

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O *LAYOUT* CELULAR NA INDÚSTRIA MOVELEIRA: UM ESTUDO DE CASO

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia.

UBIRAJARA ÍNDIO DO BRASIL BARROSO

Florianópolis, outubro de 2003.

UBIRAJARA ÍNDIO DO BRASIL BARROSO

O LAYOUT CELULAR NA INDÚSTRIA MOVELEIRA: UM ESTUDO DE CASO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia”, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.
Orientador

Prof^a Ivete de Fátima Rossato, Dra

Prof. João Neiva de Figueiredo, Phd

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Rosa Maria Orlandi Barroso e às minhas filhas Melissa Orlandi Barroso e Andressa Orlandi Barroso que com toda a compreensão me apoiaram e incentivaram de forma incansável ao longo deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Para o êxito deste trabalho, durante o seu desenvolvimento, pessoas e instituições foram fundamentais à sua consecução. Concluído o trabalho eu não poderia deixar de registrar os meus sinceros agradecimentos a elas:

- ✓ Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr. Pela orientação do trabalho e pela confiança que depositou em mim durante todo este período.
- ✓ Aos professores Getulio Martins Lupion e Zildomar Oliveira de Souza e ao Engenheiro Marcelo de Carvalho Lopes, MSc pelo incentivo e ajuda logística.
- ✓ À Universidade de Caxias do Sul e à Universidade Federal de Santa Catarina, pelo suporte institucional a este trabalho.
- ✓ A direção e funcionários da empresa Móveis Casa de Pedra Ltda que possibilitaram a realização desta dissertação.
- ✓ Aos meus colegas e professores do Curso de Engenharia da Produção.
- ✓ De forma especial, à minha mãe, Professora Corbelia Carneiro Barroso, que embora bem velhinha, sempre guardou para mim coisas que as palavras não podem expressar.
- ✓ Ao meu saudoso pai Antonio Barroso Filho que certamente se sentiria orgulhoso por seu filho ter atingido mais um degrau em sua carreira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 A Questão de Pesquisa.....	11
1.2 Objetivos do Trabalho	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 Justificativa do Trabalho	16
1.4 Limitações do Trabalho	17
1.5 Estrutura de Trabalho	18
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Introdução.....	20
2.2 Técnicas de Gerenciamento da Produção JIT	21
2.2.1 Operadores Polivalentes	22
2.2.2 Autonomia.....	24
2.2.3 Operações Padronizadas	25
2.2.4 Manutenção Produtiva Total (TPM)	26
2.3 Produção Focalizada	28
2.3.1 Focalização na Fabricação	29
2.3.2 Focalização na Montagem	33
2.3.3 Métodos de Formação das Células	33
2.3.4 Tipos de Células de Manufatura	36
2.4 Simulação Computacional	37
2.5 Trabalhos Pesquisados	40
2.5.1 Trabalhos Sobre Comparações e Vantagens entre <i>Layouts</i>	40
2.5.2 Alguns Trabalhos Sobre Tecnologia de Grupo.....	43
2.5.3 Trabalhos Sobre Focalização da Produção	44
2.5.4 O Planejamento e Controle da Produção e a Focalização da Produção	45
2.5.5 Artigos Sobre a Utilização da Simulação.....	47
2.6 Considerações Finais	50
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DA PESQUISA	51
3.1 Natureza da Pesquisa	51
3.2 Classificação da Pesquisa	52
3.3 Área de Atuação da Pesquisa	54
3.4 Técnica de Coleta de Dados	54
3.5 Resultados Esperados.....	56
3.6 Considerações Finais	56
CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO.....	58
4.1 A Empresa Pesquisada.....	58

4.1.1 O Sistema de Produção Atual	62
4.2 A Decisão pela Mudança de <i>Layout</i>	69
4.3 Dados Básicos de Apoio	71
4.3.1 Árvores de Produtos.....	71
4.3.2 Roteiros de Fabricação e Tempos das Operações.....	72
4.4 Proposta do Novo <i>Layout</i>	77
4.4.1 Escolha da Área Piloto	78
4.4.2 O Projeto Conceitual do <i>Layout</i> com Células	80
4.4.3 Simulação e Avaliação do <i>Layout</i> Proposto	84
4.4.4 Melhorias Práticas que Aconteceram na Empresa	89
CAPÍTULO 5-CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	93
5.1 Conclusões	93
5.2 Considerações e Recomendações para Trabalhos Futuros	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Regras básicas de funcionamento do JIT.	13
Figura 1.2 - Razões para a utilização da produção com células de manufatura.	15
Figura 2.1 - Operários polivalentes em atuação em uma célula de manufatura.	23
Figura 2.2 - Fluxo de melhorias da TPM.	27
Figura 2.3 - Comparação entre dois fluxos sendo (1) <i>layout</i> departamental e (2) <i>layout</i> celular.	32
Figura 2.4 - Esquema de utilização de tecnologia de grupo.	34
Figura 2.5 - Distribuição do plano de fabricação antes da adoção da tecnologia de grupo.	35
Figura 2.6 - Distribuição do plano de fabricação após a adoção da tecnologia de grupo.	36
Figura 4.1 - <i>Lead times</i> de atendimento dos clientes.	60
Figura 4.2 - <i>Lead times</i> de fabricação.	61
Figura 4.3 - Fluxograma do processo produtivo padrão.	63
Figura 4.4 - <i>Layout</i> atual com o sentido do fluxo de produção.	65
Figura 4.5 - Maquinário representado no <i>layout</i> da Figura 4.4.	66
Figura 4.6 - <i>Layout</i> atual do Setor de Marcenaria.	67
Figura 4.7 - <i>Layout</i> atual do Setor de Marcenaria com o fluxograma do processo de fabricação da peça 3010.	68
Figura 4.8 - Parte da árvore do produto estofado de três lugares.	72
Figura 4.9 - Roteiro de fabricação para a peça Suporte do Braço 3010.	73
Figura 4.10 - Tempos cronometrados para a operação de “plainar na espessura” da peça Suporte Braço 3010.	75
Figura 4.11 - Parte da matriz diagonalizada para subconjuntos em madeira.	79
Figura 4.12 - <i>Layout</i> proposto com o sentido do fluxo de produção.	82
Figura 4.13 - <i>Layout</i> celular proposto do setor marcenaria – fluxograma do processo de fabricação da peça 3010, com um funcionário.	83
Figura 4.14 - <i>Layout</i> celular proposto do setor de marcenaria – fluxograma do processo de fabricação da peça 3010 com dois funcionários.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Números da produção mensal de maio a outubro 2001.....	62
Tabela 4.2 - Tempos do processo de fabricação para a peça Suporte do Braço (3010), estimados para o novo <i>layout</i>	77
Tabela 4.3 - Intervalo de produção dos quatro principais itens fabricados.....	85
Tabela 4.4 - Resumo da avaliação dos resultados da simulação.	87

RESUMO

O mundo está passando por uma fase de mudanças muito rápidas e, no entanto, estas mudanças são apenas parte da rápida evolução social, tecnológica e, sobretudo mental que a humanidade vem experimentando. Estas mudanças têm trazido ameaça à sobrevivência das empresas principalmente pela perda de competitividade pelos mais variados motivos.

Para confrontar esta situação incômoda as empresas procuram a cada dia aperfeiçoar o seu processo produtivo com a finalidade de aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção aumentando desta forma a sua eficiência. Visando contribuir para buscar estes resultados, este trabalho centra-se em um estudo para análise de viabilidade de implantação do *layout* celular, pertencente ao arsenal de ferramentas do sistema JIT, neste caso em particular endereçado às indústrias moveleiras de estofados que trabalham com sistemas de produção caracterizados como repetitivos em lotes.

Como escopo, os procedimentos metodológicos deste trabalho científico, espelham-se em resultados esperados pelo modo de investigação de estudo de caso.

A partir da análise destes resultados é possível se ter uma idéia clara a respeito das vantagens proporcionadas pelo *layout* celular neste segmento moveleiro.

Palavras-Chave: Célula de produção, *Just In Time*, *Layout* celular.

ABSTRACT

The world is going through a time where changes take place very quickly. These changes are only part of the rapid social, technological and mental evolution that mankind has been experienced. These changes also poses a threat to the survival of companies, specially because of the loss of competitiveness.

To face this uncomfortable situation, companies have been pursuing the improvement of their production process as on a day to day basis, aiming to increase productivity and reduce production costs so as to enhance their efficiency.

With the intention of contributing to achieve such results, this paper describes a study carried out with the purpose of analyzing the feasibility of introducing a cellular layout – which belongs to the arsenal of JIT tools – into a very specific situation: the upholstered furniture manufacturers whose work the production system no organized in repetitive batches.

The methodological procedures that are the scope of this study reflect the results expected from a research based on a case study. From the analysis of these results it is possible to have a clear idea of the advantages offered by the cellular layout in this very specific furniture segment.

