunto
- 3 – Prender a peça
- 4 – Colocá-la de lado ao finalizar

Para cada etapa existe um padrão de tempo, mas algumas restrições devem ser levadas em consideração e para cada restrição existe tempo específico. Por exemplo, no agarrar, se a dimensão da peça for muito grande, o tempo da operação será bem maior do que seria se se tratasse de peça pequena. Então, para cada tipo de peça e operação existe tabela com tempo específico. Para se chegar ao tempo-padrão da montagem, devem-se somar os tempos das quatro etapas.

Sistema Fator-Trabalho

Desenvolvido por J.H. Quick e W.J. Shea, em 1938, foi um dos primeiros sistemas pré-determinados a obterem generalização. Foi concebido para estabelecer tempos-padrões de operações manuais, dependendo da natureza do trabalho (MUNDEL, 1978).

Primeiro passo do Fator-Trabalho é definir movimento básico da operação. A definição é esta: movimento que envolve a dificuldade ou a precisão mínima para dada distância e dada combinação de membros (BARNES, 1977).

Nos movimentos manuais do fator-trabalho existem quatro variáveis principais que afetam os tempos de execução: (1) membro do corpo; (2) distância percorrida; (3) controle manual; e (4) peso ou resistência.

Membro do corpo; o sistema reconhece seis membros e estabelece tempos para cada um deles (dedo ou mão, braço, antebraço, tronco, pé e perna).

Distância percorrida; para cada direção a que se voltar o membro do corpo, a distância deve ser medida.

Controle manual agrava a dificuldade em torno do movimento básico. Exemplo: mudança brusca de direção dos membros.

Peso e resistência também influenciam. Devem ser levados em consideração: a)- o membro do corpo; b)- o sexo do operador; c)- o peso das ferramentas ou peças utilizadas no trabalho.

Para cada movimento ou distância percorrida existe um padrão de tempo sintético definido; e, para se obter o tempo padrão de uma operação, devem-se analisar todas as restrições ou etapas da operação, consultar a tabela de tempos e definir o tempo-padrão. As tabelas completas de tempos sintéticos do fator trabalho podem ser encontradas em BARNES (1977).

Methods-time measurement (MTM)

O MTM foi desenvolvido por H.B. Maynard, G.J. Stegemerten e J.L. Schwab em 1948. A base desse sistema são os tempos e movimentos predeterminados.

Para MAYNARD et al (1948), o MTM analisa qualquer operação manual ou método em seus movimentos básicos e associa a cada movimento um padrão de tempo pré-determinado que é estipulado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais o movimento é realizado.

Com a informação do tempo-padrão para cada movimento, é possível determinar a capacidade de produção de máquina ou de linha de montagem. Avalia-se com maior precisão o espaço necessário e o número de pessoas a serem contratadas. NOVASKI & SUGAI (2002) falam que, para linha de produção já estabelecida, o MTM é útil ferramenta para diminuir a influência negativa das restrições na produção. O principal resultado consiste na eliminação dos desperdícios, com conseqüente diminuição dos custos de produção.

Existem hoje várias associações no mundo todo, como a “*US MTM Association*”, “*Deutsche MTM*” entre outras, na Europa e na Ásia. Trocam experiências e fiscalizam o ensino do Método MTM, seus princípios e seus padrões de aferição.

O MTM funciona da seguinte maneira: inicialmente identificam-se os micromovimentos que um operador executa em determinada operação. Para cada micromovimento foram determinados tempos em função da distância e da dificuldade do movimento, os quais se encontram em tabelas padrões. O tempo-padrão da operação é obtido somando-se os tempos de todos o micromovimentos.

Para se realizar estudo de MTM, são necessárias as seguintes etapas:

- Selecionar a operação a ser estudada.
- Desenvolver local de trabalho piloto e treinar um operador.
- Identificar todos os micromovimentos e caracterizá-los de acordo com a dificuldade.
- Medir as distâncias.
- Selecionar os valores de tempo nas tabelas respectivas.
- Obter o tempo-padrão

O Sistema de MTM estabelece oito classes de micromovimentos. Para cada classe existe uma tabela-padrão. As tabelas podem ser encontradas em MARTINS & LAUGENI (2001).

Os micromovimentos do MTM são:

Alcançar. Levar a mão em direção a um objeto. Há cinco sub-classes de alcançar: A, B, C, D e E.

Movimentar. Mover um objeto. Há três sub-classes de mover: A, B e C.

Girar. Girar a mão.

Agarrar. Agarrar um objeto.

Posicionar. Montar um objeto ou posicioná-lo.

Soltar. Soltar um objeto.

Desmontar. Desmontar um objeto.

Tempo para os olhos. Tempo para que os olhos se voltem a determinado ponto.

A unidade dos tempos para cada micromovimento é o TMU (time measurement unit), que vale 0,0006min, ou 0,00001h. Todas as tabelas são padronizadas em TMU e não em horas.

Estudo de Tempos por Movimentos Básicos (BMT)

(Desenvolvido por Ralph Presgrave, G.B. Bailey e outros membros da J.D. Woods de Toronto no Canadá em 1950.)

Define-se movimento básico como movimento único e completo de um membro do corpo. Movimento básico ocorre toda vez que um membro do corpo, estando em repouso, entra em movimento e volta à posição de repouso. BARNES (1977).

Existem cinco fatores que o sistema BMT leva em consideração:

- 1 – Distância percorrida
- 2 – Atenção visual necessária para completar-se o movimento
- 3 – Grau de precisão necessário para agarrar ou posicionar
- 4 – Força necessária no manuseio do peso
- 5 – Execução simultânea de dois movimentos

Para cada fator também existe uma tabela de tempo e, de acordo com a tarefa a ser executada, devem-se prever os movimentos básicos, descrevê-los, consultar os tempos na tabela e determinar o tempo-padrão.

4.4.3 Amostragem do trabalho.

A amostragem do trabalho, segundo STEVENSON (2001), é um método que permite estimar a proporção de tempo que um trabalhador ou máquina gasta em diversas atividades. Foi introduzida na indústria por Tippett em 1934, mas se generalizou a partir de 1950.

Hoje seu uso chega a ser maior do que o estudo de tempos com cronômetro, devido ao crescimento das indústrias de serviços e dos modernos pontos-de-vendas, como os hipermercados.

Diferente do estudo de tempos cronometrados, a amostragem do trabalho não requer cronometragem de atividade nem mesmo envolve observação contínua de atividade. Em vez disso, o pesquisador faz observações breves do trabalhador ou da máquina em intervalos aleatórios e simplesmente anota a natureza da atividade. Por exemplo, a máquina pode estar funcionando ou ociosa; a secretária pode estar digitando, trabalhando em arquivo, falando ao telefone ou realizando outras atividades. Os dados resultantes são contagens do número de vezes em que o pesquisador observou estados de atividade ou inatividade.

Amostragem do trabalho é ocasionalmente utilizada para estabelecer tempos-padrões. STEVENSON (2001) e MARTINS & LAUGENI (2001) adotam duas utilizações principais da Amostragem do Trabalho.

1- Estudos sobre índices de inatividade que, para um trabalhador, dizem respeito à proporção de seu tempo tomado por demoras inevitáveis; e para máquina, a proporção do tempo de ociosidade.

2- Análise de funções não-repetitivas. Num estudo de índices de inatividade, um administrador de hospital, por exemplo, poderia querer estimar a fração de tempo durante a qual determinado equipamento de *raio X* não está sendo utilizado. Em funções não-repetitivas, como as do trabalho de secretária, pode ser importante estabelecer o percentual do tempo que o funcionário gasta para execução das diversas tarefas.

A metodologia da Amostragem do trabalho é simples. Veja exemplo: para estimar o tempo de um grupo de trabalhadores em atividade ou em ociosidade durante o trabalho, lançam-se numa tabela (tabela 4.17) o número de cada ocorrência e suas respectivas porcentagens.

TABELA 4.17 – Marcação de observação de Amostragem do Trabalho

	Marcação	Total	%
Em atividade	/////.../////.../	96	88,9
Ocioso	////...////...///	12	11,1
Total		108	100,0

Fonte: MARTINS & LAUGENI (2001)

A porcentagem de marcas registradas nas classificações “Em atividade” ou “Ocioso” são estimativas das porcentagens reais do tempo em que o operador está em atividade ou não. Este é o fundamento da amostragem do trabalho.

Para MARTINS & LAUGENI (2001) o método da amostragem pode ainda ser usado para estudar: fluxo de materiais, problemas de interferências, distribuição de tarefas numa equipe de trabalho (de modo que haja equilíbrio entre os componentes) e diagnóstico de operações.

4.4.4 Definição de qual método será utilizado na indústria de calçado

Com relação à indústria de calçados, neste caso específico, objeto de estudo do presente trabalho, apresentado no capítulo 6, foi utilizada pluralidade de métodos de estudo de tempos, com finalidade de definir os tempos-padrões das operações.

Os métodos escolhidos foram os de Tempos Cronometrados e Tempos Predeterminados. O motivo da escolha é bastante interessante. A empresa, desde o

início de 1990, já analisava tempos e métodos por cronometragem em todas as operações dos principais setores da fábrica, e, desde 1996, passou a utilizar o tempo pré-determinado no setor de pesponto, em específico nas máquinas de pesponto.

Os próprios funcionários da empresa desenvolveram, através de inúmeras observações e cronometragens, uma tabela de tempos pré-determinados para o pesponto, a qual estipula tempo-padrão através da quantidade e tamanho dos pontos de costura. A tabela foi utilizada como capacitador para este trabalho.

Não foi possível enquadrar o padrão (utilizado pelo objeto de estudo) em nenhum sistema de tempo pré-determinado, pois o padrão adotado é muito específico. Propõe-se-lhe nova denominação: Estudos de tempos por movimentos específicos.

Para se empregar esse sistema, é necessária a padronização das máquinas, das respectivas velocidades e dos tamanhos dos pontos de costura.

A empresa adota hoje padrão de 3,5 ponto por centímetro e cada operadora tem uma régua para conferir, antes de iniciar o dia, se a máquina está regulada no padrão. A figura 4.1 mostra a régua padrão utilizada pelo objeto de estudo.

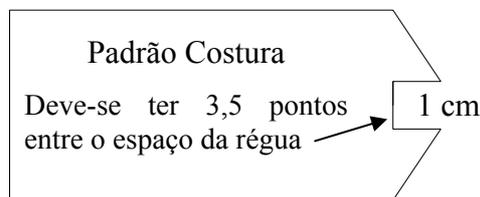


FIGURA 4.1 – Régua Padrão para medida da costura (tempo pré-determinado).

Os tempos sintéticos desenvolvidos pelo objeto de estudo são específicos para determinada marca de máquina de pesponto. Esse valor pode variar de acordo com o modelo e as características das máquinas. A tabela 4.18 mostra os tempos pré-determinados para a Máquina de Pesponto de 1 agulha marca Pfaffi, de triplo transporte.

TABELA 4.18 – Tempos pré-determinados - máquina 1 Agulha Pfaffi , triplo transporte

Pontos por centímetro	Tempo por centímetro
3,5	0,446 segundos

Achar o tempo-padrão da peça é muito simples: multiplica-se o tamanho da peça pelo tempo por centímetro, ou seja, uma peça de 40 cm possui tempo-padrão de 17,84 segundos.

Detalhe importante é que essa tabela funciona muito bem em peças simples e de fácil manuseio. Já as peças sobrepostas e o fechamento de sapatos devem ser cronometradas.

Em todas as outras etapas – a saber, no setor de corte, nas demais operações de pesponto, na colagem de peças e enfeites, na montagem – lançou-se mão dos tempos cronometrados como capacitador. Sempre foram respeitados os tempos de processo, condição de boa qualidade.

4.5 PBC (Period Batch Control)

PBC foi criado pelo consultor inglês chamado R. J. Gigli que, segundo FERNANDES (2003), adaptou sistemas semelhantes já existentes e usados na produção em massa, para a manufatura repetitiva. O PBC também pode ser usado na manufatura semi-repetitiva FERNANDES (1991) ; MACCARTHY & FERNANDES (2000).

BURBIDGE (1996b) afirma que PBC é sistema de coordenação de ordens do tipo “fluxo controlado”. Foi adotado na Segunda Guerra Mundial, na Inglaterra, para manufatura dos aviões *Spitfires*.

Para BURBIDGE (1994), o PBC é sistema de controle da produção *just-in-time*, de fluxo controlado e de ciclo único, visando produzir bens, somente quando possível transportá-los para os clientes. Por outro lado, o método determina que a empresa aceite materiais dos fornecedores só quando ela realmente necessitar. Caracteriza-se como sistema de ciclo único, porque todos os itens têm “emissão” de ordens num mesmo período; e de fase única, porque todos os itens são consumidos na mesma série de dias. Porém quando sua aplicação se dá na manufatura semi-repetitiva, eventualmente em um ou outro caso repetitivo, os itens programados em dois ciclos consecutivos dificilmente serão os mesmos, ou seja, o PBC nesse caso não é um sistema de ciclo único.

O funcionamento do PBC ocorre da seguinte maneira:

Define-se demanda de produtos finais no programa-mestre de produção (MPS) para todos os períodos de igual tamanho. Então, todos os componentes necessários para produzir os bens de determinado período do MPS são calculados com base na estrutura do produto.

Na segunda etapa, atribuem-se tempos para a (1) emissão das ordens mais a produção ou entrega de matérias-primas usadas no processamento; (2) processamento ou entrega de componentes; (3) montagem; e (4) vendas. Essa atribuição de tempos é repetida para todos os ciclos. Na figura 4.2 o esquema lógico do PBC é aplicado a um ambiente produtivo típico da indústria calçadista.

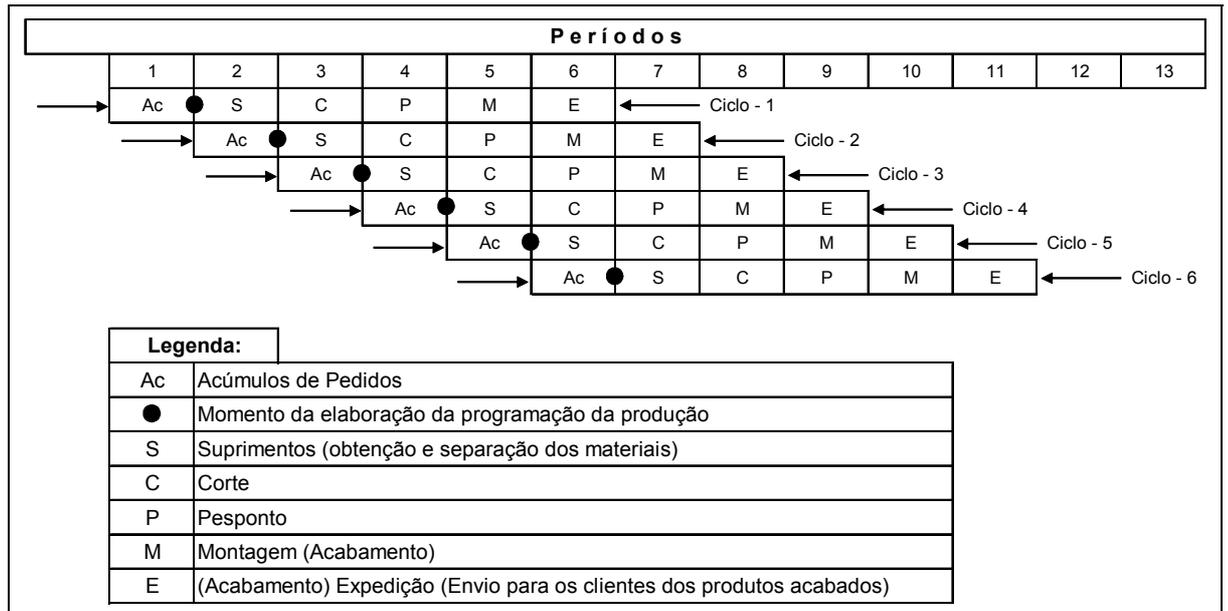


FIGURA 4.2 – Sistema de Coordenação de Ordens PBC aplicados a ambiente produtivo típico da indústria calçadista.

Pela figura 4.2, pode-se observar que:

Cada ciclo é composto por 6 estágios produtivos (Acúmulo de pedidos, suprimento, corte, pesponto, montagem / acabamento e acabamento / expedição).