Key-Words: Production Cell, Just In Time, Cellular Layout.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 A Questão de Pesquisa

O nível de competitividade alcançado por uma empresa depende de fatores sistêmicos, estruturais ou empresariais, segundo Coutinho e Ferraz [1994], relacionados, respectivamente, às condições macroeconômicas, político-institucionais, regulatórias, infra-estruturais e sociais do país onde a empresa está instalada, as características do mercado, da concorrência e da configuração da indústria ou setor econômico em que a empresa atua e a capacidade gerencial e operacional da própria empresa. Cabe notar que, embora os dois primeiros conjuntos de fatores refiram-se a condicionantes externos à empresa, o posicionamento estratégico desta – e, portanto suas decisões e ações - é que irá definir o impacto de tais oportunidades e ameaças do ambiente externo em seu desempenho. Segundo Montgomery e Porter [1998], o desafio enfrentado pela gerência consiste em escolher ou criar um contexto ambiental em que as competências e recursos da empresa possam produzir vantagens competitivas.

As pressões impostas pela competitividade de mercado e o contexto da economia globalizada são alguns dos importantes fatores que têm forçado a administração da manufatura a desenvolver novas estratégias de negócios. Grande parte das empresas já é sabedora da necessidade de melhorar a sua performance em todas as áreas, objetivando o sucesso ou mesmo a própria sobrevivência.

No estabelecimento de uma estratégia de manufatura, ou de operações, segundo Martins [1999], devem ser analisados e formulados objetivos e diretrizes quanto a custos, qualidade, prazos de entrega, flexibilidade, inovação, e produtividade.

Visando atingir estes objetivos, os japoneses da Toyota Motor Co. desenvolveram o sistema *Just-in-Time* (JIT), ou Sistema Toyota de Produção (STP), que permite melhorar as condições de competitividade das empresas em comparação com o sistema clássico desenvolvido no final do século XIX, por Frederick Taylor [Taylor 1990], a partir do reconhecimento dos Princípios de Administração Científica.

Obter vantagem competitiva significa ser mais eficiente, ter produtos melhores ou fornecer serviços melhores, mais aprimorados que os competidores. Conforme afirma Lubben [1989], a administração JIT permite obter vantagem competitiva através do uso de três ferramentas gerenciais simples:

1. Integrando e Otimizando: reduzindo a necessidade de funções e sistemas desnecessários como inspeção, retrabalho e estoque;
2. Melhorando continuamente: desenvolvendo sistemas internos que encorajem a melhoria constante nos processos e procedimentos.
3. Entendendo o cliente: atendendo as suas necessidades e reduzindo o custo total na aquisição e uso de um produto.

Para complementar a idéia do uso eficiente das ferramentas do JIT deve-se citar as regras básicas de funcionamento, conforme ilustradas na Figura 1.1 por Slack [1996].

Dentro deste quadro de busca de uma melhor competitividade pela redução de tudo aquilo que acarreta desperdício às organizações, é importante salientar também dois aspectos complementares à análise em questão.

Um deles é relacionado ao item qualidade, o qual através da Gestão da Qualidade centra-se no processo produtivo - a partir de onde se pode gerar um produto perfeitamente adequado ao uso. A qualidade, assim, aparece no produto – resultado do processo. Para Paladini [2000], a Gestão da Qualidade é, na verdade, um aperfeiçoamento da Gestão da Produção.

O segundo aspecto se refere à questão ambiental, a qual tem sido atualmente motivo de grande preocupação mundial, principalmente questionando as empresas no que tange ao desenvolvimento de suas melhorias internas para que não venham a agredir o meio ambiente.

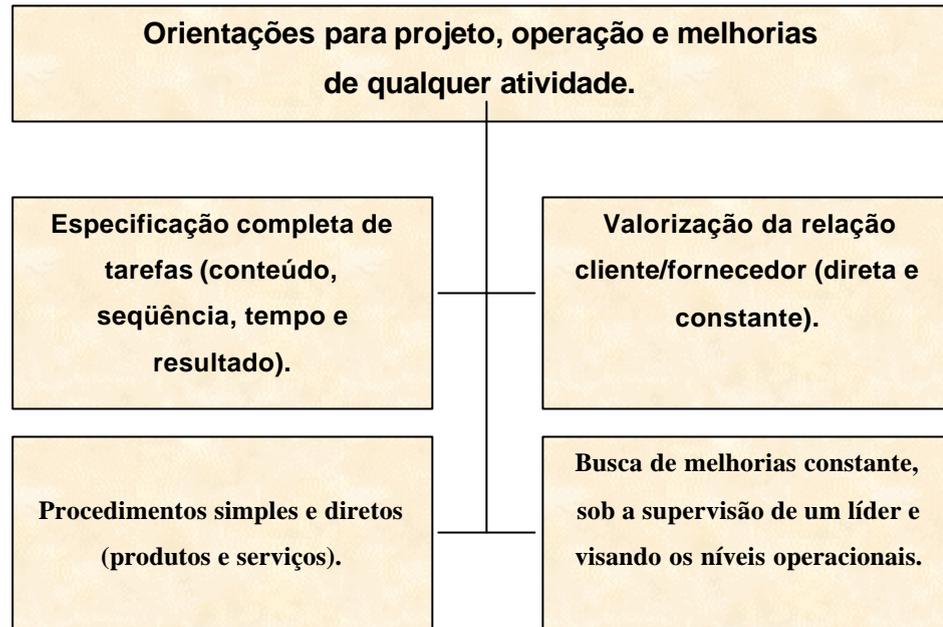


Figura 1.1 - Regras básicas de funcionamento do JIT.

Fonte: Slack, 1996.

Neste aspecto, para Elmwood, citado por Naas Baasch [2001]:

As organizações que se lançam em programas de ecoadministração conseguem importantes vantagens de marketing bem como, com bastante freqüência, redução de custos e aumento de lucros. No começo do século XXI, parece provável que a transformação ecológica dos negócios se tornará mais e mais profunda. Essa mudança abalará os próprios alicerces da economia como a conhecemos. Novas prioridades precisarão ser definidas para instituições e organizações, baseadas nos princípios da sustentabilidade, e não do crescimento exponencial. A contínua busca de novas estratégias de mudança parece inevitável, e nela o gerenciamento ecológico terá um papel importante.

Posto que todos esses direcionamentos têm a ver com o processo de transformação industrial em busca de otimização global dos resultados, esta dissertação tem como tema principal estudar o uso do *layout* celular, uma das ferramentas do sistema JIT, direcionado para a indústria moveleira de estofados.

Os aspectos tratados e analisados aqui se deparam com a produção clássica que utiliza o *layout* funcional, em comparação com os parâmetros modernos da produção focalizada, baseada no *layout* com células de manufatura.

Conforme pesquisa feita por Wemmerlöv [1997], citada e analisada por Carvalho Lopes [1998], em 46 empresas usuárias da produção focalizadas foram ponderadas as principais razões que levaram estas organizações a introduzirem em seus sistemas produtivos o *layout* com células de manufatura. A Figura 1.2 identifica os dados estudados, onde a avaliação varia em uma escala de 1 a 5 (1= não importante, 5= muito importante), atribuída pelas empresas a cada um dos fatores avaliados.

Para Corrêa [1996], em um *layout* funcional, os fluxos de materiais são variáveis e os roteiros de produção são diversos, conforme os diferentes produtos produzidos. Existe uma intensa movimentação de materiais e as máquinas são agrupadas por função. Por processarem vários produtos diferentes e a necessidade de consumo de grande quantidade de tempo para preparação e deslocamento, se impõe a produção de lotes que geram filas, aumentam os estoques em processo e o *lead time*, ou tempo de passagem, para a elaboração dos produtos.

Ao contrário desta realidade, o *layout* celular se caracteriza por agrupar os equipamentos segundo o roteiro de produção dos produtos, sendo desta forma mais eficiente por reduzir sensivelmente a movimentação de materiais já que vem favorecer de forma considerável o fluxo de produção. Outras vantagens que podem ser citadas são a eliminação de filas e os tempos gastos com preparação em função de que os equipamentos são dedicados a um ou poucos produtos similares. Acontece também uma economia de espaço ocupado pela redução dos estoques. As células são formadas pelos equipamentos necessários para processar componentes de uma determinada família, dispostas segundo o roteiro de fabricação desta família.

Posição	Razão	Avaliação
(1)	Reduzir o tempo de passagem	4.51
(2)	Reduzir o estoque em processo	4.33
(3)	Melhorar a qualidade peça/produto	4.22
(4)	Reduzir o tempo de resposta aos pedidos de clientes	4.22
(5)	Reduzir as distâncias tempo de movimentação	4.14
(6)	Melhorar a flexibilidade da manufatura	3.81
(7)	Reduzir os custos unitários	3.80
(8)	Simplificar as funções de PCP	3.62
(9)	Facilitar o envolvimento dos empregados	3.57
(10)	Reduzir o tempo de <i>Setup</i>	3.43
(11)	Reduzir os estoques de produtos prontos	3.41

Figura 1.2 - Razões para a utilização da produção com células de manufatura.

Fonte: Wemmerlöv, 1997.

Tendo em vista a real necessidade das organizações em buscar novas estratégias para melhorar a competitividade, em particular as pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes, este trabalho tem como questão de pesquisa a seguinte formulação:

“Há vantagens em se utilizar o layout celular no contexto JIT em pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes?”

A partir desta formulação podem se estabelecer como premissas básicas que guiarão a pesquisa os seguintes pontos:

1. O *layout* celular no contexto JIT pode ser implantado com sucesso em pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes.

2. O *layout* celular no contexto JIT quando implantado em pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes trás vantagens competitivas.

Equacionadas a questão de pesquisa e suas premissas básicas pode-se passar para a definição dos objetivos geral e específicos do trabalho.

1.2 Objetivos do Trabalho

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a vantagem competitiva na implantação do *layout* celular no contexto JIT em pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir este objetivo geral os seguintes objetivos específicos podem ser traçados:

1. Identificar as vantagens competitivas do uso do *layout* celular enfatizando a importância da sua aplicação através da revisão bibliográfica.
2. Identificar através de um estudo de caso em uma pequena empresa da indústria moveleira de estofados com sistema produtivo repetitivo em lotes as dificuldades e os benefícios advindos da implementação do *layout* com células de manufatura.
3. Discutir a utilização do *layout* celular como forma de obter resultados mais satisfatórios nas pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes.

1.3 Justificativa do Trabalho

O alto custo do produto final, normalmente oriundo da soma das ineficiências e desperdícios gerados nos processos de confecção e montagem de produtos

estofados, tem obrigado as empresas da indústria moveleira a aperfeiçoar a cada dia o seu processo produtivo, em particular às pequenas empresas que possuem poucos recursos físicos e financeiros. A presente proposta de estudo tem por finalidade buscar alternativas para aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção e possibilitar desta forma melhorar a margem de lucro, fator este que é vital para a sobrevivência nestas pequenas empresas.

Neste segmento de trabalho estas pequenas empresas deparam-se com inúmeras perdas caracterizadas pela desorganização que acarretam a baixa produtividade. Soma-se a isso também o fato da dificuldade de acesso que estas pequenas empresas têm as informações desta nova tecnologia.

A metodologia proposta neste trabalho busca disseminar esta nova tecnologia, e seu foco está direcionado a melhorar a performance das pequenas empresas do setor moveleiro de estofados. Para tal, um estudo de caso em uma empresa deste ramo moveleiro está sendo apresentado nesta dissertação.

Os conceitos definidos na revisão bibliográfica especificam a importância do tema em questão, como também ilustram com clareza que a sistemática envolvida na implantação do layout celular é simples e de fácil aplicação, e pode possibilitar a obtenção de resultados práticos relevantes as empresas.

1.4 Limitações do Trabalho

Devido à abrangência do tema, o presente trabalho limita-se a focar a aplicação do layout celular para pequenas empresas da indústria moveleira com sistemas de produção repetitivos em lotes, visto ser este tipo de sistema produtivo referenciado na bibliografia pesquisada, como será apresentado no capítulo 2, onde os ganhos são maiores. Sendo assim, dois pontos básicos, geralmente inter-relacionados, são limitantes neste trabalho: o tamanho da empresa e seu sistema produtivo. Outros sistemas de produção, como os sistemas de produção em massa e os sob encomenda, não serão incluídos no presente trabalho.

Um outro fator limitante associado ao modelo de *layout* estudado foi o de não ser possível à implementação total do *layout* celular em questão na empresa onde o

estudo de caso foi realizado. Contribuiu para isso o desejo da direção da empresa em utilizar este modelo de *layout* na nova planta que começou a ser construída a partir de Abril de 2002.

Este trabalho também está limitado ao uso de algumas ferramentas do sistema JIT que são utilizadas na busca de melhorar a performance das empresas. Todavia no vasto arsenal do sistema JIT, muitas outras ferramentas ainda podem e devem ser utilizadas para contribuir ainda mais no aprimoramento dos resultados.

1.5 Estrutura de Trabalho

Esta dissertação foi dividida em cinco capítulos. No presente capítulo 1, como visto, foram apresentados o tema e a questão de pesquisa abordados no trabalho, os objetivos geral e específicos, a importância do assunto e suas limitações.

O capítulo 2 é formado pela revisão bibliográfica específica ao tema. Nele estão inseridos os conceitos básicos de algumas ferramentas do Sistema JIT e a sua relação com o estudo proposto. Os itens tecnologia de grupo e simulação computacional foram descritos e analisados, com o objetivo também de abrir portas para as empresas que desejam implantar a manufatura celular. Trabalhos de pesquisas anteriormente realizados e limitações sobre a focalização da produção são apresentados no final deste capítulo.

No capítulo 3, após as definições teóricas apresentadas no capítulo anterior, dedica-se a apresentar a metodologia científica adotada para os delineamentos da pesquisa, com ênfase para o estudo de caso, onde se define como serão aplicados e quais serão os instrumentos de coleta de dados, como analisá-los e transformá-los em informações.

Já o capítulo 4 descreve a pesquisa de campo, através do estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo moveleiro de estofados, relacionando os dados levantados e procedendo as análises dos levantamentos obtidos.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas sobre o estudo da ferramenta *layout* celular como importante meio para melhoria de produtividade e eficiência na indústria de estofados e apresentada algumas

sugestões onde são destacados alguns pontos importantes para futuros estudos sobre o tema.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

O trabalho aqui apresentado está fundamentado no sistema de produção desenvolvido pela Toyota Motor Ltda denominado de sistema *Just in Time* ou JIT.

Este sistema ganhou notoriedade nos meios acadêmicos e industriais de todo o mundo devido, em grande parte, ao impacto que o JIT causou sobre os métodos de gerenciamento da produção até então vigentes.

Na época do pós-guerra, a Toyota Motor Ltda por questões de sobrevivência, teve de desenvolver técnicas de redução de custos a fim de se tornar uma empresa viável. Algumas dessas técnicas de Engenharia Industrial já eram utilizadas em outras empresas e foram aprimoradas pelos Japoneses para delas tirarem maior proveito.

A revisão bibliográfica do *Just-in-Time* será realizada com o objetivo de posicionar a produção utilizando células de manufatura, o qual é o assunto principal deste trabalho inserido no modelo Japonês ou produção *Just-in-Time*.

As técnicas de gerenciamento aqui apresentadas visam a obtenção do princípio fundamental do *Just-in-Time* que é a eliminação do desperdício.

Isso vem de encontro com a afirmação de Ohno [1988], que admite que o sistema Toyota de Produção está estruturado sobre a base da “completa eliminação de perdas”, tendo o *Just-in-Time* como sendo um pilar de sustentação. Nesta visão, desperdício é definido como “tudo aquilo além dos recursos mínimos de material, máquinas e mão de obra necessária para adicionar valor a um produto ou serviço”.

Estende-se que se deve produzir apenas e exatamente as peças necessárias, nas quantidades necessárias, no mínimo tempo necessário, de forma a atender o prazo ou programa estabelecido.

Em termos econômicos, o principal ganho obtido através da aplicação do fluxo da produção *Just-in-Time* em uma empresa é a eliminação dos inventários. Na visão

JIT, estoques são indesejáveis, pois encobrem os problemas, impedindo qualquer solução definitiva.

Com a eliminação dos estoques, torna-se possível um melhor gerenciamento visual onde as soluções para qualquer problema em nível de piso de fábrica, a busca por soluções torna-se rápida e eficiente.

Outro fator importante é quanto ao atendimento ao mercado consumidor da empresa onde o uso de técnicas de engenharia de produção trás inúmeras vantagens que visam aprimorar este atendimento, tornando a empresa mais competitiva.

2.2 Técnicas de Gerenciamento da Produção JIT

Várias técnicas de engenharia industrial e princípios de gerenciamento associados são ferramentas indispensáveis na implantação do sistema de produção *Just-in-Time*. Conforme coloca Monden [1984], não se conseguirá os benefícios esperados do sistema JIT quando a implantação destas técnicas e princípios não for bem sucedida e apresentar falhas. Outro detalhe importante é que todas as técnicas dever ser implantadas e avaliadas.

Inúmeros pesquisadores têm afirmado em relação a itens como qualidade de produto, flexibilização da manufatura, engenharia de processos e produto, qualidade em vendas e qualidade total, que é fácil constatar uma melhoria significativa na performance destes itens nas empresas que utilizaram o maior número de técnicas propostas pelo sistema. Isto foi constatado por Youssef [1994], em sua pesquisa realizada com mais de 165 diferentes empresas nos Estados Unidos.