No período 6 o processo produtivo estará:

Expedindo o que foi montado no período 5 (Completando um ciclo)

Montando o que foi pespontado no período 5

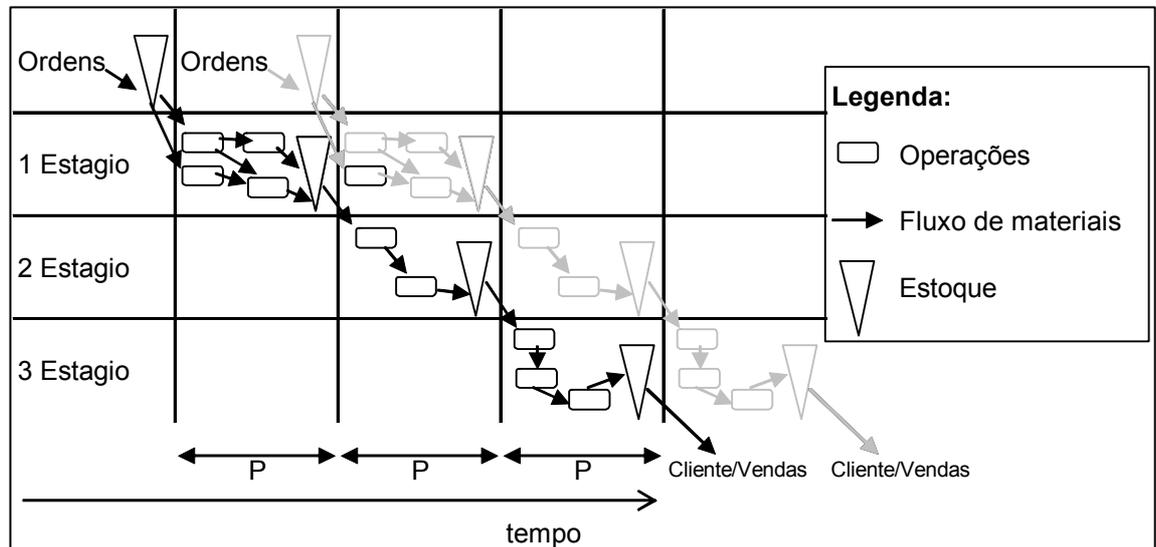
Pespontando o que foi cortado no período 5

Cortando os materiais que foram separados no período 5

Obtendo/ Separando os materiais que serão cortados no período 7

Acumulando novos pedidos que serão programados no ciclo 6 ou num ciclo posterior ao 6.

RIEZEBOS (2001), apresenta uma maneira gráfica interessante de compreender o PBC, conforme a figura 4.3.



Fonte: RIEZEBOS (2001).

FIGURA 4.3 – Operação do Sistema PBC.

A figura 4.3 mostra claramente que, para se iniciar o próximo estágio, é necessário que o processo do estágio anterior tenha terminado.

BURBIDGE (1975) destaca que o PBC de ciclos curtos faz o sistema tornar-se mais flexível às alterações do mercado. Porém, para reduzir os ciclos, é imprescindível planejar e definir todos os *lead-times* envolvidos no processo produtivo, de modo a acomodar todas as variações reais, tanto de componentes quanto dos produtos.

O sucesso da implantação do PBC requer algumas atenções, segundo BURBIDGE (1994).

- O tempo de processamento de todos os produtos deve ser menor que um período;
- O tempo de *set-up* deve ser reduzido, de modo que períodos mais curtos não prejudiquem a capacidade da fábrica;
- Os *lead-times* de compras devem ser menores que um período.

MACCARTHY & FERNANDES (2000), afirmam que o PBC é sistema destinado a linhas de produção repetitivas ou semi-repetitivas. Em certos casos semi-

repetitivos, é necessário usar o PBC modificado, proposto por FERNANDES (1991). O PBC também é muito recomendado por pesquisadores para ser aplicado na manufatura celular, como NEW (1997), SURESH (1979), BURBIDGE (1988), WEMMERLOV (1988), STEELE et al (1995), RIEZEBOS (2001), ZELENOVIC & TESIC (1988) entre outros.

BORGEN (1996) apresenta a implantação do sistema PBC numa gráfica de jornal; BURBIDGE & HALSALL (1994) apresentam vários ganhos na aplicação do PBC numa indústria de produtos tubulares automotivos.

No objeto de estudo, o PBC é utilizado com mais de quatro estágios, devido à grande variedade de operações que compõe a fabricação de calçados.

4.6 Seqüenciamento da Produção

A teoria de seqüenciamento e programação de operações é extremamente ampla. Milhares de artigos e algumas dezenas de livros abordam o tema em vários tipos de cenário. Para identificar os problemas de seqüenciamento, CONWAY et al. (1967), criou quatro parâmetros como sendo A / B / C / D, onde:

“A” – Descreve o processo de chegada de trabalho, tanto para situações dinâmicas como para estáticas. Nas situações dinâmicas, o “A” indica provável distribuição entre os tempos de chegada. No caso estático, especifica o numero de trabalhos. Quando o A é indicado por n , representa número arbitrário de tarefas, exceto quanto a situações estáticas. Quanto a essas, n significa número de tarefas finito.

“B” – Descreve o número de máquinas no sistema. O termo m representa um número arbitrário de máquinas.

“C” – Descreve o padrão de fluxo no sistema. Os principais símbolos são o F para *flow-shop*, G para *job-shop* e, R para modelos de fluxo completamente generalizado ou de fluxo arbitrário.

“D” – Descreve os critérios pelos quais o seqüenciamento evoluirá.

Como exemplo; o objeto de estudo tem a seguinte identificação:

$n / m / F' / (\text{Atender os Prazos})$ e (utilizar bem a capacidade dos setores produtivos)

A unidade produtiva do caso da pesquisa-ação é submetida ao sistema *flow-shop*, com máquinas em paralelo em algumas etapas do processo produtivo (veja seção 6.3.2.3), que denotamos por F’.

Existem dezenas de estudos e programação de operações com máquinas em paralelo; por exemplo: LINN & ZHANG (1999), MOCCELLIN & NAGANO (2000), BOTTA-GENOULAZ (2000), RAJENDRAN & CHAUDHURI (1991) e KOUVELIS & VAIRAKTARAKIS (1998) XING & ZHANG (2000), ALLAHVERDI et al. (1999), GUPTA & TUNC (1994), LIM & ZHANG (2003).

LINN & ZHANG (1999), afirmam que trabalhos de sequenciamento exploram três diferentes focos: Complexidade de processo, critério de modelagem e método de solução.

Complexidade de processos divide-se em três categorias: (1) *Flow-shop* híbrido de 2 estágios, (2) *Flow-shop* híbrido de 3 estágios, (3) *Flow-shop* híbrido de “n” estágios (acima de 3 estágios).

BOTTA-GENOULAZ (2000) apresenta 6 novas heurísticas para resolver problemas de sequenciamento para *flow-shop* híbrido de “n” estágios. Essas heurísticas são aplicadas a manufaturas automatizadas, como: Farmacêutica, química ou indústrias eletrônicas.

XING & ZHANG (2000) apresentam algoritmos heurísticos para programação de máquinas em paralelo, com tempos de *set-up* independentes, com o critério de minimizar o *makespan*, utilizando tarefas que podem ser quebradas e processadas ao mesmo tempo em máquinas diferentes.

CHENG & SIN (1990) apresentam extensa revisão bibliográfica da literatura de programação de operações em máquinas em paralelo, relacionada com as teorias determinísticas. Já ALLAHVERDI et al. (1999) fazem revisão bibliográfica da programação de máquinas em paralelo, considerando tempos de *set-up*.

Porém, esses trabalhos são de difícil aplicação na indústria de calçados, já que não levam em conta as particularidades desse setor; e os ganhos seriam pouco promissores em relação à estratégia adotada, a saber:

No objeto de estudo (elaboração do programa mestre de produção como sistema de coordenação de ordens), o PBC (como será visto no capítulo 6), já leva em conta os prazos de entrega, o balanceamento da capacidade e quebra de programação

em diferentes estágios para cada ciclo. Considerando períodos de no máximo 1 dia, os estoques em processos são pequenos em relação ao volume da produção mensal.

Assim, pode-se pensar em sequenciar a produção em cada estágio produtivo, levando-se em conta as peculiaridades da indústria de calçados (*set-ups* irrelevantes, alta dependência de mão de obra, tempos de processamento curtos).

A pesquisa sobre sequenciamento da produção, específico para indústria de calçados, encontrou o trabalho de SILVA & FERNANDES (2002).

A seguir, apresenta-se nova proposta de sequenciamento a partir da análise do trabalho de SILVA & FERNANDES (2002). A nova proposta é utilizada como capacitador na presente dissertação.

Para SILVA & FERNANDES (2002), as ordens de produção devem estar de acordo com o setor transformador (corte, pesponto e montagem), isto é, um sequenciamento para cada setor. Em relação ao corte, tal proposta determina que as ordens devam ser seqüenciadas conforme o modelo. Quanto a isso, pequena mudança é sugerida, ou seja, as ordens de produção devem passar a ser seqüenciadas por material e não por modelo, pois o ganho de produtividade é maior, devido à redução do tempo de *set-up*. Por exemplo; na tabela 4.19 como há 6 tipos de materiais haverá 5 ou 6 *set-ups*. Admitindo que cada material possui 3 modelos, se o seqüenciamento for por modelo então o número de *set-ups* pode chegar a 18.

Primeiro passo: Criar matriz que identifique o tempo de *set-up* entre a troca de materiais. A tabela 4.19 mostra matriz com 6 materiais .

TABELA 4.19 – Tabela de *set-ups* por materiais (Dados em Segundos).

Para De	1	2	3	3	5	6
1	-	140	15	140	15	140
2	140	-	140	15	140	15
3	15	140	-	140	25	140
4	140	15	140	-	140	15
5	15	14	1	14	-	60
6	140	15	140	15	140	-

Para mudar do corte do material 1 para o material 2, ele será de 140 segundos e assim sucessivamente.

Segundo passo: definir a seqüência das ordens de produção após a definição dos tempos de *set-up*. Seguindo SILVA & FERNANDES (2002), deve-se

iniciar a produção pelos modelos mais difíceis de se produzir ou, já com a modificação, pelos materiais mais difíceis de se manipular; pois, quando os operários iniciam o turno, estão descansados e com mais energia, aptos a render mais nas tarefas difíceis.

Daí para frente, é só aplicar a conhecida heurística SST (*Shortest Processing Time*), ou seja, depois de esgotado o material difícil, inicia-se a produção do segundo mais difícil de menor *set-up*. Este processo deve ser realizado até que todos os materiais estejam seqüenciados.

Suponha-se que na tabela 3.12 o material mais difícil de ser cortado seja o material 4. Começa-se pelo 4 e vai-se ou para o 2 ou para o 6, ambos com *set-up* igual a 15 segundos. Admitindo-se que o material 2 seja mais difícil de ser cortado que o 6, então corta-se o 2. Admitindo-se que o material 3 seja mais difícil de cortar que o 6, a seqüência será: 4-2-3-1-5-6.

No pesponto existem duas situações: a primeira surge quando a indústria não tem padronização de cor de linha de costura e cria modelos com linha de cores muito variadas. A segunda situação ocorre nas indústrias com padronização de até 4 cores de linhas.

No primeiro caso, o seqüenciamento deve ser feito de acordo com SILVA & FERNANDES (2002), ou seja, devem ser seqüenciadas as ordens de produção por modelo, criando-se matriz que identifique os tempos de *set-up* entre as trocas de modelos. Inicia-se a produção pelo modelo mais difícil e, em seguida, o segundo modelo mais difícil de menor *set-up*. Daí para frente utiliza-se a heurística SST até que todos os modelos sejam seqüenciados, analogamente ao seqüenciamento do corte.

No segundo caso, o seqüenciamento das ordens deve ser efetuado pelas cores das linhas de costura, desprezando-se o tempo de *set-up*, ou seja, devem-se juntar todos os modelos de mesma cor de linha, o que formará quatro grupos (padrão de 4 cores de linha); verifica-se então qual dos grupos tem o maior volume de modelos mais difíceis de pespontar (costura) e inicia-se a produção por este grupo e pelo modelo mais difícil dentro dele; em seguida, o segundo modelo mais difícil (não havendo necessidade de troca de linha); ao término do grupo ocorre então a troca de linha e inicia-se a produção do segundo grupo com a maior quantidade de modelos difíceis e assim por diante. Durante todo o dia de trabalho acontecerão apenas 4 trocas de linhas.

Para exemplificar o sequenciamento do segundo caso (pesponto), a figura 4.4 mostra esquema deste caso para três cores de linhas e cinco modelos, onde, a seqüência de modelos mais difíceis é a seguinte: (1) Modelo X, (2) Modelo Y, (3) Modelo Z, (4) Modelo H e (5) Modelo M. O grupo 1 de cor de linha Azul tem prioridade de entrada sobre os outros grupos por ter os modelos mais difíceis (X e Y).

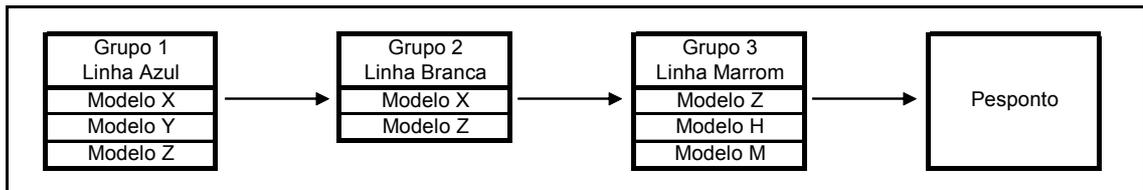


FIGURA 4.4 – Exemplo de sequenciamento do pesponto.

No setor de montagem, a proposta de SILVA & FERNANDES (2002) é sequenciar a produção por pedidos, reduzindo assim o tempo de permanência dos pedidos no setor de expedição. Nesse caso haverá acúmulo de estoque entre o pesponto e a montagem até que todos os pedidos sejam separados. Uma sugestão é produzir conforme a liberação do pesponto e separar os pedidos na expedição. Isso reduzirá o estoque entre os dois setores e o de expedição terá flexibilidade para priorizar clientes conforme a necessidade das entregas.

5. ADAPTAÇÃO DE UMA ABORDAGEM PARA MANUFATURA RESPONSIVA.

5.1 Introdução.

Foi apresentada no capítulo 3 uma revisão bibliográfica sobre Manufatura Responsiva, pela qual se pode concluir que qualquer manufatura, para ser responsiva, deve ser rápida e/ou pontual e ter alta variedade de produtos. Foi apresentada também a proposta de metodologia para chegar à Manufatura Responsiva, seus princípios e capacitadores preconizados por GODINHO (2004). O presente capítulo tem por finalidade adaptar essa proposta, substituindo alguns princípios e propondo metodologia para chegar à Manufatura Responsiva adequada à indústria de calçados.

5.2 Princípios e Capacitadores Propostos por GODINHO (2004).

Como já visto nas seções anteriores, a proposta de GODINHO (2004) compõe-se de 6 princípios.

1. Simplificar ao máximo o fluxo de materiais.
2. Subdividir o processo em unidades produtivas de acordo com os tipos de *lay-outs*.
3. Classificar as unidades produtivas.
4. Escolher os sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCOs) mais adequados para cada unidade produtiva.
5. Escolher um sistema de programação da produção com capacidade finita para completar o SCO.
6. Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos.

Toda a revisão destes princípios e seus capacitadores já foi apresentada no capítulo 3. Mais informações podem ser obtidas em GODINHO (2004).

Os princípios foram estudados e propostos para serem aplicados, de maneira geral, a qualquer tipo de manufatura que esteja com seus objetivos estratégicos voltados para a busca de responsividade.

Durante a aplicação dos princípios e dos capacitadores num fabricante de calçados, objeto da pesquisa-ação várias dificuldades foram surgindo e novos princípios foram concebidos. Com isso os resultados foram sendo melhorados. Diante disso, formulou-se nova proposta para atingir a Manufatura Responsiva, específica para indústria de calçados. Acredita-se possa ser estendida à indústria de vestuário em geral.

Os novos princípios serão apresentados na seção seguinte e seus capacitadores já foram mostrados no referencial teórico deste trabalho.

5.3 Nova Proposta de Metodologia para Atingir a Manufatura Responsiva.

Seguindo a mesma estrutura proposta por GODINHO (2004), a nova proposta também se baseia em dois pilares fundamentais: Princípios e Capacitadores. Novos princípios acrescentados para se alcançar a responsividade no setor calçadista são explicados em seguida.

Primeiro Princípio: Alterar características do produto que possibilitem eliminar operações produtivas, sem que a qualidade e a estética do calçado sejam alteradas. Conforme frisado no referencial teórico, Análise de Valor foi escolhida como capacitador para este princípio.

Análise de Valor na indústria de calçados consiste basicamente em identificar as funções do calçado, avaliá-las e finalmente propor forma alternativa de desempenhá-las de maneira mais conveniente do que a conhecida, reduzindo assim os custos de produção e mão de obra.

Segundo Princípio: Simplificar ao máximo o fluxo de materiais. Conserva-se a proposta de Godinho e se acrescenta algo essencial à indústria de calçados. O acréscimo é este: na aplicação do princípio deve-se levar em conta o impacto no controle da produção e em especial no balanceamento da capacidade e na programação da atividade produtiva. Pode ser mais conveniente um fluxo menos simples, que permita flexibilidade ao programa da produção do que um fluxo mais

simples que “engesse” a programação na indústria de calçados. No próximo capítulo, reservado à implantação real, demonstra-se a importância desse complemento ao princípio. Como capacitador foi mantido o PFA desenvolvido por Burbidge.