Este trabalho, dentro do modelo que será apresentado relacionado diretamente com o sistema de produção JIT, conta com o apoio das seguintes técnicas e princípios de gerenciamento: produção focalizada, operadores polivalentes, automação, operações padronizadas e manutenção produtiva total. A produção focalizada por objeto principal deste trabalho será tratada em tópico particular, as demais técnicas serão resumidamente descritas a seguir.

2.2.1 Operadores Polivalentes

Dentro do sistema de produção focalizada com células de manufatura, os diversos processos operados são agora executados por funcionários treinados com várias habilidades, capacitados a operarem diferentes tipos de máquinas e processos.

Ohno [1988], comprovou que ao reorganizar o layout em linhas paralelas ou em forma de “L”, foi possível visualizar que um funcionário podia operar três ou quatro máquinas ao longo do ciclo de fabricação, aumentando com isso a eficiência de produção de duas a três vezes.

Ao estudar este mesmo assunto, Monden [1984], exemplificou a fabricação de uma engrenagem onde acontece o deslocamento de um funcionário na execução da fabricação deste produto dentro da célula operando até 16 tipos de diferentes máquinas.

Conforme coloca Tubino [1999], “a capacidade de produção é administrada pela inclusão, ou exclusão, desses operadores polivalentes dentro da célula de fabricação e montagem”.

A ênfase desse sistema produtivo é o do trabalho em grupo, onde cada operador é cliente do operador anterior e fornecedor do operador subsequente, como ilustrado na Figura 2.1. Outra grande vantagem verificada neste sistema é a fácil visualização de qualquer anomalia que possa ocorrer no fluxo produtivo e a rápida solução já que é facultado aos funcionários o poder de parar o processo. A ausência de estoques protetores internos é outro ponto positivo na performance do trabalho.

Através de estudos comparativos, utilizando simulação via computador, algumas conclusões foram possíveis de serem percebidas quando comparados com um sistema de produção com funcionários fixos, e um sistema de produção com funcionários polivalentes se movimentando dentro das células de manufatura. As vantagens do sistema com operários polivalentes obtidas segundo Bischak [1996], mencionadas por Carvalho Lopes [1998], são as seguintes:

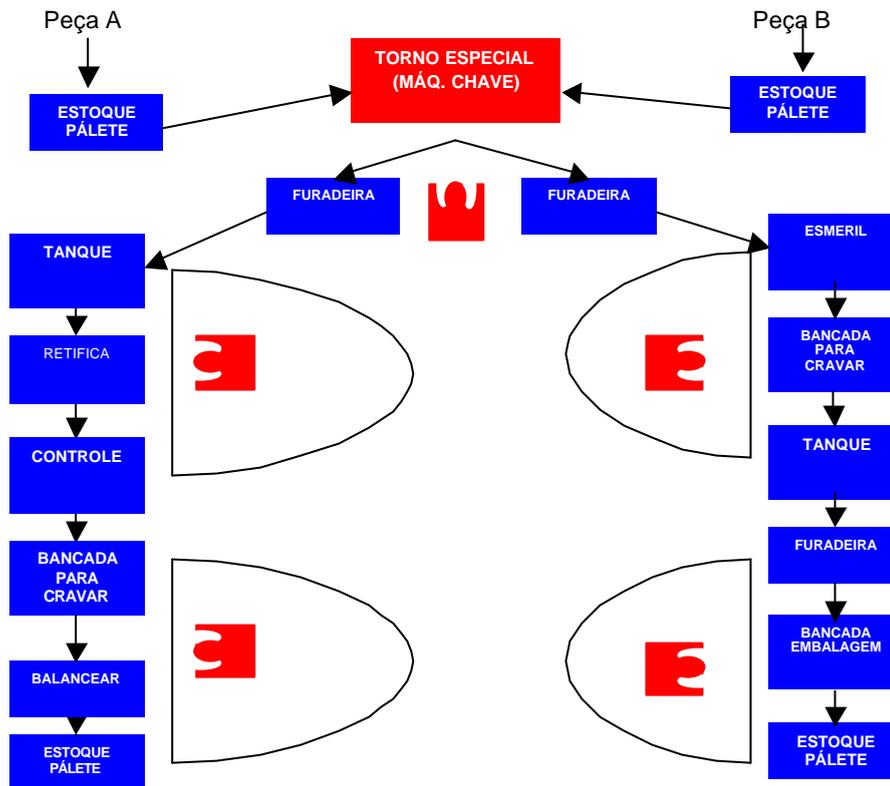


Figura 2.1 - Operários polivalentes em atuação em uma célula de manufatura.

Fonte: IMAN, 1996.

1. O número de funcionários polivalentes e móveis dentro da célula pode ser reduzido ou aumentado em função da demanda identificando desta forma a grande flexibilidade nos níveis de produção;
2. A redução de estoques em processo é inevitável e significativa.
3. Os custos de mão de obra tendem a se reduzirem enquanto que há um aumento de produtividades por empregado.
4. A qualidade dos produtos melhora.
5. As células com operários móveis assimilam melhor as mudanças de produtos, em função ao desbalanceamento que estas mudanças usualmente provocam nos sistemas de produção.

2.2.2 Autonomia

Uma das exigências feitas pelo mercado consumidor é sem dúvida a questão qualidade garantida do produto. A ideia de Autonomia é basicamente de impedir a geração e a propagação de defeitos e sinalizar sobre qualquer anomalia de processamento no fluxo de produção.

Conforme Shingo [1981], a ação de identificação e a avaliação da causa fundamental do problema deve ser completamente eliminado na hora, e não como se fosse um caso de apendicite onde se colocaria gelo sobre o abdômen apenas para passar a dor de modo paliativo.

Autonomia, em poucas palavras, consiste em oportunizar ao funcionário ou a máquina a autonomia de parar a produção sempre que for detectada alguma anomalia no sistema produtivo.

Esta definição estabelecida por Shingo é reforçada por Antunes Jr., Ghinato e Silva [1994] os quais determinaram algumas funções de um sistema “autonomatizado” como:

1. Elaborar a transformação desejada das entradas em saídas;
2. A máquina deve ser operada a uma velocidade desejada;
3. Executar a alimentação do processo com matéria-prima e retirar o produto após o processamento;
4. Caso alguma anormalidade seja detectada parar o sistema;
5. Corrigir e retornar o processamento;

Segundo Ghinato [1996], embora a autonomia esteja associada à automação, ela não se restringe exclusivamente a máquina. Ela é também executável de aplicação em linhas de produção operadas manualmente.

De acordo com Shingo [1988], a evolução da transferência das atividades manuais em funções mentais (inteligência) do homem para a máquina, pode ser dividida em seis estágios:

1. Estágio 1 - Operação ou trabalho manual
2. Estágio 2 – Alimentação manual e processamento automático
3. Estágio 3 – Alimentação e processamento automático.
4. Estágio 4 – Semi-automação
5. Estágio 5 – Automação do processamento e da detecção de anormalidades
6. Estágio 6 – Automação de processamento e da detecção e correção de anormalidades.

A automação possui a capacidade de combater duas grandes perdas observadas no sistema *Just-in-Time* que são as perdas por superprodução quantitativa e por fabricação de produtos defeituosos, portanto, a automação se constitui como uma base muito importante para a operacionalização do JIT.

2.2.3 Operações Padronizadas

Toda a operação produtiva é um conjunto de movimentos realizados pelo funcionário envolvendo materiais, máquinas e ferramentas, numa determinada seqüência em um posto de trabalho.

Entende Monden [1984], que em sendo estas operações padronizadas e executadas pelos funcionários seguindo uma seqüência descrita em um documento, geralmente chamado de rotina de operações padrão Tubino [1996], gera-se alta produtividade.

A padronização das operações também busca a obtenção do balanceamento da linha entre os processos de produção, em função dos tempos necessários a cada operação ou ao conjunto delas. Estes tempos são chamados tecnicamente de tempo de ciclo (TC) e são obtidos através da equação

Os tempos aqui apresentados são chamados tecnicamente de tempo de ciclo e são obtidos através da equação Tubino [1996].

$TC = \text{Tempo disponível para a produção por dia} / \text{Demanda esperada por dia.}$

A rotina de operações padronizadas, segundo Ohno [1997], deve listar com clareza os três elementos do procedimento do trabalho padrão, ou seja:

1. O tempo de ciclo;
2. A seqüência de trabalho;
3. O estoque padrão.

Sua eficácia também é percebida por combinar de maneira clara a relação entre materiais, funcionários e máquinas para produzir com eficiência.

Possibilitar o treinamento para novos funcionários, bem como auxiliar na programação e controle de produção, também são benefícios disponíveis nas folhas de rotina de produção por conterem as operações padronizadas.

2.2.4 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A filosofia *Just-in-Time* para ser implementada com sucesso necessita que seja, em paralelo, adicionada alguma técnica de gerenciamento as quais possibilitem superar com mais facilidade, os percalços naturais de todo e qualquer sistema produtivo.

Produzir somente no tempo e na quantidade correta requer que o item maquinário esteja sempre disponível e em condições de uso. Para atender esta necessidade foi desenvolvido a Manutenção Produtiva Total (TPM).

A TPM é uma técnica que requer parceria entre todas as funções organizacionais, de modo particular entre a produção e a manutenção. Este sistema de parceria visa implementar o aprimoramento contínuo da qualidade do produto, da eficiência operacional, da segurança e da garantia da capacidade produtiva.

Segundo Nakajima [1989], a TPM significa:

1. Buscar o rendimento total operacional dos equipamentos e máquinas de uma área fabril;
2. Estabelecer um sistema completo de manutenção para todo o período de vida útil dos equipamentos;

3. Estabelecer um sistema de participação total, onde a produção e manutenção participam de forma integrada;
4. Um sistema que fomenta a participação de todos, independente de nível hierárquico da empresa;
5. Um movimento motivacional em forma de trabalho de equipe.

A TPM tem como objetivo a valorização do conhecimento e o aumento de rendimento global dos equipamentos. É um dos pilares do TQC (*Total Quality Control*). Como apresentado na Figura 2.2, a melhoria nas pessoas em conjunto com a melhoria nos equipamentos trás a melhoria na estrutura orgânica da empresa, que, por sua vez, leva a rendimentos globais otimizados.

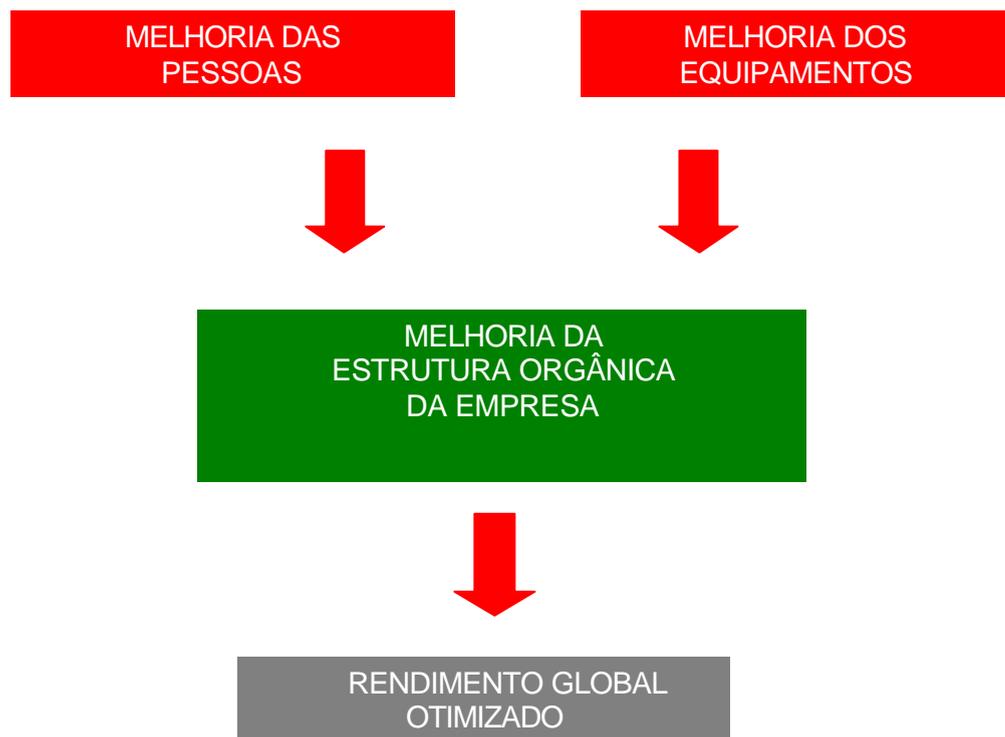


Figura 2.2 - Fluxo de melhorias da TPM.

Fonte: Antunes Jr; Ghinato e Silva, 1994.

2.3 Produção Focalizada

A manufatura celular, ou produção focalizada, tem por objetivo reorganizar a fábrica em pequenas unidades produtivas mais simples e ágeis. A ênfase é dada ao fluxo de processo ao invés de, como tradicionalmente, as operações individuais, as quais servem de base para o desenvolvimento do arranjo físico [Danni, 1996].

A idéia básica é desenvolver conjuntos de pequenos processos contínuos ao invés dos processos intermitentes que são tão comuns nos sistemas produtivos. Desta forma, o modelo tradicional de crescimento das empresas, onde os departamentos e linhas de montagem se expandem desordenadamente visando atender o mercado, sofre uma sensível modificação em função do redirecionamento que é dado a organização da produção como um todo.

Cada produto ou família de produtos passa a ter a importância de um negócio independente com todas as suas características tanto produtivas e mercadológicas próprias – conforme sua estratégia competitiva. Por conseguinte, esta forma consegue romper com o modelo clássico de desenvolvimento das empresas dando ênfase agora ao fluxo do processo para melhor atender os seus mercados.

Um exemplo bastante oportuno é de algumas empresas fornecedoras de peças para as montadoras de automóveis que se instalaram fisicamente próximas à montadora, conseguindo vantagens tanto no campo organizacional quanto no logístico no que tange ao fornecimento de produtos ou peças ao seu cliente.

Alguns avanços nesta área da indústria nacional têm sido observados como, por exemplo, no caso do consórcio modular.

Em uma fábrica tradicional, os fornecedores entregam as peças e conjuntos na entrada da empresa, ou ocasionalmente na linha de montagem. A montagem final, porém, é realizada pela mão de obra da própria empresa. No consórcio modular, cada fornecedor é responsável pela montagem do conjunto completo diretamente no produto que a empresa está elaborando [Gimenez, 1998].

Seguindo a filosofia JIT, Harmon e Peterson, citados por Carvalho Lopes [1991], identificam as vantagens de uma fábrica focalizada, como sendo:

1. Domínio do processo produtivo: por ser uma fábrica pequena as comunicações fluem mais facilmente, permitindo que cada gerente, supervisor e funcionário conheçam todos os aspectos importantes da fabricação dos produtos. Dessa forma, aumenta-se a identificação e a solução de problemas;
2. Gerência junto à produção: com o enxugamento dos níveis hierárquicos pela redução da complexidade dos processos, a gerência pode ficar localizada próxima ao chão de fábrica, aumentando a velocidade de resposta na tomada de decisões. O gerenciamento pode ser mais centrado nos aspectos visuais do que em cima de relatórios periódicos.
3. “Staff” reduzido e exclusivo: o pessoal de apoio pode ficar junto ao local onde presta serviço, especializando-se em suas tarefas. A focalização “staff” facilita a programação dos serviços de apoio aos clientes internos, reduzindo as paradas de produção e acelerando a solução de problemas;
4. Estímulo a polivalência de funções: em fábricas pequenas, tanto as funções produtivas como as de apoio são executadas por um número menor de pessoas, induzindo ao conceito de funcionário polivalente. As responsabilidades pela produção, qualidade, manutenção, movimentação, etc, são compartilhadas por todos e podem ser mais bem distribuídas. Permite o uso efetivo de Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) e de remuneração variável pelo desempenho do grupo;
5. Uso ilimitado de recursos: em fábricas pequenas, os recursos colocados à disposição da produção são limitados, o que facilita a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor aos produtos e estimula a disseminação do princípio do melhoramento contínuo. Estoques excessivos e equipamentos ociosos prontamente aparecem.

2.3.1 Focalização na Fabricação

A forma de *layout* departamental ou por processo é o resultado do crescimento desorganizado de empresas que trabalham com processos de fabricação em lotes, produzindo peças e componentes para as linhas de montagem. No layout

departamental todas as máquinas destinadas a um tipo de específico de operação são agrupadas em uma determinada área da empresa, formando os tradicionais departamentos. Este modelo de *layout* é o responsável por uma gama muito grande de desperdícios ao longo da produção, pelo grande trabalho de deslocamentos exigidos pelos lotes a serem transportados para os outros departamentos, quando sofrerão a continuidade de beneficiamento. A origem do *layout* departamental era entendida como solução para o caso de parada de máquina que não era admitido, ou seja, as máquinas deveriam trabalhar em tempo total sem ociosidade.

O conceito contábil do valor agregado é o grande responsável pela criação e manutenção do *layout* departamental a despeito que cada vez que uma máquina é acionada para beneficiar uma peça, ou matéria-prima, esta se agregando valor a esse trabalho. Esse conceito é válido mesmo que as peças ou matérias-primas fiquem paradas formando estoques intermediários (WIP) ou produtos acabados por longo período de tempo dentro da fábrica, a espera de clientes. Neste caso a ênfase é dada no aumento da produtividade individual e não em acelerar o fluxo em produtos acabados conforme a necessidade dos clientes.