Terceiro Princípio: Subdividir os processos em unidades produtivas de acordo com tipos de *lay-outs*.

Quarto Princípio: Classificar as unidades produtivas.

Quinto Princípio: Escolher os Sistemas de Coodenação de Ordens de Produção e Compra mais adequados para cada unidade produtiva.

Foram mantidas todas as características do Terceiro, Quarto e Quinto Princípios, de acordo com GODINHO (2004).

Sexto Princípio: Elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS). A inserção desse princípio se justifica pela necessidade de a indústria de calçados trabalhar com tempos de operações e definir a produção. Isso ocorre por causa da grande variedade de bens produzidos e aos múltiplos pedidos em carteira. Como capacitadores do princípio foram propostos tempos cronometrados, tempos pré-determinados e a heurística alvitada por SILVA (2002a).

Sétimo Princípio: Escolher sistema apropriado para seqüenciar as ordens de produção em cada setor produtivo (corte, pesponto e montagem). Devido à grande quantidade de tipos de matéria-prima contida em cada par de calçado, é muito importante ter critério para o seqüenciamento da produção. O capacitador recomendado para este princípio é a proposta adaptada de SILVA & FERNANDES (2002), relacionada no capítulo 4.

Para implantação dos capacitadores do Sexto e Sétimo Princípios, utilizou-se software denominado Prodcap (apresentado na próxima seção), desenvolvido por SILVA (2002a).

Oitavo Princípio: Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos. Como outros princípios, este também adveio da proposta de Godinho.

A tabela 5.1 mostra como ficou a nova proposta para alcançar a MR específica para indústria de calçados. Mostra também a relação entre princípios e capacitadores.

TABELA 5.1 – Relação dos Princípios e Capacitadores para implantação MR específica para indústria de calçados

Princípios propostos para a MR	Capacitadores propostos
Alterar características do produto que possibilitem eliminar operações produtivas, sem que a qualidade e a estética do produto sejam alteradas.	Análise de Valor (<i>Value Analysis</i>)
Simplificar ao máximo o fluxo de materiais levando em conta o impacto no controle da produção e em especial no balanceamento da capacidade e a programação da produção.	PFA (Production Flow Analysis)
Subdividir os processos em unidades produtivas de acordo com tipos de <i>lay-outs</i>	<i>Lay-outs</i> celular (com padrão de fluxo <i>flow shop</i> ou <i>job shop</i>) e funcional (pequenos <i>job shops</i>)
Classificar as unidades produtivas	Sistema de classificação de sistemas de produção MACCARTHY & FERNANDES (2000). Espera-se predominância dos sistemas de produção semi repetitivos.
Escolher os sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra mais adequados para cada unidade produtiva	Escolha baseada na classificação multi-dimensional de MACCARTHY & FERNANDES (2000)
Elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS).	Tempos cronometrados e tempos pré-determinados e heurística para elaborar o MPS
Escolher sistema apropriado para sequenciar as ordens de produção em cada setor produtivo (corte, pesponto e montagem)	Adaptação da proposta de SILVA & FERNANDES (2002)
Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos	Gráficos que relacionam efeitos da velocidade nas taxas de refugo

5.4 O Sistema de Apoio à Decisão PRODCAL.

Desenvolvido por SILVA (2002a) em sua dissertação de mestrado, o Prodcál é um sistema em linguagem de programação *Object Pascal* que utiliza o ambiente de desenvolvimento Delphi. A finalidade do Prodcál é gerar o Programa Mestre de Produção (MPS). Emprega o PBC como sistema de Coordenação de Ordens e visa sequenciar as ordens de produção, para melhor aproveitamento da capacidade produtiva da empresa industrial.

De acordo com SILVA (2002a), o sistema tem 24 eventos a serem cumpridos, eventos que estão relacionados na tabela 5.2.

TABELA 5.2 – Lista de Eventos Prodcad

Lista de Eventos	
No.	Evento
01	Vendas cadastra cliente
02	Vendas cadastra transportadora
03	Vendas cadastra estados
04	Vendas cadastra tempos de entrega
05	Vendas cadastra formas de pagamento
06	Vendas cadastra pedidos
07	Engenharia cadastra família de produtos
08	Engenharia cadastra modelo
09	Engenharia cadastra cores
10	Engenharia cadastra material
11	Engenharia cadastra cores dos produtos
12	Engenharia cadastra grupos de material
13	Engenharia cadastra sub-grupos de material
14	Engenharia cadastra peças
15	Engenharia cadastra consumo de material de itens de produtos
16	Engenharia cadastra setores produtivos
17	Engenharia cadastra operações
18	Engenharia cadastra tempos de processamento
19	Engenharia cadastra unidades de medidas
20	Engenharia cadastra grade de produtos
21	PCP gera consumo de Material
22	Operário registra ordens-produção
23	Programador Solicita MPS
24	Programador solicita ordens de produção

Fonte: SILVA (2002a)

Os cadastros fundamentais, como cadastro de produtos, cadastro de ficha técnica de calçado, cadastro de pedidos, entre outros relacionados acima, são de grande relevância para o funcionamento efetivo do sistema, uma vez que esses dados são responsáveis pela qualidade dos resultados: quanto maiores a consistência e a precisão dos dados, melhor a qualidade dos resultados obtidos por meio do sistema Prodcad.

Para elaboração do MPS, o Prodcad utiliza a heurística proposta por SILVA (2002a) descrita no capítulo 3. Depois de elaborado o MPS, o programa gera relatórios com ordens de produção e seqüenciamento das operações. O seqüenciamento é feito de acordo com a proposta de SILVA & FERNANDES (2002), também descrita no referencial teórico no capítulo 3.

5.5 Metodologia para Implantação da Proposta Adaptada

Para implantação da proposta uma metodologia foi sugerida por GODINHO (2004). Aqui essa metodologia sofreu mudanças para fins de adaptação. Procurou-se, com isso, facilitar o processo de implantação no objeto de estudo. Adaptação é também composta por quatro passos, conforme figura 5.1.

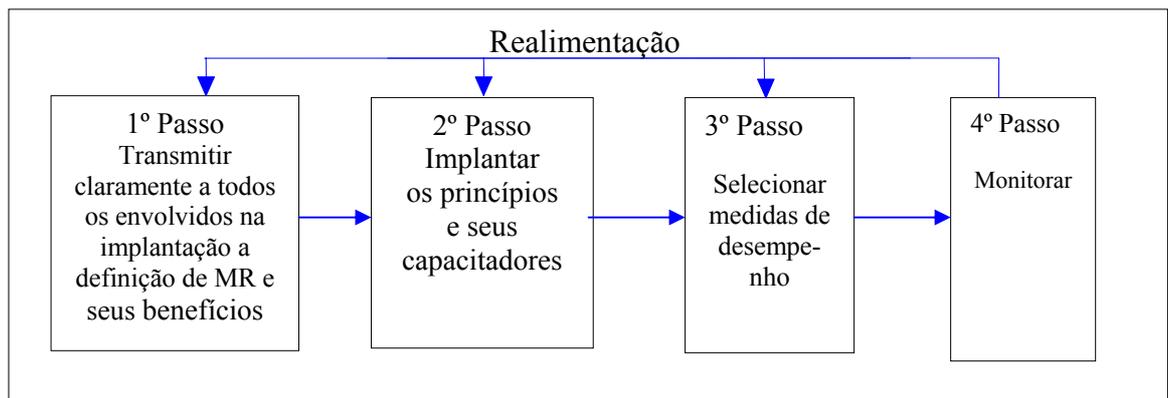


FIGURA 5.1 - Metodologia adaptada para implantação da MR específico para indústria de calçados.

Abaixo se vê a explicação de cada passo da metodologia:

Passo 1: Transmitir claramente a todos os envolvidos na implantação a definição de MR e seus benefícios.

Toda a cadeia de suprimentos e funcionários da empresa que inicia o processo de implantação da proposta deve ser treinada e familiarizada com os Princípios da Manufatura Responsiva, sua definição e os benefícios que podem ser adquiridos.

Toda a equipe de implantação da nova proposta deve estar ciente do motivo que levou a empresa a adotar a Manufatura Responsiva como estratégia, para maior adesão e participação no processo.

Passo 2: Implantar os princípios e seus capacitadores.

Os princípios adaptados, já descritos na seção anterior na tabela 5.1, devem ser apresentados aos envolvidos. Seus capacitadores devem ser implantados quando as pessoas estiverem satisfatoriamente treinadas.

Todo princípio baseia-se em teorias, de modo que a compreensão das teorias pelos envolvidos é muito importante. As teorias podem ser transmitidas em reuniões ou em treinamentos específicos.

Passo 3: Selecionar medidas de desempenho para a MR.

A empresa deve selecionar medidas de desempenho responsivas para avaliar a evolução rumo à MR. GODINHO (2004) selecionou várias medidas de desempenho em sua proposta. A indústria de calçados não tem necessidade de controlar todos os itens propostos por Godinho. Portanto, foram escolhidas apenas cinco medidas de desempenho, demonstradas a seguir:

- Tempo de resposta total do sistema. Deve-se sempre obter o menor tempo.

- Porcentagem das entregas no tempo devido. Quanto mais entregas no tempo, melhor.

- Tempo de resposta da empresa em relação ao tempo de resposta médio da indústria. Quanto mais rápida a empresa for, mais à frente dos concorrentes estará.

- *Lead-time* de produção. Diminuindo o *lead-time* de produção, os clientes são atendidos mais rapidamente.

- Número de novos produtos lançados no mercado em dado período. Quanto maior a variedade, mais opções o cliente tem e maior mercado pode ser alcançado.

- Tempo de lançamento médio de novos produtos. Deve-se sempre surpreender o cliente com novidades e estas devem ser rápidas. Em caso contrário, a concorrência surpreenderá seu cliente e você.

Essas medidas darão à empresa uma visão geral da responsividade do seu sistema, Naturalmente é possível acrescentar novas medidas ao longo do tempo.

Passo 4: Monitorar.

Após a implantação da MR, deve haver acompanhamento das medidas de desempenho. O acompanhamento trará respostas que auxiliarão no aperfeiçoamento do sistema.

Para se efetuar o monitoramento, alguns dados devem ser coletados e anotados em planilhas.

O tempo de resposta total do sistema é obtido por meio da diferença entre a data da emissão do pedido e a data da entrega do produto.

Para se calcular em porcentagens das entregas no tempo devido, deve-se estipular período (semana ou mês), e comparar a data prometida com a data efetiva da entrega dos bens.

O tempo de resposta da empresa em relação ao tempo de resposta médio da indústria é calculado mediante comparação do tempo de resposta total com a média dos tempos de resposta dos concorrentes. Para se conseguir esta informação, deve haver auxílio do departamento de vendas.

Lead-time de produção é calculado pela diferença entre a data de entrada do pedido em produção e a data do término do processo produtivo.

Em relação ao número de novos produtos lançados no mercado em dado período, pode ser feita simples tabela para marcação a cada lançamento.

Para se monitorar o tempo de lançamento médio de novos produtos, também se deve marcar numa tabela, de quanto em quanto tempo se lançam produtos que constituam novidade.

O próximo capítulo mostrará a pesquisa-ação realizada numa fábrica de calçados da cidade de Birigui. Ver-se-á então a real aplicação da metodologia proposta acima.

6 PROPOSTA ADAPTADA PARA MANUFATURA RESPONSIVA: PESQUISA-AÇÃO NUMA FÁBRICA DE CALÇADOS.

6.1 Objeto de Estudo

Esta pesquisa-ação realizou-se numa empresa de grande porte do segmento de calçados infantis, localizada na cidade de Birigui - Estado de São Paulo. Eis sua razão social: Kidy Birigui Calçados Ind. Com. Ltda. Emprega hoje 1600 funcionários diretos. Produz 22.000 pares/dia, tudo mediante pedidos. Esse volume de calçados é produzido em 8 unidades. Cada unidade responde por um segmento especial de calçado, ou seja, uma unidade produz tênis; outra, botas; e assim por diante.

O trabalho de implantação dos princípios e capacitadores da MR deu-se numa daquelas unidades produtivas, denominada “Fábrica 6”.

A Fábrica 6 é especializada em sandálias, com capacidade produtiva de 1800 pares por dia. No início da pesquisa, havia 105 pessoas trabalhando no processo produtivo, em uma área de 440 m². Detalhes sobre *lay-out* e movimentações de materiais estão nas seções seguintes.

Com responsabilidade de 8% da produção total da Kidy, a Fábrica 6 passa por dificuldades no processo produtivo, com mão-de-obra ociosa e atraso no atendimento aos pedidos. Esse o grande motivo da parceria Kidy-UFSCAR para implantação da MR naquela unidade produtiva.

6.2 Pesquisa- ação

Por que pesquisa-ação foi escolhida para esta pesquisa? Outros métodos de pesquisa, como *Survey*, Estudo de Caso, Simulação, não apresentaram os requisitos necessários para auxiliar o desenvolvimento do trabalho.

O que é pesquisa-ação? Segundo THIOLENT (2000), é um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com determinada ação ou com a resolução de um problema coletivo. Na pesquisa-ação, pesquisadores de um lado, participantes representativos da situação ou do problema no outro, estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. A pesquisa caminhou

exatamente nesse sentido. Dentre os membros da Fábrica 6, selecionou-se um grupo, ao qual se juntou o pesquisador. Tais pessoas adaptaram e aplicaram a teoria proposta.

Embora um projeto de pesquisa-ação não tenha forma totalmente pré definida, THIOLENT (1997) considera, no mínimo, quatro grandes fases:

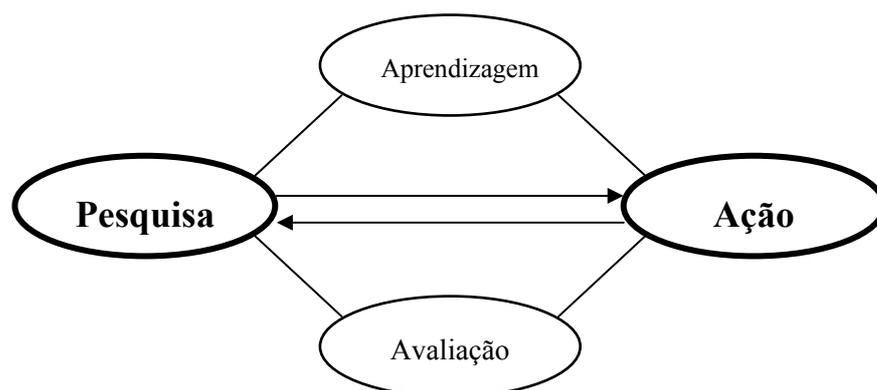
1- Fase exploratória, na qual os pesquisadores e alguns membros da organização começam a detectar os problemas, os atores, as capacidades de ação e os tipos de ação possíveis;

2- Fase de pesquisa aprofundada, na qual a situação é pesquisada por meio de diversos tipos de instrumentos de coleta de dados, que são discutidos e progressivamente interpretados pelos participantes;

3- Fase da ação, que consiste, com base nas investigações em curso, em difundir os resultados, em definir objetivos alcançáveis por meio de ações concretas e em apresentar propostas, cuja aplicação poderá ser negociada com os dirigentes da empresa.

4- Fase de avaliação, que tem por objetivos: observar, redirecionar o que realmente acontece e armazenar o conhecimento adquirido no decorrer do processo.

No início da pesquisa, essas fases são seqüenciais, mas, na prática, existe entre as três últimas fases um tipo de vaivém ou mesmo de simultaneidade de pesquisa e de ação, THIOLENT (1997). A figura 6.1 mostra bem a relação entre essas fases.



Fonte: THIOLENT (1997)

FIGURA 6.1 - Relações entre pesquisa, ação, aprendizagem e avaliação.

Conforme THOLLENT (1997), uma das fases da pesquisa-ação, a fase exploratória, possui aspectos externos. Internamente, no processo de investigação (fase correspondente a diagnóstico das necessidades dos atores) são formadas equipes para elaborar propostas ou possíveis inovações. Externamente, procura-se divulgar tais propostas, aumentar a consciência dos participantes e obter comprometimento dos interessados.

Como instrumento para a fase exploratória foram utilizados:

- Entrevistas não estruturadas;
- Observação;
- Seminários.

A análise dos resultados efetuou-se com auxílio de planilhas eletrônicas, que permitiram comparação de dados anteriores e posteriores a implantação da Proposta Adaptada de Manufatura Responsiva.

6.3 Aplicação da Proposta Adaptada.

Conforme mostrado no quarto capítulo, devem ser seguidos quatro passos para a implantação da MR. De fato, essa recomendação foi atendida com rigor. Passamos a descrever as ocorrências e as adaptações.