Durante muito tempo a escolha indiscriminada do *layout* departamental tem acarretado uma soma muito grande de perdas as empresas que o utilizam. Estas perdas ajudam a diminuir as suas margens de lucro, fazendo com que os *lead times* e os custos se ampliem a ponto de torna-las menos competitivas.

Um bom exemplo de solução para esse problema foi o desenvolvido pela fábrica japonesa Toyota a qual ao deparar-se com uma situação de alto risco que comprometia até a sua sobrevivência em função da caótica situação do mercado em 1947. Esta empresa estava precisando urgentemente melhorar a eficiência de suas linhas de produção, e para tal contava apenas com duas opções: aumentar o número de peças ou produtos produzidos com o mesmo número de colaboradores ou reduzir o número de colaboradores.

A direção da empresa optou pela redução do quadro de colaboradores e Ohno [1988], começou a estudar o *layout* da fábrica em linhas, modificando as formas atuais para as formas em “L” ou paralelas, com o objetivo de fazer com que um mesmo colaborador pudesse operar de três a quatro máquinas em cada ciclo de

fabricação. O resultado foi surpreendente, dado que a eficiência na produção foi duplicada e até triplicada. Desta forma estava começando nascer os conceitos de célula de manufatura do sistema JIT.

Um *layout* celular é uma unidade de produção na qual um grupo de equipamentos de funcionalidade não similar é disposto de maneira próxima e dedicados a executarem a manufatura de uma família de peças ou produtos de características similares.

Nestes agrupamentos as máquinas são colocadas em seqüência, possibilitando a obtenção de um fluxo contínuo o qual, entre outras coisas, reduz sensivelmente o tempo de passagem, reduz inventários, baixa os custos de produção, melhora a qualidade e aumenta a satisfação no trabalho por parte dos colaboradores.

No caso específico do *lead time* de um item fabricado de forma intermitente, seus tempos de execução podem ser divididos em: tempo de tramitação da ordem de manufatura, tempo de espera na fila do recurso, tempo de *setup*, tempo de processamento e tempo de movimentação. Com exceção do tempo de tramitação da ordem de manufatura o qual é reduzido pela aplicação do sistema JIT de puxar a produção, os demais tempos ficam reduzidos ou até mesmo eliminados com a implantação do *layout* celular, ou seja:

- Tempo de espera na fila: Com a produção em fluxo unitário seguindo um roteiro de fabricação do item e com a disposição adequada do maquinário, este tempo é eliminado. Com isso evita-se também a formação de estoques e eliminam-se as filas de espera e o sequenciamento das ordens as quais acarretam custos.
- Tempo de *setup*; Este tempo fica sensivelmente reduzido pela própria fabricação das famílias de peças e pela adoção da troca rápida quando da necessidade do “*setup*”.
- Tempo de processamento: Este tempo também sofre uma sensível redução em função da diminuição dos tempos de “*setup*” e da redução do tamanho do lote para processar.

- Tempo de movimentação: Estando agora os equipamentos mais próximos, a necessidade de transporte diminui. Além disso, a produção em fluxo unitário ou em pequenos lotes permite aos colaboradores movimentarem os itens manualmente, sem a utilização de equipamentos caros e espaço físico para locomoção e posicionamento desses equipamentos.

Como é possível de se perceber, são inúmeras as vantagens advindas do uso do *layout* celular, não apenas quanto ao aumento de produtividade e eficiência, mas também em termos de gerenciamento e logística. Funcionando como uma unidade autônoma, à célula apresenta facilidades para ser gerenciada em função da rapidez de comunicação possibilitada pela proximidade dos colaboradores os quais podem conversar entre si.

A Figura 2.3 ilustra a simplificação obtida pela adoção de um sistema utilizando *layout* celular ao invés do *layout* departamental.

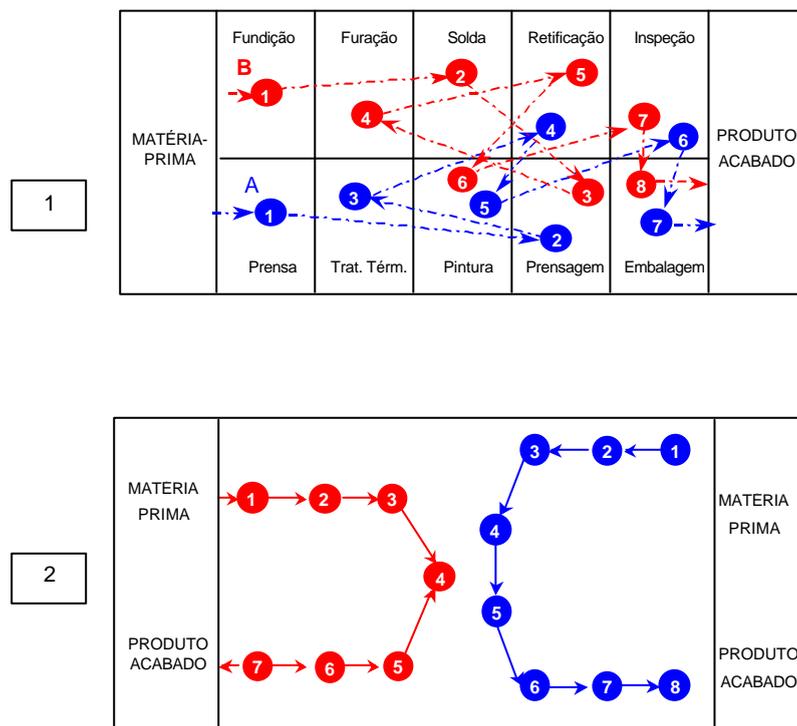


Figura 2.3 - Comparação entre dois fluxos sendo (1) *layout* departamental e (2) *layout* celular.

Fonte: Rezende, 1996.

2.3.2 Focalização na Montagem

Dentro do conceito de produção JIT, os processos de montagem também podem ser focalizados passando a ter várias diferenças quando comparados aos processos de grandes linhas convencionais. O número de produtos por linha, o formato e tamanho da célula, a distribuição de tarefas e as sinalizações de auxílio são algumas das diferenças estabelecidas as quais tendem a fazer com que a célula alcance desempenho superior em qualidade e produtividade.

Importante também é se salientar que nos processos de montagem, por apresentarem características e particularidades próprias de produção, torna a sua focalização mais fácil de ser executada quando comparada à focalização de fabricação.

Em se tratando de linhas de montagem, conforme Tubino [1999], deve-se dar preferência à célula de formato de formato em “L” ou “U” para linhas pequenas (dois a oito posições) e formato de serpentina para as linhas maiores. Estas células permitem se obter também vantagens provenientes da aplicação do conceito de foco, ou seja, maior conhecimento do trabalho por parte dos operadores das células com conseqüente redução dos custos operacionais e melhoria da qualidade.

O *layout* celular traz também algumas desvantagens, segundo Moreira [1996], impondo restrições ao processo. Entre outras se observa a redução da flexibilidade do sistema de manufatura e a maior ocorrência de máquinas paradas, em função que os equipamentos são dedicados às células não sendo compartilhadas por produtos ou componentes fabricados em outras células, caso varie muito o *mix* de produtos ao longo do tempo, fazendo variar a carga de trabalho nas células.

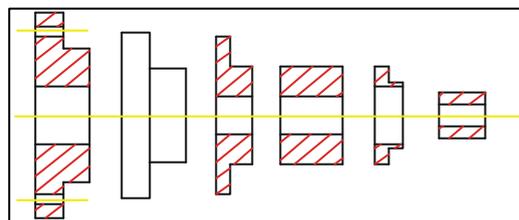
2.3.3 Métodos de Formação das Células

A tecnologia de grupo tem sido usada pelas empresas para determinar os grupos de produtos e grupos de máquinas a serem arranjados para a célula de manufatura. Conforme salienta Black [1998], trata-se de uma filosofia onde peças similares são agrupadas em famílias. Dependendo da similaridade de formas e tamanhos muitas vezes elas podem ser fabricadas por processos parecidos. Uma família de peças

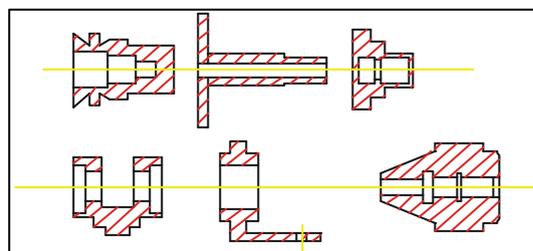
separada com base na fabricação teria a mesma seqüência de processo ou grupo de fabricação. Pode-se organizar ou agrupar esse conjunto de processos para a formação de uma célula. Assim sendo, com a adoção da tecnologia de grupo, o *layout* pode ser reestruturado em células, sendo cada célula especializada numa família de peças específicas.