6.3.1 Passo 1: Transmitir claramente a todos os envolvidos na implantação a definição de MR e seus benefícios.

Este primeiro passo já vinha sendo desenvolvido pelos diretores da empresa. A pesquisa veio reforçar e realmente dar início à caminhada em busca da Manufatura Responsiva.

Segundo o Diretor Industrial da Kidy Calçados, Ricardo Gracia, “*a alta exigência dos clientes, de rapidez no atendimento, de pontualidade e de diversidade de produtos, foi a razão que nos levou a procurar alternativas de produção*”.

Todos os envolvidos no processo estavam cientes da responsabilidade de alcançar o objetivo estratégico da empresa e continuam até hoje transmitindo aos que ingressam no processo o mesmo senso de responsabilidade.

6.3.2 Passo 2: Implantar os princípios e seus capacitadores

Os capacitadores são implantados à medida que cada princípio é incorporado ao sistema. Em seguida está exposta a seqüência de implantação de princípios e capacitadores.

6.3.2.1 Implantação do primeiro princípio.

Relembrando, o Primeiro Princípio trata da alteração das características do calçado, alteração capaz de eliminar operações produtivas sem danos para a boa qualidade e a estética do produto.

Análise de Valor (AV) foi o capacitador escolhido para este primeiro princípio. Como foi citado no capítulo 4, AV é utilizada a respeito de produtos já existentes, em fase de produção, enquanto que EV (Engenharia de Valor) é utilizada para projetos em fase de elaboração.

No objeto de estudo, novos modelos entram em produção a cada três meses. Substituem os modelos menos aceitos no mercado. Foi utilizada EV para analisar e reduzir operações desnecessárias, desde a concepção dos novos modelos até sua entrada em produção.

Quanto a modelos que permaneceram em produção, a AV foi aplicada e idéias de melhorias do produto foram ofertadas pelos envolvidos no projeto. Sugeriu-se, por exemplo, eliminar uma costura em certa peça. Recomendou-se nova tecnologia para pregar um velcro. Essas e dezenas de outras propostas facilitaram o processo produtivo da sandália, sem mudar em nada sua qualidade e sua estética. Considerável ganho também ocorreu na padronização de apenas 3 cores de linhas (preto, marrom e branco). Isso reduziu *set-up* no processo e itens no almoxarifado. Todo o processo de Análise de Valor contribuiu efizcamente para o próximo princípio, pois ocorreu redução de postos de trabalho, facilitou-se o fluxo de produção e fortaleceu-se a união dos grupos de trabalho (células), o que será visto na próxima seção.

Como exemplo de bom êxito na aplicação da AV, foi utilizada a Sandália Surfista modelo 6905, figura 6.2. Na tabela 6.1 está todo o processo comparativo da análise de AV e seu resultado.



FIGURA 6.2 – Sandália Surfista modelo 6905

TABELA 6.1 – Aplicação de AV no modelo 6905

Componente	Função	F/E/T	B/S/N	Observações
Sola	Proteger pé	F	B	
	Ser ante-derrapante	F	B	
	Macia / Leve	E	S	
	Duravel	F	S	
Palmilha	Dar conforto	E	S	
	Unir componentes a sola	F	B	
Gaspea	Segurar Proteger o Pé	F	B	
	Bonita	E	S	
	Confortavel	E	S	
Forro da Gaspea	Conforto	E	S	
Costura Forro/Gaspea	Unir forro/gaspea	F	B	
Tira da Gaspea	Ajuste de Tamanho	F	B	
	Bonita	E	S	
Velcro da Tira	Prender tira a Gaspea	F	B	
Costura do velcro/tira	Unir velcro/tira	F	B	
Emborrachado tira da gaspea	Mostrar Marca	E	S	
Costura do emborrachado/tira da gaspea	Unir emb./gaspea	F	N	Usar costura do velcro
Passador Plastico	Passar a tira	F	B	
	Resistente	F	B	
	Bonito	E	S	
Costura do passador/gaspea	Unir passador na gaspea	F	B	
Cano	Segurar Proteger o Calcanhar	F	B	
	Bonito	E	S	
	Confortavel	E	S	
Forro do Cano	Conforto	E	S	
Costura Forro/Cano	Unir forro/cano	F	B	
Tira do Cano	Ajuste de Tamanho	F	B	
	Bonita	E	S	
Velcro da Tira	Prender tira do Cano	F	B	
Costura do velcro/tira	Unir velcro/tira	F	B	
Emborrachado tira do cano	Mostrar Marca	E	S	
Costura do emborrachado/tira do cano	Unir emb./cano	F	N	Usar costura do velcro
Passador Plastico	Passar a tira	F	B	
	Resistente	F	B	
	Bonito	E	S	
Costura do passador/cano	Unir passador no cano	F	B	

Legenda: F - funcional; E - estético; T - troca; B - basico; S - secundário; N - não-necessário

Como se pode notar, foram eliminadas duas costuras no modelo apresentado. Subtraiu-se um processo operacional e economizou-se matéria-prima (linha). Não resultou prejuízo nem para a estética nem para a qualidade do produto.

6.3.2.2 Implantação do segundo princípio

Eis o conteúdo do segundo princípio: simplificar ao máximo o fluxo de materiais, levando em conta o impacto: a)- no controle da produção; b)- no balanceamento da capacidade de produção; c)- no programa da produção.

A análise do fluxo teve início em fevereiro de 2004, seguindo PFA desenvolvido por BURBIDGE (1996a). A primeira proposta pelo PFA é o CFA (*Company flow analysis*).

CFA considera preferível dividir a fábrica em departamentos e organizar cada departamento por produtos. BURBIDGE (1996a), informa ser isso adotado por grandes corporações.

Como o objeto de estudo não se enquadra no CFA, a análise começou pelo FFA (*Factory flow analysis*), que estuda o fluxo entre fábricas e departamentos.

Na Kidy, a divisão entre fábricas e departamentos é bem antiga. Não há necessidade de análise, mas sem de conferência do que já existia. A figura 6.3 mostra como funcionam as divisões e os departamentos e quais se inter-relacionam.

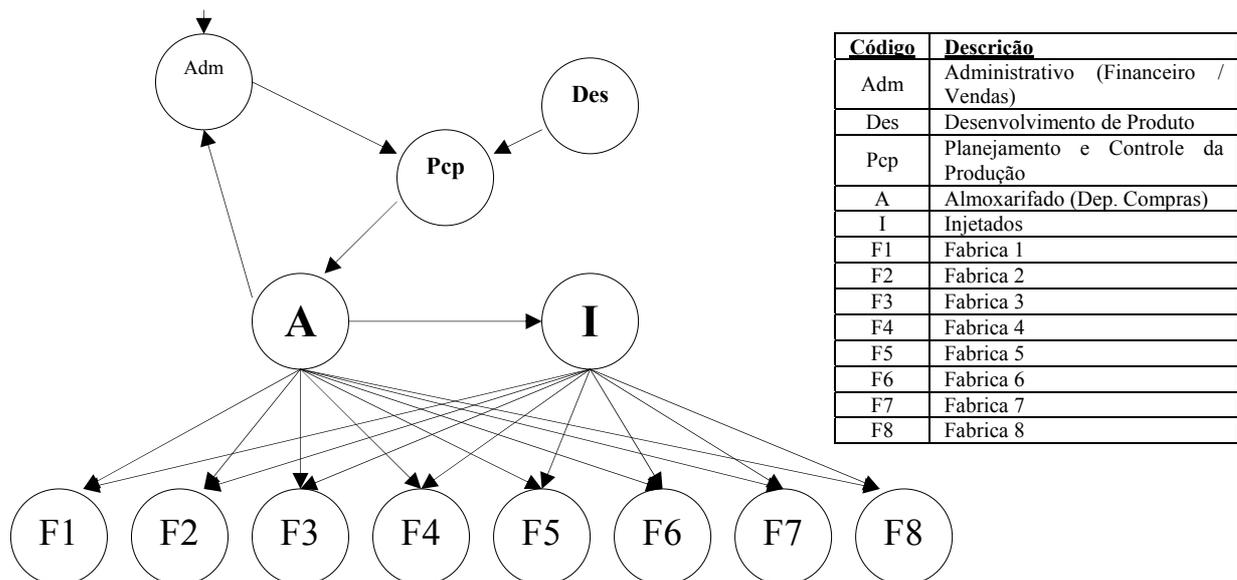


FIGURA 6.3 - Divisão de departamentos Kidy

Na análise do FFA pode-se destacar, na Kidy, a divisão em fábricas: da Fábrica 1 à Fábrica 8. Cada fábrica é responsável por uma família de produtos. No entanto, o almoxarifado é central e a distribuição compete a cada fábrica.

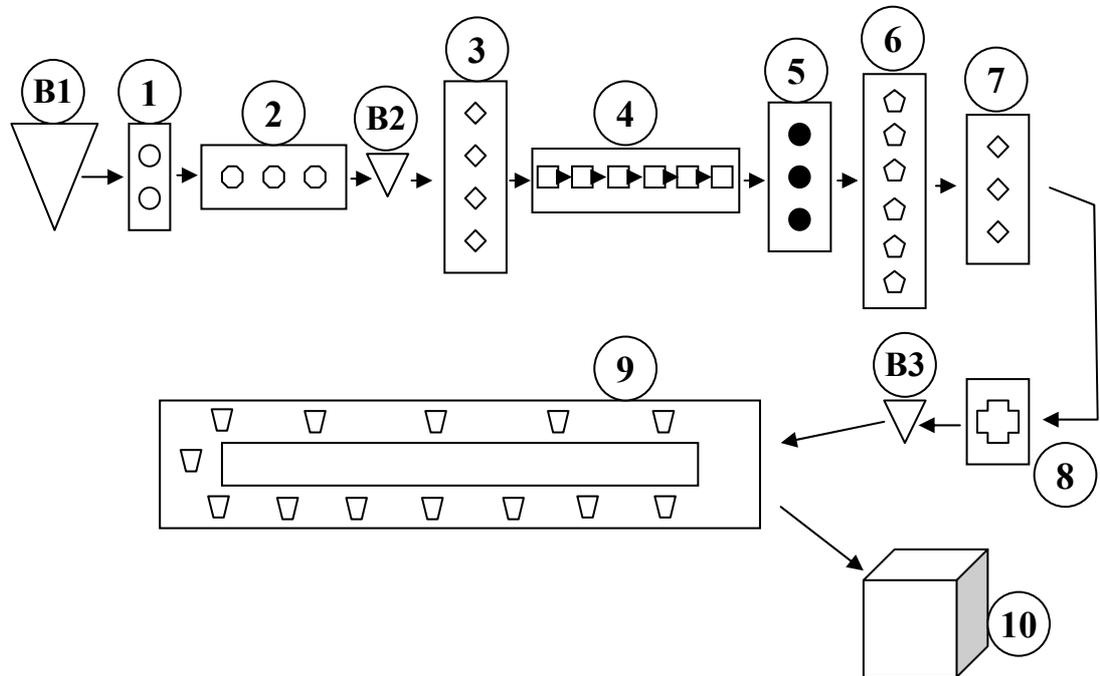
O segundo estágio da análise foi o GA (*Group analysis*). A principal ferramenta do GA é a resolução por matriz. No caso da Kidy, foram agrupados os equipamentos e as seqüências operacionais da sandália, o que facilitou sobretudo a definição dos grupos de trabalho. Estabeleceram-se 8 grupos, acrescidos da linha de montagem e do setor de expedição. As seqüências operacionais de cada grupo podem ser visualizadas no APÊNDICE A. Na tabela 6.2 está a relação dos grupos e do equipamento correspondente. O equipamento e a mão de obra de cada grupo foram definidos através do balanceamento, época de implantação do Sexto Princípio. Serão apresentados posteriormente.

TABELA 6.2 – Relação dos grupos de trabalho da Fábrica 6

Grupo	Descrição	Equipamento
1	Corte Cabedal / Componente	Balancin Alfa Click
2	Aux. Corte	Mesa
3	Colar Peças Diversas	Mesa
4	Colar Pespontar Enfeites	Mesa / Maq. Pesponto Coluna 1 Agulha
5	Pesponto e Acabamento	Mesa / Maq. Pesponto Coluna 1 Agulha
6	Pregar Ponta e Passador	Maq. Pesponto Coluna 1 Agulha
7	Destacar Linha	Mesa
8	Revisar	Mesa
9	Montagem	Esteira
10	Expedição	

A terceira análise foi a LA (*Line Analysis*), que consiste no exame do fluxo de materiais entre os grupos ou estações de trabalho. A técnica utilizada na LA é igual a do FFA: lança-se mão de diagrama de rede para se entender e se melhorar o fluxo.

Esta etapa do estudo redundou em mudanças e melhorias significativas para a empresa, em termos de ganho de produtividade e mão de obra. É nesta análise que se deve levar em conta o impacto no controle da produção, especialmente o balanceamento da capacidade e o programa de produção. A figura 6.4 mostra o diagrama efetuado entre os 10 grupos de trabalho, relacionados anteriormente, definindo assim o novo *lay-out* do objeto de estudo.



- (1) Seção de Corte (Maquinas em paralelo)
 - (2) Separação Corte (*Flow Shop*)
 - (3) Colar peças para pesponto (Mesas em paralelo)
 - (4) Colar e pespontar enfeites (*Flow Shop*)
 - (5) Grupos de pesponto acabamento composto de maquinas e mesas paralelo
 - (6) Pregar ponta (Maquinas em paralelo)
 - (7) Recorte (Mesas em Paralelo)
 - (8) Revisão Qualidade
 - (9) Montagem
 - (10) Expedição
- (B1) *Buffer* Material do Almoarifado
- (B2) *Buffer* entre Corte e Pesponto
- (B3) *Buffer* para montagem

FIGURA 6.4 – Lay-out esquemático do objeto de estudo.

Para melhor compreensão dos ganhos nesta análise e o motivo real pelo qual se deve levar em conta o impacto no controle da produção, as figuras 6.5 e 6.6

mostram o *lay-out* velho (LV) e o *lay-out* novo (LN). Este segue o modelo esquemático apresentado acima.

A primeira grande mudança ocorreu no espaço físico. É possível notar a diferença de escala do LV para o LN: no LV eram utilizados 440m² num barracão de 10m por 44m, com 105 operários; já no LN utilizam-se 270m² (10m por 27m) e 81 operários. Vários motivos determinaram a redução de espaço, a saber, a Análise de Valor (VA), retirando operações desnecessárias, como foi visto na primeira implantação; a Análise de Grupo (GA), demonstrada nesta seção; e a definição dos tempos padrões, que será apresentada no tópico relativo à implantação do Sexto Princípio.

O fluxo de materiais do LV aparenta mais simplicidade que o do LN, mas o novo *lay-out* proporciona uma flexibilidade maior. Para exemplificar a melhoria, foram separados os *lay-out* em 3 grandes grupos: a)- Corte (C), onde são cortadas todas as peças superiores do calçado, com emprego de navalhas e máquina de grande porte ,denominada Balancim; b)- Pesponto (P), onde se faz a união destas peças por meio de costuras, com utilização de mesas e máquinas de pesponto de 1 agulha; c)- Montagem (M), que finaliza o calçado, montando-o e colocando nele o solado.

Ainda com relação às figuras, os desenhos que contém as siglas BAL representam máquinas de corte chamadas Balancim, a sigla 1AG representa máquina de costura (pesponto) de 1 agulha, as demais máquinas podem ser identificadas no próprio desenho.

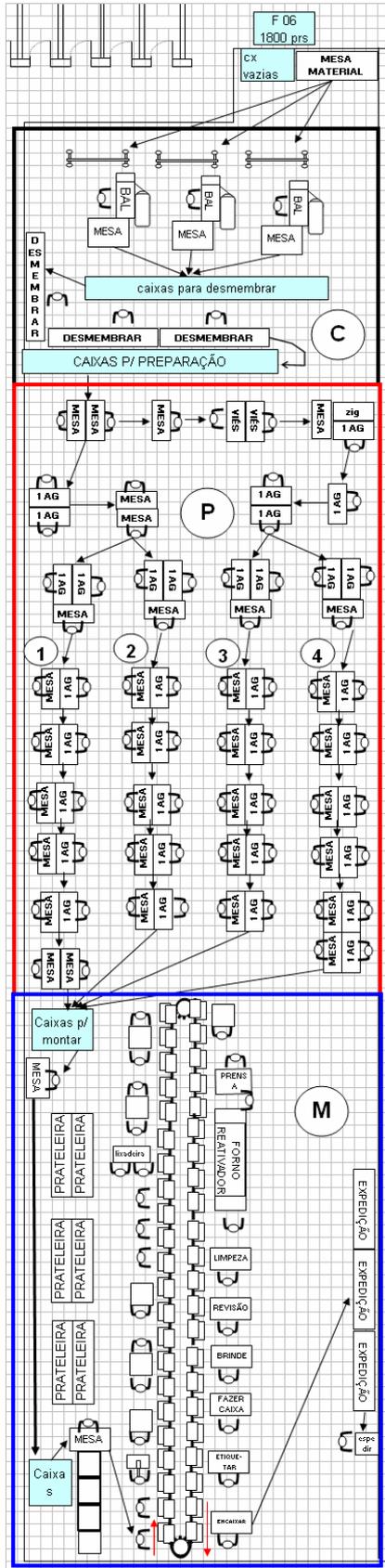


FIGURA 6.5 – Lay-out Velho

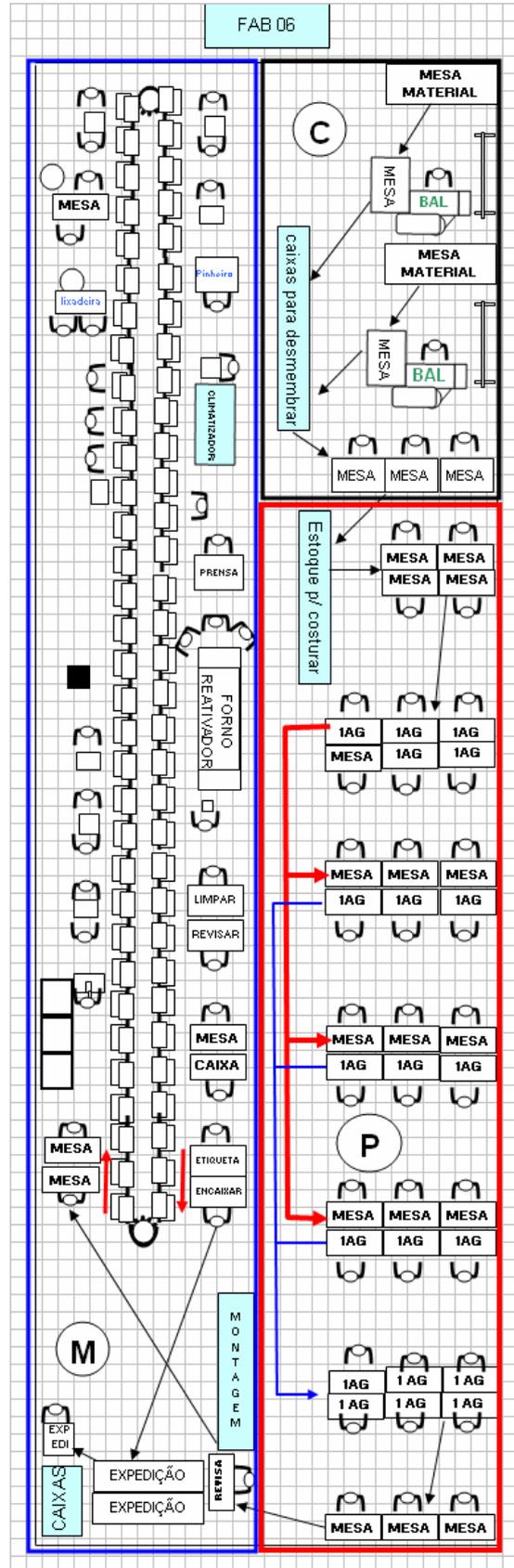


FIGURA 6.6 – Lay-out Novo

Comparando o primeiro grande grupo – Corte, houve diminuição de uma máquina, devido à redução do número de peças pela Análise de Valor. Essa diminuição foi comprovada pelo tempo-padrão. As figuras 6.7 e 6.8 mostram como ficaram as alterações nesse setor.

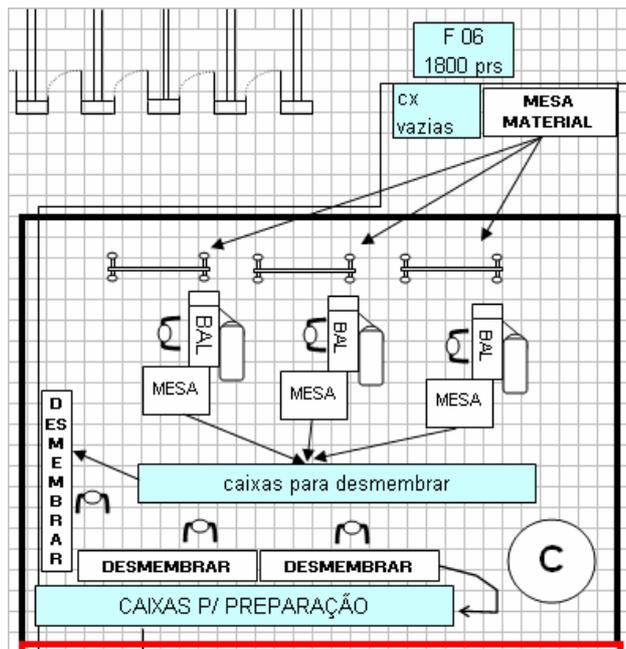


FIGURA 6.7 –*Lay-out* Velho do Corte

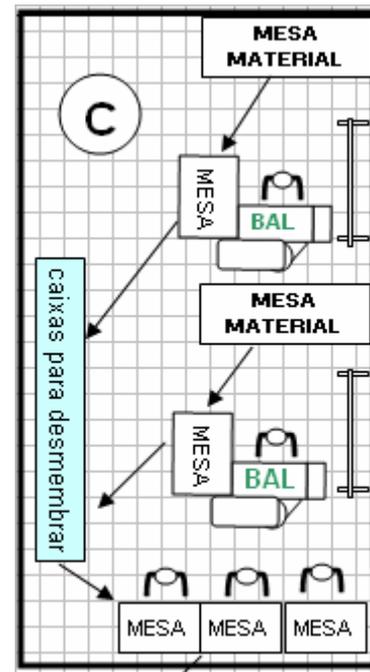


FIGURA 6.8 –*Lay-out* Novo do Corte

O maior ganho fez-se sentir no Pesponto, onde a GA e AV ajudaram a deixar mais flexível esse setor. No LV, o fluxo era mais simples, porém existia ociosidade de mão-de-obra. A demarcação na figura 6.9, com os número 1, 2, 3 e 4 nas quatro linhas de pespontos, mostra que cada linha fabricava um único modelo, o que dificultava muito o balanceamento e a programação da produção. Havia momentos em que, devido à carteira de pedidos (produção sob encomenda), era impossível manter as 4 linhas em operação. No LN, figura 6.10, foram feitos grupos flexíveis de trabalho, para fabricação de qualquer modelo, diminuindo assim a ociosidade de mão-de-obra. A redução do quadro de operários, em virtude do novo *lay-out* e da AV, foi surpreendente (de 69 para 37). Com isso, o programa da produção passou a atender aos clientes na data correta e não mais se preocupou com balancear a produção, o que, na LV, representava um desafio.

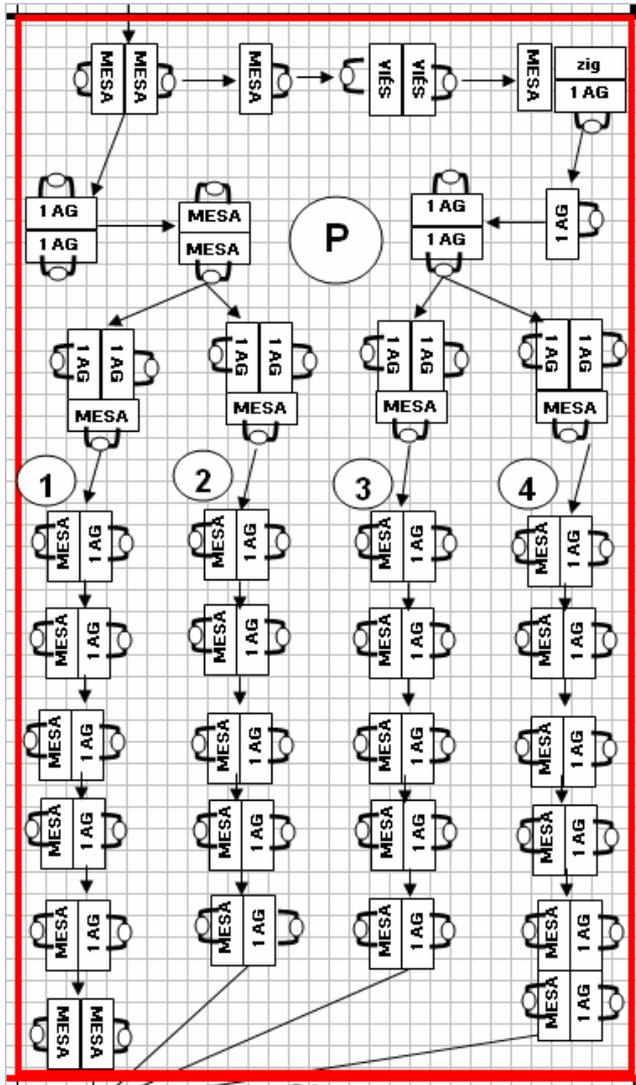


FIGURA 6.9 – *Lay-out* Velho do Pespono

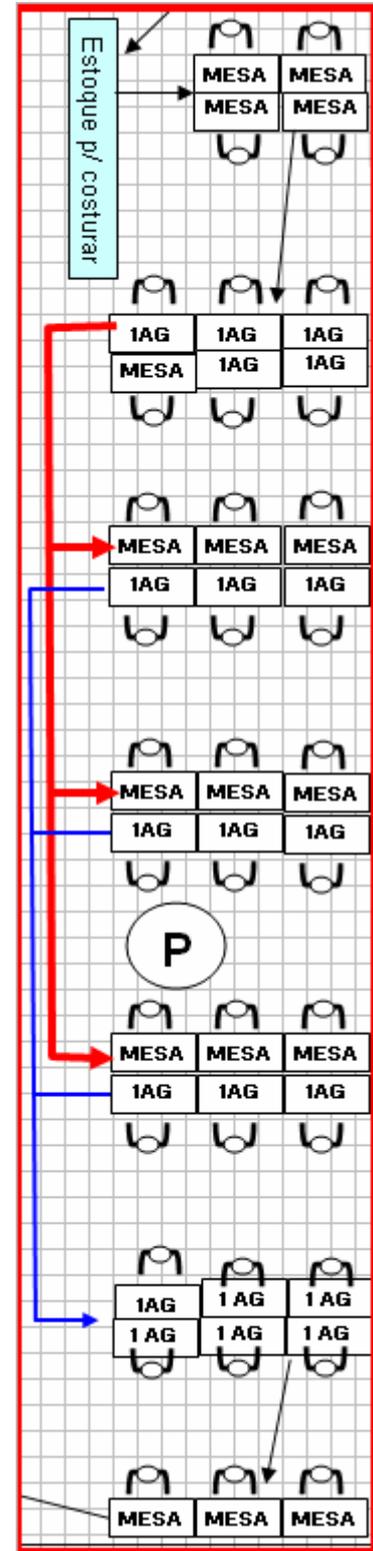


FIGURA 6.10 – *Lay-out* Novo do Pespono

O grupo de montagem manteve os mesmos equipamentos. Mo processo de colagem a qualidade melhorou. Aumentou-se o tamanho da esteira como pode ser visto na figura 6.12. Aumentou-se o número de operários, de 29 para 36, tudo para melhorar o processo de colagem e reduzir índices de retrabalho, figura 6.11. Com mais passadores de cola, o trabalho pôde tornar-se mais lento (“a pressa é inimiga da perfeição”; oitavo princípio). E com aumento da esteira, houve tempo maior para secagem da cola (obs.: a velocidade da esteira foi mantida no LN em relação à do LV)

Na figura 6.12, demonstra-se um cruzamento de fluxo de materiais. A solução para eliminar o cruzamento é muito simples. Deve-se rodar a esteira no sentido inverso. Infelizmente não foi possível fazê-lo, por motivo das condições do prédio. Para inverter a esteira, seria necessário inverter também a posição das máquinas e das mesas a seu redor. Existia um pilar que impedia a localização do forno reativador. Então decidiu-se não inverter a esteira e manter o cruzamento de materiais, uma vez que este cruzamento é insignificante em face do, ganho que o LN proporcionou.

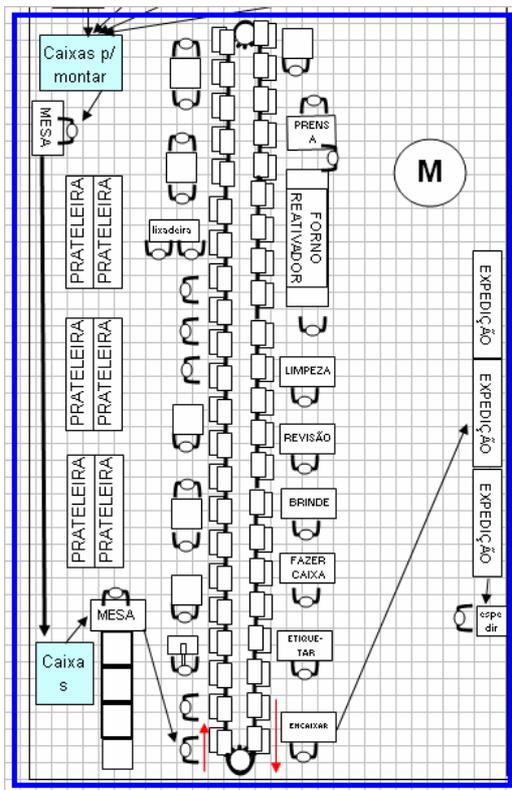


FIGURA 6.11 – Lay-out Velho da Montagem

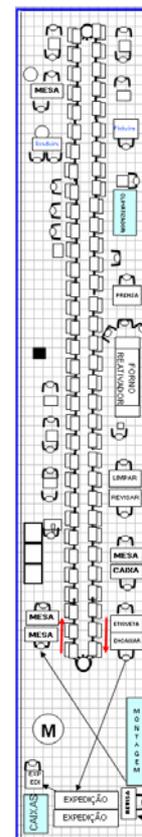


FIGURA 6.12 – Lay-out Novo da Montagem

As grandes mudanças ocorridas com o número de operários estão diretamente relacionadas com os tempos-padrões estipulados pelos tempos cronometrados.

A quarta e última análise do PFA é a TA (*Tooling Analysis*), que estuda as famílias de ferramentas. Eventualmente elas podem ser unidas e, reduzir *set-up*. Na indústria de calçados, em específico no corte, no pesponto e na montagem, (que são os setores produtivos da fábrica 6, fábrica da pesquisa-ação) as ferramentas (agulhas, guias entre outras) são fixas nas máquinas. O tempo exigido para trocá-las é desprezível (só são trocadas quando se quebram). Não há pois, necessidade de discorrer sobre TA.

6.3.2.3 Implantação do terceiro princípio

Este princípio consiste em subdividir o processo em unidades produtivas de acordo com os tipos de *lay-outs*.

Neste ponto aparece uma questão: a fábrica 6 é um todo único ou compreende três unidades produtivas (corte, pesponto e montagem)?

Como no 5º. Princípio, será escolhido como SCO o PBC. Este coordenará a produção do corte, do pesponto e da montagem. Consideramos assim a fábrica 6 como única unidade produtiva, composta por 3 estágios de produção e 9 etapas (o estágio 1 é formado pelas etapas 1 e 2; o estágio 2 pelas etapas de 3 a 8; e o estágio 3 pela etapa 9).

O *lay-out* desta unidade produtiva (fig 6.4) é *lay-out* com padrão de fluxo *flowshop*, sendo que nas etapas 1,3,5,6 e 7 existem estações de trabalho em paralelo.

6.3.2.4 Implantação do quarto princípio

Classificar as Unidades Produtivas. Na seção anterior o objeto de estudo se enquadrou como Unidade Produtiva do tipo 1, Isso significa que, observada a seqüência da metodologia, há pré-indicação de que a unidade se vincule a um sistema repetitivo.

Caracterização mais detalhada, indicada por MACCARTHY & FERNANDES (2000), consiste em calcular a porcentagem de itens diferentes que sejam repetitivos. Se tivermos pelo menos 75% de itens repetitivos, o sistema é considerado

repetitivo. Para o item ser repetitivo, deve utilizar pelo menos 5% da capacidade produtiva no horizonte de programação.

Uma primeira pergunta é: qual o número de itens considerados diferentes em termos de programação da produção na fábrica 6?

A diversificação na fábrica é de 8 modelos, cada qual com nove (09) números (a numeração vai do 28 ao 36), totalizando 72 itens. No estudo de tempo, para fins de programação da produção, consideram-se 8 itens (8 modelos), e não 72 itens; e cada um dos modelos ultrapassa os 5% de utilização da capacidade. A fábrica adota portanto sistema repetitivo.

A tabela 6.3 mostra o resultado da aplicação da classificação multi-dimensional de MACCARTHY & FERNANDES (2000), confirmando que o Sistema da Kidy é repetitivo.

TABELA 6.3 – Classificação Multi-dimensional de MACCARTHY & FERNANDES (2000) aplicada na Kidy Calçados.