Em sistemas de tecnologia de grupo, segundo Lorini [1993], o estoque em processo torna-se mais significativo, em virtude das ordens de fabricação serem executadas em operações em seqüência, como sendo um lote único. São liberadas para estoque somente quando todo o lote passar pela última operação na célula.

As similaridades nas peças, como ilustrado na Figura 2.4, são principalmente de dois tipos: atributos de projeto com formato geométrico e tamanho, e atributos de manufatura, ou seja, a seqüência de processamento para se fazer a peça [Moreira 1996]. O esquema de codificação permite o acesso a informações tanto para propósitos de projeto como de manufatura.



Família de peças similares na forma e geometria.



Família de peças similares nas operações dos processos de fabricação

Figura 2.4 - Esquema de utilização de tecnologia de grupo.

Fonte: Rezende, 1996.

A adoção da tecnologia de grupo, segundo diferentes autores, é baseada em dois princípios: codificação e análise do fluxo de produção.

Os códigos desenvolvidos visam possibilitar um manuseio eficiente e rápido dos dados relativos as diferentes peças. Alguns dos sistemas de classificação e codificação mais conhecidos são: Optiz, Code e Multiclass.

Na análise da matriz baseada no fluxo de produção, são permutadas linhas e colunas numa matriz de incidência peça/máquina, preenchida com índices zero ou um. Estas permutações visam diagonalizar a matriz, resultando após o processo uma indicação dos agrupamentos a serem efetuados [Carvalho Lopes, 1998]. Um exemplo pode ser visto nas Figuras 2.5 e 2.6, onde aparecem as matrizes de incidência antes e depois do agrupamento das peças.

Número da peça																														
MAQ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
T-1	x		x																	x			x		x					
T-2		x					x			x		x	x					x						x			x			
T-3	x		x		x										x		x													x
T-4		x					x					x	x											x			x			
T-5								x						x		x														
FR-1								x						x		x			x				x				x			
FR-2	x		x		x										x		x			x			x							
FU-1	x		x		x										x		x			x			x		x					x
FU-2								x						x					x				x			x	x			
FA-1								x						x		x			x				x				x			
TV-1				x		x			x		x											x						x		x
TV-2				x		x			x		x											x								
MA-1		x										x	x																	
MA-2		x								x		x						x						x						
R-1				x		x			x		x											x		x			x			
R-2				x		x			x		x											x						x		x
R-3	x		x		x										x		x			x			x		x			x		x
R-4		x								x		x	x																x	
PL				x		x			x		x											x						x		x
FA-2							x							x									x	x			x			

Figura 2.5 - Distribuição do plano de fabricação antes da adoção da tecnologia de grupo

Fonte: Varvakis Rados, 1986.

O termo célula de manufatura indica um conjunto de máquinas organizadas para fabricar uma determinada família de peças. Em função do número de máquinas e o

grau no qual o fluxo entre elas é mecanizado, segundo Moreira [1996], tem-se os seguintes tipos de células:

		Número das peças																													
MAQ		2	12	13	24	27	7	10	18	1	3	5	15	17	20	23	25	29	4	6	9	11	21	28	29	8	14	19	27	26	16
T-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x																						
T-4	x	x	x	x	x	x	x																								
TV-2	x	x	x	x																											
MA-1	x	x	x	x	x	x	x	x	x																						
R-3	x	x	x	x				x	x																						
T-1										x	x				x	x	x	x													
T-3										x	x	x	x	x					x												
FR-2										x	x	x	x	x	x	x															
FU-1										x	x	x	x	x	x	x	x	x													
R-2										x	x	x	x	x	x	x	x	x													
FA-2																			x	x	x	x	x	x	x						
TV-1																			x	x	x	x	x								
MA-2																			x	x	x	x	x	x	x						
R-1																			x	x	x	x	x	x	x						
R-4																			x	x	x	x	x	x	x						
PL																										x	x	x	x	x	
T-5																										x	x			x	x
FR-1																										x	x	x	x	x	x
FU-2																										x	x	x	x	x	
FA-1																										x	x	x	x	x	x

Figura 2.6 - Distribuição do plano de fabricação após a adoção da tecnologia de grupo

Fonte: Varvakis Rados, 1986.

2.3.4 Tipos de Células de Manufatura

1. Célula com uma só máquina: uma ou mais famílias de peças são operadas por apenas uma máquina.
2. Célula com várias máquinas e movimentação manual: embora se opere com várias máquinas, os colaboradores é que executam o manuseio de materiais, o formato mais utilizado é em “U”.
3. Célula com várias máquinas e manuseios semi-integrados: as peças são movidas entre as máquinas através de sistema mecanizado caracterizando-se em linha.

4. Sistemas flexíveis de manufatura: são as células mais automatizadas combinando centros de processamento automatizados com um sistema de manuseio de materiais totalmente integrados.

2.4 Simulação Computacional

A simulação computacional é uma ferramenta que possibilita ao operador reproduzir ou representar sob condições de teste um fenômeno, assim como acontece em sua performance real. Para Taveira [1997], a simulação é a técnica de fazer experimentos amostrais no modelo de um sistema. Os experimentos são feitos no modelo ao invés de no próprio sistema real, por se mais conveniente e menos dispendioso.

A simulação é tida como uma metodologia experimental de inúmeras aplicações. Como exemplifica Pedgen [1990], algumas das aplicações mais significativas são as pertencentes aos seguintes planos:

- Sistemas computacionais: processamento da informação; confiabilidade de hardware e software.
- Manufatura: Sistema de manuseio e armazenagem de materiais, *layouts* fabris, projeto de máquinas.
- Negócios: Política de preços, estratégias de marketing, análise de fluxo de caixa.
- Governo: Previsão de crescimento populacional, sistemas de saúde, projetos de estradas.
- Ecologia e Meio ambiente: Poluição e purificação da água, extração e exploração de minérios, sistemas de energia.
- Sociedade e Comportamento: Análises alimento/população, administração universitária, análise de sistemas sociais.
- Biociências: Ciclos de vida biológicos, estudos biométricos.

A simulação esta sendo a cada dia mais usada como veículo de análises dinâmicas antes da implantação de projetos, por projetar o comportamento de sistemas complexos calculando as interações dos componentes deste sistema. Dentro do que se propõe este trabalho, o uso da simulação será direcionado para questões que abrangem assuntos de manufatura, no caso, a manufatura celular.

As áreas onde as ferramentas de simulação podem ser empregadas tanto nas fases de planejamento quanto nas fases de projeto ou operação de sistemas de produção, segundo Pedgen [1990], são as seguintes:

- Configuração "*hard*" a qual abrange o número e o tipo dos equipamentos, as peças que o sistema ira processar e a configuração do arranjo físico.
- Configuração "*soft*" a qual refere-se ao planejamento, seqüência de produção de peças, trabalhadores e ferramentas.
- Controle em tempo real o qual executa o controle de fluxo o qual envolve contingências como falhas em ferramentas ou maquinas.

Ao ser usada como ferramenta de projeto, a simulação é motivada por questões que precisam responder as seguintes questões:

- Qual será a capacidade produtiva no projeto?
- É possível se alcançar as metas planejadas?
- Existem gargalos? Eles são identificados?
- Quais são as mudanças necessárias para se aumentar à capacidade de produção?
- Dentre os vários projetos qual o que mais atende a necessidade atual?
- Até que ponto o sistema é confiável?
- Quais as mudanças na performance obtidas em função do número e tipo de máquinas, número e tipo de operadores?

- Até que ponto as paradas de máquinas por quebra, afetarão os volumes de produção?

Os passos usados pelos analistas para a execução com sucesso da simulação computacional, segundo Pedgen, citado por Carvalho Lopes [1998], são:

- 1- Definição do problema: definir claramente os objetivos e certificar-se do porque do estudo em questão;
- 2- Planejamento do projeto: os recursos básicos e necessários, tais como, pessoal, apoio gerencial, “hardware” e “software” devem estar plenamente disponíveis;
- 3- Definição do sistema de avaliação dos limites e restrições na determinação do sistema e observação do seu funcionamento;
- 4- Formulação conceitual do modelo: Para definir os componentes e elaborar um modelo amostral;
- 5- Projeto experimental preliminar: selecionamento das avaliações de desempenho, os fatores variáveis e seus níveis de variação;
- 6- Preparação dos dados de entrada: identificação e coleta de todos os dados envolvidos;
- 7- Tradução no modelo: elaboração do modelo em linguagem de simulação;
- 8- Verificação e validação: certificação de que o modelo opera de modo pré-determinado e aceito. Os dados de saída representam o sistema real;
- 9- Projeto experimental final: projeto de um experimento que produza a informação esperada e determine a metodologia para a condução dos testes do projeto experimental;
- 10- Experimentação: simulação experimental para conferência de dados;
- 11- Análise e interpretação: Inferência nos dados simulados;

12-Implementação e documentação: utilização dos resultados obtidos, gravação dos dados, documentação do modelo e sua utilização.