Dimensões	Análise
Caracterização Geral	
Tamanho da Empresa	L
Tempo de Resposta	PL+DL
Nível de Repetibilidade	RP
Nível de Automação	N
Caracterização do Produto	
Estrutura do Produto	ML
Nível de Customização	3 (Mushroom)
Número de Produtos	M
Caracterização do Processamento	
Tipo de <i>layout</i>	P / G
Tipo de <i>buffer</i>	2
Tipo de fluxo	F6
Caracterização da Montagem	
Tipo de montagem	A7
Tipo de organização do trabalho	I

Em torno do sistema repetitivo, MACCARTHY & FERNANDES (2000) afirmam que: (1) Tamanho da empresa não influencia na classificação; (2) Tempo de resposta deve ser PL+DL ;(3) Nível de Automação Normal (N) ou Flexível (F); (4) Nível de customização *Mushroom* ou Padronizado; (5) Tipo de *lay-out* em Grupo; (6) Tipo de *buffer* 1, 2 e 3; (7) Tipos de montagem A5, A6 ou A7.

A Kidy se enquadrou em todas as características propostas, de sorte que se tornou receptiva ao próximo princípio.

6.3.2.5 Implantação do quinto princípio

Este princípio consiste em escolher os sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra (SCO) mais adequados para cada unidade produtiva.

De acordo com GODINHO (2004), em conformidade com MACCARTHY & FERNANDES (2000), para unidades produtivas do tipo 1 (caso do objeto de estudo), o SCO mais adequado é o CONWIP ou PBC.

Após análise dos processos e documentos da fábrica 6, verificou-se já estar sendo usado o PBC como sistema de Coordenação de Ordens. Por conseguinte, nenhuma mudança efetiva foi necessária.

Mas a empresa, apesar de se utilizar desse sistema (aliás ideal para suas características), desconhecia as teorias que embasam o PBC.

Portanto, nesta etapa de implantação bastou explicar a metodologia do PBC, a fim de que os envolvidos, unissem a teoria à prática.

O relatório de controle do PBC pode ser visto na figura 6.13. O objeto de estudo denomina “programação” tal relatório. Fica ele pregado num mural dentro da fábrica, e todos os líderes (supervisores, monitor) têm cópia para poderem acompanhar a produção. A atualização do relatório é mensal e compete ao setor de Programação da Produção encaminhá-lo aos envolvidos. Através dele é possível saber o dia em que determinado lote entra em processo de produção e o dia em que deve ficar pronto. Os lotes são gerados pelo MPS; para se saber quais pedidos fazem parte de certo lote, basta consultar o relatório do Prodcál. Veremos isso na próxima seção.

Detalhe interessante é que a Fábrica 6, mantinha nomenclatura para seus processos, mas diferente do que se encontra na literatura. O ciclo por exemplo, é referido como “relatório diário de produção”. Esse hábito, há muito arraigado na empresa não foi possível mudar. Continua-se a chamar o “ciclo 1” de “relatório 1”; o relatório do PBC, “programação”. Mas o sistema funciona muito bem, independentemente de nomenclaturas.

A figura 6.13 mostra o programa PBC do mês de agosto. Por exemplo: no dia 2, o almoxarife está separando o material do ciclo 2; o corte está cortando o material do ciclo 1; o pesponto está costurando o material do ciclo 21 do mês de julho (ou seja, está atrasado; o problema de atrasos há de ser eliminado pelo princípio 6 que tem como capacitador o sistema Prodcál); a montagem está montando o ciclo 20

(também atrasado); e, no mesmo dia 2, a expedição já vai despachando os pedidos do ciclo 20.

DATA		ENTRADA	ALMOX	CORTE	PESP	MONT	EXP. KIDY	SAIDA
1	Dom							
2	Seg	1800	2	1	21	20	20	1800
3	Ter	1800	3	2	1	21	21	1800
4	Qua	1800	4	3	2	1	1	1800
5	Qui	1800	5	4	3	2	2	1800
6	Sex	1800	6	5	4	3	3	1800
7	Sáb							
8	Dom							
9	Seg	1800	7	6	5	4	4	1800
10	Ter	1800	8	7	6	5	5	1800
11	Qua	1800	9	8	7	6	6	1800
12	Qui	1800	10	9	8	7	7	1800
13	Sex	1800	11	10	9	8	8	1800
14	Sáb							
15	Dom							
16	Seg	1800	12	11	10	9	9	1800
17	Ter	1800	13	12	11	10	10	1800
18	Qua	1800	14	13	12	11	11	1800
19	Qui	1800	15	14	13	12	12	1800
20	Sex	1800	16	15	14	13	13	1800
21	Sáb							
22	Dom							
23	Seg	1800	17	16	15	14	14	1800
24	Ter	1800	18	17	16	15	15	1800
25	Qua	1800	19	18	17	16	16	1800
26	Qui	1800	20	19	18	17	17	1800
27	Sex	1800	1	20	19	18	18	1800
28	Sáb							
29	Dom							
30	Seg	1800	2	1	20	19	19	1800
31	Ter	1800	3	2	1	20	20	1800
		39600						39600

FIGURA 6.13 – Relatório PBC mês de Agosto 2004, utilizado na Fábrica 6

6.3.2.6 Implantação do sexto princípio:

Esse princípio consiste na Elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS). Para implantá-lo, foi utilizado o Prodcap, sistema computacional descrito no capítulo 4, que utiliza a heurística para elaborar o MPS.

Será relatado nesta seção como foram obtidas as informações para alimentação do Prodcap e como foi feito o balanceamento de mão-de-obra com as técnicas de medidas do tempo, também escolhidas como capacitadores do princípio.

Estabeleceram-se em primeiro lugar, os tempos-padrões das operações (APÊNDICE B), entre os grupos de trabalho mencionados na seção 6.3.2.2, Definiram-se as operações e os elementos, os quais foram cronometrados. Quanto a alguns elementos do pespointo, foram utilizados os tempos sintéticos, conforme referencial teórico. Com isso foi possível apurar os tempos-padrões das operações, alimentar o Prodcap e definir o total de mão de obra de equipamentos necessários para produção de 1800 pares por dia.

Para chegar aos 1800 pares diários, o departamento de vendas analisou os dados sobre vendas relativos aos últimos 24 meses. Obtendo média aritmética e admitindo potencial incremento dos negócios considerou realizável a venda de 1800 pares por dia. Contribuiu assim para aumento da participação dessa linha (Sandália Surfista) no mercado durante 2004 e 2005.

Foram inseridos no Prodcap os tempos-padrões e também lançados os pedidos de vendas dos meses de outubro e novembro de 2004. Em seguida solicitou-se o cálculo do MPS para 2 períodos. A tabela 6.4 mostra um trecho do relatório impresso, como exemplo do MPS utilizando o Prodcap e a heurística proposta por SILVA (2002a).

Várias melhorias aconteceram com a utilização do MPS. Detalhes importantes devem ser observados.

O primeiro detalhe é a capacidade de utilização dos setores produtivos. Foi possível usar quase que 100% da capacidade produtiva dos setores (tabela 6.4), aspecto que a fábrica 6 não controlava. SURI (1998) contesta a utilização de 100% da capacidade de produção, afirmando que se uma operação for calculada em 80% na média, ela vai ser realizada sem “*stress*”. Obtém-se resultado melhor do que operação a 100%, na qual a pressão é maior em consequência as falhas também. Retornando à indústria de calçados, a grande maioria dos processos é manual e foram determinados

tempos-padrões para cada um deles. Esses tempos padrões são calculados a 80%, como foi dito na revisão de obtenção de tempos (capítulo 4). Então os 100% da capacidade, citado acima, correspondem a quase 100% ou seja 99,48% dos 80% estipulados nos tempos-padrões, o que resulta em utilização líquida de 79,58%

$$\text{Utilização líquida} \rightarrow 0,80 \times 0,9948 = 0,7958$$

Uma fábrica tradicional que trabalhe a 80% dos tempos-padrões terá um líquido de 64% bem abaixo do percentual da proposta.

$$\text{Utilização líquida: fábrica trabalha 80\%} \rightarrow 0,80 \times 0,80 = 0,64$$

Outra mudança significativa residiu na quantidade de pares a serem produzidos diariamente. Todos na fábrica tinham meta de 1800 pares por dia. Como é possível ver no relatório do PBC (figura 6.13), a entrada e a saída são de 1800, mas, em fase da implantação do Prodcál e da verdadeira utilização do MPS, transformou-se a cultura interna. Os envolvidos compreenderam que a meta de produção depende do MPS, pois é ele que define a melhor utilização dos setores produtivos, de acordo com a quantidade de equipamento e mão-de-obra que os tempos-padrões estabeleceram. Com isso a produção diária tem variação de 1600 a 2100 pares, dependendo da carteira de pedidos. Para que os operadores soubessem da meta do dia, a fábrica passou a efetuar simples reunião de, no máximo, 5 minutos, logo na primeira hora de trabalho. Foi denominada de matinal. A média diária, após a implantação consolidada do Prodcál, no período de 20 de novembro a 10 de dezembro de 2004 foi de 1920 pares. Além do aumento de produtividade (aumento da produção com o mesmo número de trabalhadores) foi atendido número maior de pedidos / dia. Antes da implantação consolidada do Prodcál a média era de 76 pedidos / dia. No período de 20 de novembro a 10 de dezembro de 2004, a média passou a ser de 82 pedidos.

A única dificuldade surgiu no setor de montagem por ser constante a velocidade da esteira, para produção diária de 1800 pares. Para se produzir de acordo com MPS (oscilações de 1600 a 2100 pares) foi proposto aos trabalhadores da montagem um sistema de Banco de Horas, segundo o qual eles ficam em serviço além do horário, quando necessário, e saem mais cedo, quando o MPS é menor que 1800 pares por dia.

TABELA 6.4 – Relatório MPS Prodcál

Pedido	MPS	Corte	Pespondo	Montagem	Pares	Ki
296423	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
701282	0	1,714286	1,814693	1,736111	36	349
296420	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
701281	0	1,714286	1,814693	1,736111	36	349
296418	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
701280	0	1,714286	1,814693	1,736111	36	349
701279	0	1,714286	1,814693	1,736111	36	349
296416	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
1041938	0	2,428571	2,797697	2,604167	54	349
296415	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
296396	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
296394	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
296393	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
701275	0	1,619048	1,865132	1,736111	36	349
296391	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
296385	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
701273	0	2,428571	2,797697	2,604167	54	349
242349	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
107654	0	1,15873	1,047149	1,157407	24	349
1122206	0	1,213624	1,168586	1,157407	24	349
5078119	0	1,238095	1,073465	1,157407	24	349
701272	0	2,428571	2,797697	2,604167	54	349
5053672	0	1,238095	1,073465	1,157407	24	349
5048492	0	1,238095	1,073465	1,157407	24	349
701271	0	3,238095	3,730263	3,472222	72	349
5048156	0	1,238095	1,073465	1,157407	24	349
1212293	0	1,238095	1,073465	1,157407	24	349
626780	0	1,238095	0,850877	1,157407	24	349
83 pedidos		99,46%	99,14%	99,83%	2070 pares	

Outro detalhe importante da utilização do Prodcál é que, mesmo ele elaborando todo MPS automaticamente, não foi possível substituir pelo sistema o programador (pessoa que programa a produção diária), pois uma verificação final no MPS é muito importante. Pode haver alguma restrição (como, por exemplo, financeira) que não tenha sido possível programar a tempo, e o mesmo pode ser gerado e ocasionar problemas futuros, como estoques de produtos acabados.

Inovação proposta pelo programador consiste em incluir no sistema Prodcál a possibilidade de marcar pedidos que contenham restrições de última hora e gerar novo MPS para que outra utilização dos setores produtivos seja calculada, Hoje o sistema só permite exclusão do pedido.

6.3.2.7 Implantação do sétimo princípio:

Consiste em escolher um sistema apropriado para seqüenciar as ordens de produção. Conforme declarado anteriormente, adotou-se neste princípio, como capacitador, a proposta adaptada de SILVA & FERNANDES (2002). A implantação foi muito simples, pois a Fábrica 6 já efetuava algo parecido. Seus colaboradores já separavam as ordens por setores produtivos e iniciavam a fabricação pelos itens mais difíceis. O que não fazia parte do seqüenciamento eram os tempos de *set-up*.

No pesponto após a padronização de 3 cores de linhas, como foi dito a propósito do primeiro princípio, a solução estabelecida foi juntar todos os modelos que utilizam a mesma cor de linha e seqüenciá-los, do mais difícil para o mais fácil, e efetuar, se possível, apenas 3 trocas de linha no dia todo, conforme descrito no capítulo 4.

Com isso não houve necessidade de confecção da matriz com os *set-ups*. Percebeu-se a satisfação das pespontadeiras com a redução da tarefa de trocar linha.

Já no corte a dificuldade são os materiais; existem vários tipos e, para cada tipo, corresponde uma regulagem de máquina (*set-up*). Nesse caso, elaborou-se a matriz (tabela 6.5) e utilizou-se na íntegra o proposto por SILVA & FERNANDES (2002).

TABELA 6.5 – *Set-up* setor de corte (tempos em segundos)

	Sintético	Laycra	Pluma	Forro	Velcro
Sintético	-	15	45	15	80
Laycra	15	-	45	15	80
Pluma	30	30	-	30	40
Forro	15	15	45	-	80
Velcro	60	60	30	60	-

N setor da montagem, o seqüenciamento é efetuado conforme a liberação do pesponto, A expedição separa os pedidos de acordo com sua prioridade.

6.3.2.8 Implantação do oitavo princípio:

Este princípio tem por finalidade garantir a qualidade dos produtos dentro da visão responsiva, isto é, conciliando velocidade e qualidade.

No objeto de estudo (Fabrica 6), deu-se grande importância a esse princípio. Como pode ser visto na implantação do segundo princípio, especificamente na linha de montagem, ocorreu aumento de mão-de-obra para garantir os índices aceitáveis de qualidade.

A velocidade da linha de montagem permaneceu constante, porém, com aumento dos operadores, ocorreu melhora significativa no índice de retrabalho, que passou de 3,5% da produção diária (Janeiro 2004) para 1,9% (dados relativos à semana de 25 a 29/10/2004). Comprova-se assim a grande importância desse princípio na indústria de calçados.

O objeto de estudo adota tolerância de 1,5% para índice de retrabalho, o que ainda não está sendo alcançado pela montagem, Porém, treinamentos estão sendo realizados para capacitar ainda mais a mão-de-obra. São considerados retrabalhos todos os processos refeitos, como colar novamente uma palmilha, tirar rebarbas da sola, etc.

A velocidade exerce muita influência nos processos produtivos de calçados, pois não adianta querer acelerar o processo sem respeitar os tempos de secagem requeridos pelas colas e pelos solventes. Deve-se procurar alternativa para obtenção de ganhos de produtividade sem prejudicar a qualidade. Exemplo, máquinas que auxiliem no processo de secagem.

6.3.3 Passo 3: Selecionar medidas de desempenho para a MR

Conforme demonstrado no capítulo quatro, foram selecionadas seis medidas de desempenho para a MR, específicas para indústria de calçados:

- Tempo de resposta total do sistema
- Porcentagem das entregas no tempo devido.
- Tempo de resposta da empresa em relação ao tempo de resposta médio da indústria.
- *Lead-time* de produção.
- Numero de novos produtos lançados no mercado em dado período.
- Tempo de lançamento médio de novos produtos

6.3.4 Passo 4: Monitorar

A implantação da metodologia é recente, Mesmo assim, já é possível extrair resultados das inovações.

O tempo de resposta total do sistema é de 20 dias. No caso da empresa, quando o vendedor visita o cliente, leva consigo a data possível de entrega, mas comunica ao cliente que a data pode variar em 3 dias para cima ou para baixo. Em outras palavras, o cliente efetua pedido para entrega no dia 10; assim, poderá receber entre os dias 7 e 13. Segundo relato dos envolvidos, o tempo de resposta já foi muito maior (entre 25 e 30 dias). Relataram também que, quando se aproximam as datas comemorativas de fim de ano e o mercado se aquece, os clientes passam a trabalhar com programações, efetuando pedidos de 40 a 60 dias à frente da data de que a fábrica dispõe.

A porcentagem das entregas no tempo devido também está sendo monitorada. Hoje, em média, a Fábrica 6 atende a 1.300 pedidos por mês (o equivalente a aproximadamente 36.000 pares/mês); o percentual de entregas na data correta situa-se em torno de 86% ou seja, aproximadamente 1.100 pedidos estão sendo atendidos na data prometida. Esse índice é um dos pontos a serem melhorados no sistema. Futuras pesquisas poderão auxiliar na consecução de índice mais próximo de 100%.

O tempo de resposta da empresa em relação ao tempo de resposta médio da indústria considera-se bom. De acordo com o pessoal do departamento de vendas, os concorrentes estão efetuando entregas entre 25 e 30 dias. Isto quer dizer que o sistema implantado está dando respostas positivas, pois a média da Fábrica 6 é de 20 dias.

Como o sistema de produção permanece sob o controle do PBC, que tem ciclos de duração pré-estabelecidos, a Fábrica 6 possui *lead-time* de produção de 4 dias.

O número de novos produtos lançados no mercado em dado período e o tempo de lançamento médio desses novos produtos são prioridades no objeto de estudo. A empresa lança de três a quatro novos modelos a cada 3 meses.

Os dados acima são médias acompanhadas desde a implantação da proposta (fevereiro 2004) até julho de 2005. A execução do sistema ainda está se aperfeiçoando. A própria curva de aprendizagem do uso do sistema trará melhorias.

Na tabela 6.6 apresenta os ganhos e responsividade alcançados por cada princípio e capacitador, justificando os resultados acima.

TABELA 6.6 – Resultados e relação com responsividade de cada princípio.

Princípios	Capacitadores utilizados	Ganhos aplicação	Responsividade
Alterar características do produto que possibilitem eliminar operações produtivas, sem que a qualidade e a estética do produto sejam alteradas.	Análise de Valor	Padronização de Materiais, eliminaram-se processos desnecessários e facilitou a fabricação	Redução no tempo de operações
Simplificar ao máximo o fluxo de materiais levando em conta o impacto no controle da produção e em especial no balanceamento da capacidade e a programação da produção.	PFA (Production Flow Analysis)	Definiram-se <i>lay-outs</i> mais flexíveis, melhor utilização de espaço fixo.	Flexibilizou o Processo
Subdividir os processos em unidades produtivas de acordo com tipos de <i>lay-outs</i>	<i>Lay-outs</i> celular (com padrão de fluxo <i>flow shop</i> ou <i>job shop</i>) e funcional (pequenos <i>job shops</i>)	<i>Lay-out</i> com padrão de fluxo <i>flow shop</i>	.-
Classificar as unidades produtivas	Sistema de classificação de sistemas de produção MACCARTHY & FERNANDES (2000). Espera-se predominância dos sistemas de produção semi repetitivos.	Ficou enquadrada como sistema repetitivo	.-
Escolher os sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra mais adequados para cada unidade produtiva	Escolha baseada na classificação multi-dimensional de MACCARTHY & FERNANDES (2000)	Utilização de PBC fixando realmente o <i>lead-time</i> de produção em 4 dias	Fixou realmente o <i>lead-time</i> de produção em 4 dias
Elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS).	Tempos cronometrados e tempos pré-determinados e heurística para elaborar o MPS (PRODCAL)	Aumento na utilização dos processos produtivos e aumento na quantidade de pedidos atendidos	Aumento de pedidos atendidos no prazo
Escolher sistema apropriado para sequenciar as ordens de produção em cada setor produtivo (corte, pesponto e montagem)	Adaptação da proposta de SILVA & FERNANDES (2002)	Ganho de produção, redução de <i>set-up</i> e satisfação dos operários.	Eliminaram-se <i>Set-ups</i> desnecessários
Considerar sempre os efeitos da velocidade na qualidade dos produtos	Gráficos que relacionam efeitos da velocidade nas taxas de refugo	Aumentou-se a linha de montagem e diminuiu o ritmo, para respeitar os tempos de processo e melhorar a qualidade	Melhoria na Qualidade

7 CONCLUSÕES

Antes de mais nada, é importante repetir que três questões de pesquisa foram apresentadas nesta dissertação. As respostas dadas às três indagações constituem os resultados deste trabalho.

A primeira pergunta a ser respondida é se a proposta de GODINHO (2004) afigura-se adequada para atingir a Manufatura Responsiva. Pode-se afirmar que sim, mas para cada segmento de manufatura deverão ocorrer adaptações, pois GODINHO (2004) apresentou visão global, ou seja os alicerces para busca da MR. Quando se aprofunda num tipo de indústria repleto de peculiaridades, as características específicas devem ser incluídas na proposta. Com isso a segunda pergunta deste trabalho adquire importância extraordinária.

Quais as adaptações necessárias à proposta?

Para se responder a esta indagação, cumpre manter presente o objetivo principal do estudo a saber: adaptar, implantar e avaliar, numa fábrica de calçados, o modelo, proposto por GODINHO (2004) de nova abordagem para Manufatura Responsiva. Neste contexto, apoiado pelo método da pesquisa-ação, foi possível identificar problemas que direcionaram a pesquisa para a busca de novos princípios e capacitadores, a fim de adaptar a proposta daquele autor.

Na proposta original de GODINHO (2004) havia 6 princípios. Dois deles foram alterados, quatro foram mantidos e dois foram incluídos. Foram alterados:

a) O princípio que trata do fluxo de materiais. A análise do fluxo de produção deu origem a um princípio adaptado (simplificar ao máximo o fluxo, levando em conta a necessidade ou não de flexibilidade de programação da produção). No caso havia necessidade dessa flexibilização, porque, no *lay-out* anterior, apesar de o fluxo ser mais simples, cada linha de pesponto fabricava modelo específico (com variações de cores e tamanho); e assim, dependendo da demanda, a programação da produção se tornava impotente para manter ocupadas todas as linhas, em todos os dias úteis. Os resultados da implantação deste princípio foram surpreendentes quanto à redução de espaço físico nas áreas produtivas e à flexibilidade para programação mediante células produtivas, as quais puseram fim à rigidez do processo.

b) O princípio, escolher, se necessário, um sistema de programação da produção com capacidade finita para completar o SCO (Sistema de Coordenação de

Ordens). O princípio passou a ser: escolher sistema apropriado para sequenciar as ordens de produção em cada setor produtivo (corte, pesponto e montagem)

Foram incluídos os princípios: (1) Alterar características do calçado que possibilitem eliminar operações produtivas, sem que a qualidade e a estética do produto sejam alteradas. (2) Elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS).

Quanto aos princípios de GODINHO (2004) mantidos pela presente dissertação um fato merece comentário. Liga-se ao princípio da classificação das unidades produtivas. Apesar de o objeto de estudos possuir grande variedade de produtos (devido à numeração), caracterizou-se como uma única unidade produtiva com sistema repetitivo. Assim, não ocorreu o caso mais freqüente da Manufatura Responsiva, que é a presença de sistemas de produção semi-repetitivos.

Como capacitadores incluem-se: Análise de Valor; Estudos de Tempos Cronometrados e Pré-determinados; SILVA (2002a) com sua heurística para elaboração do Programa Mestre de Produção (MPS) e o sistema de apoio à decisão Prodcál; e a melhoria da proposta de SILVA & FERNANDES (2002) para o sequenciamento das ordens de produção de calçados.

A Análise de Valor reduziu custos de produção com eliminação de operações desnecessárias, causando também redução de mão-de-obra em alguns setores. Os estudos de tempos possibilitaram busca real dos tempos padrões e descoberta de metodologia interessante de tempos-predeterminados, utilizada pelo objeto de estudo, com intuito de reduzir o tempo gasto com cronometragens nas máquinas de pesponto. O aperfeiçoamento desta técnica poderá ser desenvolvido como proposta para futuras pesquisas.

O Prodcál e a heurística para elaboração do MPS tiveram função relevante, porque originaram ganhos de produtividade, primeiro pela maior utilização da capacidade produtiva dos setores, segundo pela melhora no nível de serviço (ao aumentar o número de pedidos atendidos no prazo). A mudança de mentalidade do objeto de estudo também foi marcante. Estavam acostumados a trabalhar com metas rígidas de produção e o MPS acabou com tal rigidez, instituindo metas diárias, conforme a carteira de pedidos, os tempos padrões e os critérios de alocação escolhidos (atender prazos e utilizar bem a capacidade dos setores produtivos).

O sequenciamento das ordens de produção também contribui eficazmente sobretudo no Corte e no Pesponto. Os cálculos de *set-up* e a seqüência de produção iniciando pelos modelos mais difíceis realmente fazem a produtividade e a satisfação dos operários aumentarem, ao mesmo tempo que os índices de retrabalho diminuem. A implantação do PBC não teve grandes dificuldades, já que o sistema era bem difundido no objeto de estudo.

Quanto à avaliação, pode-se concluir que a nova proposta realmente funciona, a adaptação e a implantação foram bem sucedidas. É possível observar os ganhos e concluir que o propósito de alcançar a Manufatura Responsiva está sendo realizado. Redução nos índices de tempo de resposta, aumento no percentual de entregas no tempo devido, diminuição no tempo de resposta e diminuição do *Lead-time* de produção foram atingidos com sucesso. Isto mostra que a **RESPONSIVIDADE** vem sendo atingida e que os índices poderão melhorar ainda mais com o passar do tempo através da curva de aprendizado e de futuras pesquisas. Acredita-se também que a proposta pode ser utilizada para o segmento têxtil ou outro que tenha características semelhantes ao processo produtivo do calçado. Responde-se assim à terceira pergunta; Até qual ponto a nova proposta é só para a indústria calçadista?

Procurou-se com este trabalho analisar e criticar propostas já existentes (como: GODINHO 2004, SILVA & FERNANDES 2002, SILVA, 2002a) de modo a adaptá-las e aprimorá-las à luz de uma situação real (pesquisa-ação). Isso mostra também que a distância entre a teoria e a prática pode ser reduzida e mais estudos devem ser desenvolvidos com esse mesmo objetivo.

Outro ponto observado é a carência de informações científicas, atinentes ao setor calçadista, principalmente no que diz respeito ao controle de produção e as tecnologias de processo. Por isso, novos estudos poderão prestar inestimável colaboração a esse setor tão importante para a economia nacional.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS – Associação Brasileira das Indústrias de Calçados, Dados Estatísticos, 2004. Disponível em: <www.abicacados.com.br>. Acesso em: Dezembro/2004

ABRAMCZUCK, A. A. “Para que serve a análise de valor? Para que poderia servir?. In: VALOR EM PERSPECTIVA”, ABREAV, P.15-20, Florianópolis 1991.

ALLAHVERDI,A.; GUPTA, J.N.D. & ALDOWAISAN, T. A review of scheduling research involving set-up considerations, **International Journal of Management Science**, Omega, v. 27,n.1, p. 219-239, 1999.

ALVES, R.. **Filosofia da Ciência** – Introdução ao jogo e suas regras. 21º.ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

ANDRADE, J.E.P.; CORRÊA, A.R. Panorama da indústria mundial de calçados, com ênfase na América Latina. **BNDES Setorial** , Rio de Janeiro, n. 13, p. 95-126, mar. 2001.

BARNES, R. M.**Estudo de Movimentos e de Tempos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1963.

BARNES, R.M. **Estudo de Movimentos e de Tempos – Projeto de Medida do Trabalho**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda,1977.

BASSO, J.L. **Engenharia e Análise do Valor**. São Paulo: IMAM, 1991.

BENJAMIN, W.N. **Motion and Time Study**. 8 ed., Burr Ridge, IL: Richard D. Irwin, 1988

BERRY, W.L.; VOLLMANN, T.E. & WHYBARK, D.C.. **Master production Scheduling: Principles and Practice**. American Production and Inventory Control Society, 1979.

BLACKBURN, J.. The time factor. In: **Time-based Competition** – The next Battleground in Manufacturing. Business One Irwin, Homewood, IL, 1991.

BORGEN , E. Production management principles in newspaper pre-press production. **Production Planning & Control**, v. 7, n.1, p. 96-98, 1996.

BOTTA-GENOULAZ, V.. Hybrid flow shop scheduling with precedence constraints and time lags to minimize maximum lateness. **Int. J. Production Economics**, n. 64 , p. 101-111, 2000.

- BOWER, J.L. & HOUT, T.M. Fast Cycle capability for competitive power. *Harvard Business Review*, pp. 110-118, November-December, 1988.
- BUFFA, E.S. *Meeting the Competitive Challenge*, Irwin, 1984.
- BURBIDGE, J. L. **Production Flow Analysis**. Clarendon Press. Oxford, 1996a.
- BURBIDGE, J.L. & HALSALL, J. Group Technology and growth at Shalibane. **Production Planning and Control**, v. 5, n. 2, p. 213-218, 1994.
- BURBIDGE, J.L. **Period Batch Control**. Clarendon Press. Oxford, 1996b.
- BURBIDGE, J.L. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1988.
- BURBIDGE, J.L. **The Introduction of Group Technology**. Heinemann London, 1975.
- BURBIDGE, J.L. The use of period batch control (PBC) in the implosive industries. **Production Planning and Control**, v. 5, n.1, p. 97-102,1994.
- CHENG, T.C.E. & SIN, C.C.S. A state-of-art review of parallel-machine scheduling research. **European Journal of Operational Research**, v. 47, p 271-292,1990
- CONWAY, R.W., MAXWELL, W.L. AND MILLER L.W. **Theory of scheduling**. Addison-Wesley, Reading (MA), 1967
- CORRÊA, H. L. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- CORRÊA, H.L. & GIANESI, I.G.N. **Just in Time, MRP II e OPT** : Um enfoque estratégico. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 1996.
- CRUZ, H. N. **Alternativas e difusão tecnológica: o caso do setor de calçados no Brasil**. São Paulo, 1977. Tese (Doutorado em Economia).Universidade de São Paulo – USP.
- DURI, C., FREIN, Y. & LEE H.S. Performance evaluation and design of a CONWIP system with inspections. **Int. J. Production Economics**, v. 64, p.219-229, 2000
- FERNANDES, F.C.F **Concepção de um Sistema de Controle da Produção para a Manufatura Celular**. São Carlos, 1991. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo.
- FERNANDES, F.C.F. & MACCARTHY, B.L. Production Planning and Control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts.IN: International Conference on CAD/CAM, 1999, Águas de Lindóia-Brazil. **Proceedings of the 15th International Conference on CAD/CAM, Robotics & Factories of the Future** v. 1, pages from MF2-1 to MF2-6, August 1999.

FERNANDES, F.C.F. & MURARI, L.S. Diagnóstico dos Principais Problemas na Indústria de Calçados Femininos. **Revista Tecnicouro**, v. 20, n. 3, Seção artigos técnicos, Maio de 2000.

FERNANDES, F.C.F. Coordenação de Ordens de Produção e Compra. *Material de aula de Planejamento e Controle da Produção 2*. Universidade Federal de São Carlos, 2003.

FERNANDES, F.C.F.; SANTORO, M.C.; Avaliação Do Grau De Prioridade E Do Foco Do Planejamento E Controle Da Produção (Pcp): Modelos E Estudos De Casos, **Gestão E Produção**, São Carlos - 2005

GINEBRA, Oficina Internacional Del Trabajo. Introduccion al estudio del trabajo. 3ª. ed. , Ginebra, 1980.

GODINHO FILHO, M; FERNANDES, F.C.F; Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs): elementos chave e modelo conceitual, **Gestão E Produção**, V. 12 n.3 São Carlos – Dezembro 2005

GODINHO FILHO, M. **Contribuição para o estudo da competitividade das empresas por meio da integração dos processos de Controle da Produção (CP) e Controle da Qualidade (CQ) no âmbito da produção enxuta**. São Carlos, 2001. 222 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de São Carlos. (UFSCAR)

GODINHO, M.F. **Paradigmas estratégicos de gestão e manufatura: configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados** . São Carlos, 2004. 267 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR).

GUNDOGAR, E. A rule-based máster production scheduling system for na electro-mechanical manufacturing company. **Production Planning & Control**, v.10, n.5, p. 486-492, 1999.

GUPTA, J.N.D. & TUNC, E.A.: Scheduling a two-stage hybrid flowshop with separable set-up and removal times. **European Journal of Operational Research**, v. 77, p. 415-428, 1994.

HANFIELD, R.B. & BECHTEL, C. The role of trust and relationship structure in improving supply chain responsiveness. **Industrial Marketing Management**, v. 31 , p. 367-382, 2002.

HANFIELD, R.B. **Reengineering for time-based competition**. Business One Irwin, Homewood, IL, 1995.

HEIZER, J. & RENDER, B. **Administração de Operações**. 5ª. Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HILL, J.A.; BERRY, W.L.; LEONG, G.K.; SCHILLING, D.A. Master production scheduling in capacited sequence-dependent process industries, **International Journal of Production Research**, v.38, n.18, p. 4743-4761, 2000

KOUVELIS, P. & VAIRAKTARAKIS, G. Flowshops with processing flexibility across production stages, *IIE Transactions*, n. 30 , p. 735-746 , 1998

KRISHNAMURTHY, A., SURI, R. VERNON M.. “Re-examining the Performance of Push and Pull Material Control Strategies for Multi-product Flexible Manufacturing Systems,” **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**. 2004.

KRITCHANCHAI, D. & MACCARTHY, B.L. Responsiveness and strategy in manufacturing. *Proceedings of the workshop Responsiveness in Manufacturing*, digest n° 98/213, IEE, London, 1998.

LAMOURE, S. & THOMAS, A. The two level master production schedule and planning bills in a just in time MRP context. **Int. J. Production Economics** , v. 64 , p. 409 -415 (2000),

LEITE, R.B. & FERNANDES, F.C.F. Perfil dos pequenos e médios fabricantes de calçados da cidade de Birigui. **Técnicouro**, outubro 2003.

LEITE, R.B. **Metodologia para diagnosticar problemas e necessidades da área produtiva e sua aplicação em pequenas e médias fundições e fabricantes de calçados**. São Carlos, 2004. 175p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos.

LIM, M.K. & ZHANG, Z. A multi-agent based manufacturing control strategy for responsive manufacturing. **Journal of Materials Processing Technology**, n. 139, 2003.

LINN, R. & ZHANG, W. Hybrid flow shop scheduling: a survey. **Computers & Industrial Engineering**, v. 37, Issue: 1-2, p. 57-61, October, 1999

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.

MARAMALDO, D. **Análise de valores**. Rio de Janeiro: Intercultural, 1983.

MARTINS, P.G., & LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2001.

MAYNARD, H.B. Padrões de Tempos Elementares Pré-determinados. In: **Manual de Engenharia de Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

MAYNARD, H.B., STEGEMERTEN, G. J. & SCHWAB, J.L. **Methods-Time Measurement**. New York: McGraw Hill, 1948.

MELETON, M.P. OPT-Fantasy or Breakthrough , Second Quater, **Production and Inventory Management**, 1986.

MEYERS, F. E. **Motion and Time Study**: for lean manufacturing. 2ª edição. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1999.

MICT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Os serviços no Brasil** – estudo de casos. Rio de Janeiro, p.154; 1998.

MILES, L. D. **Engeniring Value Analisys**.. 5ed. Califórnia: Trad. K. Weil, 1962.

MOCCELLIN, JV and NAGANO, MS. Heuristics for Hybrid flow shop scheduling. *Proceedings of INFORMS*, November 2000.

MUNDEL, M.E. **Motion and Time Study**. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, N.J. 1978.

NAVARRO, V.L. Reestruturação Produtiva e Precarização do Trabalho na Indústria de Calçados no Brasil, **Cuba Siglo XXI**, Cuba 2004.

NEW, C. MRP and GT, a New Strategy for Component Production. **Production and Inventory Management Journal**, 3rd quarter, 1977.

NOVASKI, O., SUGAI, M. MTM como ferramenta para redução de custos. **Revista Produção (online)**, v.2, n 2, outubro 2002.

PACHECO, R.F.; SANTORO, M.C. A adoção de modelos de Scheduling no Brasil - deficiências no processo de escolha. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 2, p. 128-138, 2001.

PEDROSO, M.C.; CORREA, H.L. Sistemas de programação da produção com capacidade finita: uma decisão estratégica ? **Revista de Administração de Empresas – FGV**, v. 36, n. 4, 1996.

PIRES, S.R.I. **Gestão estratégica da produção**. Piracicaba: Editora Unimep.(1995).

PRACUCH, Z. Nossos empresários não tem acesso a informações atualizadas. **A voz de Nova Serrana**, p. 62, julho 2002.

RAJENDRAN, C. & CHAUDHURI, D. Scheduling in n-job, m-stage flowshop with parallel processors to minimize makespan. **International Journal of Production Economics**, v., n. 27, p. 137-143 , 1991.

REIS, C. N. **A indústria brasileira de calçados**: inserção internacional e dinâmica interna nos anos 80. Campinas, 1994.

RESENDE, M. O. ; PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: Teoria e prática da industria mecânica no Brasil. São Carlos, 1989. 233 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

RIEZEBOS, J. **The design of a period batch control planning system for cellular manufacturing**. Thesis University of Groningen, Groningen, the Netherlands, 2001.

ROHR, S.S.; CORRÊA, H.L. Time-Based Competitiveness in Brazil: Whys and Hows. **Intenational Journal of Operations and Production Management**, v.18, n.3, p. 233-245, 1998.

SCHMENNER, R. W. "The Merit of Making Things Fast," **Sloan Management Review**, 1988.

SEVEGNANI, F.X.; SACOMANO, J.B. **A Estratégia de Manufatura no setor coureiro calçadista: Maquinas Operatrizes e Equipamentos – SIMPEP** , Bauru 2003.

SILVA, F.M. & FERNANDES, FCF. Uma proposta de seqüenciamento de operações para a produção de calçados em um ambiente de fluxo controlado, CTCCA . **Revista Tecnicouro**, Novembro, 2002.

SILVA, F.M. Um **sistema de Planejamento e Controle da Produção para indústrias de calçados infantis pertencentes a um *industrial cluster***. São Carlos, 2002a. 137 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos.

SILVA, S.E. **Análise da aquisição, implantação e uso de sistemas ERP em médias empresas industriais do ramo de calçados**. São Carlos, 2002b. 178 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C. **Administração da produção**. 1ª.ed. São Paulo : Atlas, 1999.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A. & JOHNSTON, R. (1997). **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SPEARMAN, M.L; WOODRUFF, D.L and HOPP, W.J. CONWIP: a pull alternative to kanban. **International Journal Production Resource**, v. 28, n.5, p. 879-894, 1990

STALK, G. & HOUT, T. **Competing against time**. New York: The Free Press, 1990.

STALK, G. Time: The next source of competitive advantage. **Harvard Business Review**, p. 41-51, July-August, 1988.

STEELE, D.C.; BERRY, W.L.; CHAPMAN, S.N. Planning and Control in multi-cell manufacturing. **Decision Sciences**, v. 26, n.1, p. 1-34, 1995.

STEVENSON, W.J. **Administração das Operações de Produção**. 6ª. Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2001.

SURESH, N. Optimizing Intermittent Production Systems through Group Technology and an MRP System. **Production and Inventory Management Journal**, 4th quarter, 1979

SURI, R. & KRISHNAMURTHY, A. “How to Plan and Implement POLCA – A Material Control System for High Variety or Custom-Engineered Products,” **Technical Report, Center for Quick Response Manufacturing**, University of Wisconsin-Madison, WI. – 2003.

SURI, R. **Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead-times**, Portland: Productivity Press, 1998

SURI, R. Quick Response Manufacturing: A Competitive Strategy for the 21st Century In: POLCA IMPLEMENTATION WORKSHOP 2002, Madison . **Proceedings of the 2002 POLCA Implementation Workshop**. Fevereiro, University of Wisconsin-Madison 2002.

SUZIGAN, W. **Indústria brasileira: origem e desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense, 1986.

TAHARA, C.S.; Sistema de apoio à decisão para a elaboração do programa mestre de produção para a manufatura celular; São Carlos, 1995. 144 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 9^o ed. São Paulo: Cortez, 2000.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação em organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

VENKATARAMAN, R. & NATHAN, J. Master Production Scheduling for a Process Industry Environment a Case Study. **International Journal of Production Management**, v.44 , january 1994

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

Vollman, T.E.; Berry, W.L.; Whybark, D.C.. Manufacturing Planning and Control Systems. **The Dow Jones Irwin /APICS Series in Production Management**, 1997.

WEMMERLOV, U. Production planning and control procedures for cellular manufacturing systems. **American Production and Inventory Control Society**, Fall Church, VA, 1988.

WOMACK, J., JONES, D. & ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Ed. Campus. 14^o Edição, Rio de Janeiro 1992.

XING, W. AND ZHANG, J. Parallel machine scheduling with splitting jobs. **Discrete Applied Mathematics**, v. 103, p. 259-269, 2000.

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.

APÊNDICES: A

APENDICE A – Seqüência Operacional

No	CORTE CABEDAL	
1	CORTAR GASPEA EXTERNO	ALFA CLICK
2	CORTAR GASPEA INTERNO	ALFA CLICK
3	CORTAR DETALHE TRASEIRO	ALFA CLICK
4	CORTAR ENFEITE DO CANO	ALFA CLICK
5	CORTAR DETALHE TRASEIRO INTERNO	ALFA CLICK
6	CORTAR ENFEITE GASPEA	ALFA CLICK
7	CORTAR ENFEITE CANO EXTERNO	ALFA CLICK
8	CORTAR ENFEITE CANO INTERNO	ALFA CLICK
9	CORTAR COLARINHO	ALFA CLICK
10	CORTAR DETALHE GASPEA EXTERNO	ALFA CLICK
11	CORTAR DETALHE LATERAL EXTERNO	ALFA CLICK
12	CORTAR DETALHE LATERAL INTERNO	ALFA CLICK
No	CORTE COMPONENTE	
1	CORTAR VELCRO PONTA INFERIOR	ALFA CLICK
2	CORTAR VELCRO PONTA SUPERIOR	ALFA CLICK
3	CORTAR PONTA SUPERIOR	ALFA CLICK
4	CORTAR PONTA INFERIOR	ALFA CLICK
5	CORTAR CANO	ALFA CLICK
6	CORTAR CANO EXTERNO	ALFA CLICK
7	CORTAR CANO INTERNO	ALFA CLICK
No	AUX. CORTE	
1	DESMEMBRAR PEÇAS	MESA
2	DESMEMBRAR PASSADOR	MESA
3	DESMEMBRAR EMBORACHADO	MESA
4	DESTACAR DETALHE GASPEA 4*1	MESA
5	DESTACAR DETALHE TRASEIRO 2*1	MESA
	COLAR PEÇAS DIVERSAS	
1	COLAR VELCRO PONTAS	MESA
2	COLAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	MESA
3	LIMPAR + COLAR ETIQUETA NO VELCRO/	MESA
4	COLAR ETIQUETA PONTA INFERIOR	MESA
5	COLAR CANO EXTERNO NO INTERNO	MESA
6	COLAR EMBORRACHADO TRASEIRO	MESA
7	COLAR TELA NA LATERAL EXTERNA	MESA
	COLAR PESPONTAR ENFEITES	
1	COLAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	MESA
2	LIMPAR + COLAR ETIQUETA NO VELCRO/	MESA
3	COLAR ETIQUETA PONTA CANO	MESA
4	COLAR ETIQUETA PONTA GASPEA	MESA
5	COLAR CANO EXTERNO NO INTERNO	MESA

6	COLAR DETALHE GASPEA EXTERNO	MESA
7	COLAR DETALHE GASPEA	MESA
8	COLAR EMBORACHADO NO CANO	MESA
9	PESPONTAR PONTA INFERIOR	COL 01AG
10	PESPONTAR PONTA SUPERIOR	COL 01AG
11	PESPONTAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	COL 01AG
12	PESPONTAR ETIQUETA PONTA CANO	COL 01AG
13	PESPONTAR ETIQUETA PONTA GASPEA	COL 01AG
14	PESPONTAR EMBORACHADO TRASEIRO	COL 01AG
15	PESPONTAR DETALHE DA GASPEA	COL 01AG
16	PESPONTAR DETALHE GASPEA EXTERNO	COL 01AG
17	PESPONTAR GASPEA	COL 01AG
18	PESPONTAR GASPEA INTERNA	COL 01AG
19	PESPONTAR GASPEA EXTERNA	COL 01AG
No	PESPONTO E ACABAMENTO	
1	COLAR DETALHE GASPEA	MESA
2	VIRAR FORRO CANO	MESA
3	COLAR DETALHE CANO	MESA
4	COLAR LATERAIS + GORGURAO CANO (GABARITO)	MESA
5	COLAR TRASEIRO NO CANO	MESA
6	COLAR LATERAL NO CANO	MESA
7	VIRAR FORRO COLARINHO	MESA
8	COLAR CANO NO COLARINHO	MESA
9	COLAR EMBORACHADO + LATERAIS CANO	MESA
10	COLAR EMBORACHADO LATERAL	MESA
11	COLAR DETALHE LATERAL	MESA
12	COLAR LATERAL EXTERNA	MESA
13	COLAR LATERAL INTERNA	MESA
14	RECORTAR CANO	MESA
15	PASSAR PONTA NO PASSADOR	MESA
16	PESPONTAR DETALHE DA GASPEA	COL 01AG
17	PREGAR FORRO CANO	COL 01AG
18	PESPONTAR CANO	COL 01AG
19	PESPONTAR DETALHE DO CANO	COL 01AG
20	PESPONTAR LATERAIS NO CANO	COL 01AG
21	PESPONTAR GASPEA INTERNA	COL 01AG
22	PESPONTAR GASPEA EXTERNA	COL 01AG
23	PESPONTAR TRASEIRO	COL 01AG
24	PESPONTAR LATERAIS	COL 01AG
25	PREGAR FORRO COLARINHO	COL 01AG
26	PESPONTAR COLARINHO	COL 01AG
27	PESPONTAR CANO NO COLARINHO	COL 01AG
28	PESPONTAR EMBORACHADO LATERAL	COL 01AG
29	PESPONTAR DETALHE LATERAL	COL 01AG
30	PESPONTAR FORRO CANO	COL 01AG
31	PESPONTAR LATERAL EXTERNA	COL 01AG
32	PESPONTAR LATERAL INTERNA	COL 01AG
33	PREGAR FORRO CANO	COL 01AG
34	EMENDAR FORRO PONTO LUVA	COL. 01 AG
No	PREGAR PONTA E PASSADOR	
1	PREGAR PONTA GASPEA	COL 01AG
2	PREGAR PONTA CANO	COL 01AG

3	PREGAR PASSADOR GASPEA	COL 01AG
4	PREGAR PASSADOR CANO	COL 01AG
No	DESTACAR LINHA	
1	DESTACAR LINHA PONTA	MESA
2	DESTACAR LINHA PASSADOR	MESA
3	DESTACAR LINHA ETIQUETA	MESA
No	REVISAR	
1	REVISAR	MESA
No	MONTAGEM	
1	MONTAGEM	ESTEIRA

85	COLAR VELCRO PONTAS	MESA	0,071	0,254	0,071	0,198	0,071	0,268	0,226	0,254	1,41		
86	COLAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	MESA				0,099		0,115	0,097	0,127	0,44		
108	LIMPAR + COLAR ETIQUETA NO VELCRO/	MESA				0,158		0,214	0,180	0,203	0,75		
96	COLAR ETIQUETA PONTA INFERIOR	MESA				0,099		0,115	0,097	0,127	0,44		
101	COLAR CANO EXTERNO NO INTERNO	MESA						0,115		0,11	0,11		
92	COLAR EMBORRACHADO TRASEIRO	MESA			0,035			0,115		0,127	0,16		
104	COLAR TELA NA LATERAL EXTERNA	MESA							0,116	0,127	0,12		
	SUBTOTAL COLAR VELCRO PONTA		0,071	0,254	0,106	0,553	0,071	0,826	0,715	0,838	3,43	4	86%
	PESPONTAR PONTAS										TOTAL		
136	PESPONTAR PONTA INFERIOR	COL 01AG	0,046	0,166	0,046	0,129	0,046	0,175	0,147	0,166	0,92		
147	PESPONTAR PONTA SUPERIOR	COL 01AG	0,066	0,237	0,066	0,185	0,066	0,251	0,211	0,237	1,32		
	SUBTOTAL PESPONTAR PONTAS		0,112	0,403	0,112	0,314	0,112	0,426	0,358	0,403	2,24	3	75%
	COLAR ETIQUETA										TOTAL		
86	COLAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	MESA	0,030	0,109	0,030			0,056			0,17		
108	LIMPAR + COLAR ETIQUETA NO VELCRO/	MESA						0,030			0,06		
98	COLAR ETIQUETA PONTA CANO	MESA						0,030			0,03		
99	COLAR ETIQUETA PONTA GASPEA	MESA						0,030			0,03		
101	COLAR CANO EXTERNO NO INTERNO	MESA						0,115			0,11		
90	COLAR DETALHE GASPEA EXTERNO	MESA		0,125							0,13		
87	COLAR DETALHE GASPEA	MESA						0,035			0,03		
105	COLAR EMBORRACHADO NO CANO	MESA							0,113		0,11		
	SUBTOTAL COLAR ETIQUETA		0,0302	0,2338	0,0302		0,1514	0,1146	0,1129		0,67	1	67%
	PESPONTAR ETIQUETA PONTA										TOTAL		
137	PESPONTAR ETIQUETA PONTA SUPERIOR	COL 01AG	0,033	0,120	0,033			0,033			0,19		
158	PESPONTAR ETIQUETA PONTA CANO	COL 01AG						0,033			0,03		
159	PESPONTAR ETIQUETA PONTA GASPEA	COL 01AG						0,033			0,03		
152	PESPONTAR EMBORRACHADO TRASEIRO	COL 01AG			0,036					0,129	0,16		
139	PESPONTAR DETALHE DA GASPEA	COL 01AG						0,031			0,03		
148	PESPONTAR DETALHE GASPEA EXTERNO	COL 01AG		0,110							0,11		
138	PESPONTAR GASPEA	COL 01AG	0,061	0,221	0,031			0,031			0,28		
150	PESPONTAR GASPEA INTERNA	COL 01AG			0,031			0,031			0,098		
151	PESPONTAR GASPEA EXTERNA	COL 01AG			0,031			0,031			0,16		
	SUBTOTAL PESPONTAR ETIQUETA PONTA		0,095	0,451	0,130		0,159		0,196	0,129	1,16	2	58%