2.5 Trabalhos Pesquisados

A seguir serão apresentados alguns artigos publicados em âmbito mundial concernente ao assunto em pauta. Trata-se de publicações diversificadas sobre o tema e escrita por autores de renome.

2.5.1 Trabalhos Sobre Comparações e Vantagens entre *Layouts*

Em seu artigo “Layout funcional versus *layout* celular sob condições operacionais variadas de fábrica”, Shafer [1991], através de modelos de simulação, analisou vários fatores para verificar as vantagens associadas ao *layout* celular em uma grande variedade de operações, usando como referência à variação de quatro fatores: o grau o qual ocorrem os arranjos das famílias, o número de operações necessárias para processar as peças, os tempos de processamento das peças em cada máquina, e o tamanho do lote. Para obter o resultado final da performance foram utilizadas duas variáveis: o tempo médio gasto por um lote no sistema e a média do estoque em processo. A conclusão foi de que em todas as situações testadas os sistemas baseados em *layout* celular apresentaram vantagens significativas sobre os sistemas com *layout* funcional.

Acrescenta ainda Shafer [1991], que um layout celular ideal é aquele que permite aos operadores transportar as peças individualmente entre os estágios de processamento; por conseguinte as peças não ficam em estado de espera até completar as operações de todo o lote. As operações podem ser executadas em peças do mesmo contenedor em dois os mais estágios ao mesmo tempo. Esta técnica é chamada de “sobrepôr-se”.

Eliminando-se o tempo de espera para completar todo o lote, as peças serão movidas através da célula com operações de “sobrepôr-se” de modo muito mais rápido quando comparado ao *layout* funcional.

Considerando e analisando os fatores que influenciam a redução de custos de manufatura obtidos pela conversão do layout funcional em celular, Boucher [1984] fixou-se em três áreas primárias de diferenças no sistema de performance. São elas os tempos de *setup*, o *lead time* de produção e o sistema de funções suporte e outros custos alocados. Para os componentes de manufatura, no *layout* celular os tempos de *setup* são invariavelmente menores. Estas reduções ocorrem devido à similaridade de operações que as máquinas executam entre os membros dos grupos de tecnologia. Visando obter-se mais reduções de custos, é adicionado a cada máquina um conjunto de ferramentas mantido dentro da célula, eliminando desta forma o tempo associado à retirada destas ferramentas dos almoxarifados quando necessárias.

Os resultados alcançados com estas pequenas providências são a obtenção de reduções significativas de custos pela redução de tempo de *setup*, estimados em sendo até acima de 69%. As reduções do tempo de *setup* no *layout* celular são analisadas como redução de custos sob dois aspectos: aumento de capital e eficiência da mão de obra, e redução do custo do inventário pela redução do tamanho dos lotes em processo.

Temponi [1995] defende o uso de tecnologia de grupo, visto que ela baseia-se no fato de que alguns dos componentes fabricados apresentam semelhanças que podem ser de tamanho, forma, processos, matéria-prima, etc. Consistindo em separar todas as peças/componentes em grupos ou famílias de peças similares cujas operações sejam semelhantes.

Miltenburg [2001], complementa os autores citados sugerindo que devem ser analisados os equipamentos disponíveis e suas respectivas capacidades, dispondo-os em um novo *layout* em forma de células ou grupos de máquinas dedicados a processar cada família de peças, analogamente, ao *layout* por produto.

David Hutchins [Hutchins 1992], comentando sobre algumas vantagens da manufatura celular JIT coloca que uma célula abrange aproximadamente seis operações, realizadas por cerca de dois ou três funcionários. O importante a ser observado é o fato de, nesse regime de trabalho, cada operário executar uma quantidade de tarefas diferentes, utilizando várias máquinas. Na abordagem típica

exige-se que cada funcionário atue em apenas um equipamento. Além disso, esse mesmo funcionário checa o seu trabalho antes de encaminhá-lo a célula seguinte, eliminando dessa forma os inspetores.

Quanto aos lotes eles são extremamente pequenos e acontece alguma ociosidade no pequeno intervalo de tempo entre as células. Com isso, o material em processo é baixo em função de serem mantidos as quantidades a serem produzidas em lotes mínimos, fazendo com que, dentro da célula, o material em processo seja apenas o produto que está sendo trabalhado. Trabalhos como duplo manuseio, grandes espaços necessários para armazenagem entre processos e peças paradas por longo período a espera de processamento, são alguns desperdícios que ocorrem entre as operações de uma abordagem não celular a qual pode resultar, em alguns casos, em torno de seis vezes mais material em processo.

Através do seu relato sobre o porque de uma célula, Ron Thorn [Thorn 1996], justifica as razões para o desenvolvimento do *layout* celular baseado nos seguintes assertivas: Melhorar a flexibilidade do processo, isolar/resolver problemas, reduzir ou controlar custos, reduzir prazos de entrega ou aumentar a produção, controlar um processo, simplificar um processo, controlar a qualidade/ou produção, controlar o estoque em processo ou a sua distribuição, controlar a distribuição de matéria prima/consumo, eliminação de sucata, encontrar soluções para melhoria de processos, introduzir novas tecnologias/sistemas para processos e equipamentos, justificar investimentos, estabelecer capacidades produtivas, mudar práticas de trabalho/estimular o interesse dos funcionários.

Gerald Lavasseur [Lavasseur, 1995], relata algumas vantagens sobre a implantação do *layout* celular em uma tradicional empresa americana, a Steward Inc. a qual prova ser um sucesso.

O sucesso inicial foi medido após a determinação efetuada com as reduções no tamanho dos lotes e dos níveis de inventário em processo. Mesmo enfrentando alguns problemas, mas, com o firme desejo de melhorar cada vez mais seu sistema de manufatura, a Steward desenvolveu novos métodos operacionais que melhoraram sua postura competitiva. Entre outras, as metas da companhia ao optar pelo *layout* celular era reduzir o índice de sucata para 2%, conseguir pontualidade

nos prazos de entrega aos seus clientes, produzir peças de qualidade garantida e com isso aumentar a sua rentabilidade.

Segundo o autor os planos da empresa também incluíam um compreensivo plano de treinamento, um aumento na margem de lucro de 18 % e tornar-se líder mundial em seu segmento de mercado. O benefício chave do *layout* celular é a rápida resposta ao cliente. As melhorias de processos internos desenvolvidos através de novos fluxos de *layout*, segundo o autor, irão permitir a empresa crescer significativamente no seu mercado, tornando mais difícil à vida dos seus concorrentes em termos prazos de entrega aos clientes e custo final do produto.

2.5.2 Alguns Trabalhos Sobre Tecnologia de Grupo

Wings Chow [Chow, 1993], apresenta um novo e eficiente modelo de agrupamento de máquinas o qual gera um número mínimo de peças gargalo quando solucionando problemas de manufatura celular. O modelo proposto é baseado no conceito de “unidade de máquina nova”. Segundo o autor, este conceito está comprovado como sendo o melhor enfoque no agrupamento de máquinas ($n + 2$) de um número total existente de máquinas dentro de um total de ($n + 1$) de células. O modelo proposto, contudo, não garante a minimização global de peças gargalo desde o seu algoritmo heurístico. Dados empíricos analisados por comparação mostram que o modelo é mais eficiente quando o total de número de máquinas da célula é maior ou igual a quatro.

O método proposto é usado para desenvolver um sistema inteligente a fim de facilitar a sua aplicação para uma grande gama de usuários. Este sistema considera como restrição o número máximo de células permitido, o tamanho máximo de cada máquina e restrições tecnológicas na qual um conjunto de máquinas pode ou não ser incluído na célula. O modelo proposto é desenvolvido pelo sistema KBS e é programado utilizando-se Pascal.

Em um estudo apresentado, Y. Crama [Crama, 1996], realizou algumas observações na tentativa de encontrar melhores soluções para problemas de tecnologia de grupo na formação de células. Os problemas foram definidos como sendo de diagonalização de blocos, e para se buscar uma solução foi usado

técnicas matemáticas de programação. Foi identificado também que estas tentativas usualmente dão suporte ao programa integrado de modelos, os quais promovem um meio não muito consistente em otimizar uma melhor solução para o problema. Crama [1996], propõe um modelo alternativo que permite a formulação de várias restrições e da função objetivo, provendo avanços mais eficientes em direção à solução. As restrições estão relacionadas pelos componentes máquina/peça; máquina/máquina ou peça/peça; restrições quanto às dimensões da célula e quanto ao número de células. Ele também apresenta exemplos o qual esse modelo pode se adequar para resolver problemas na diagonalização de blocos.

Segundo o autor [Crama, 1996], todas as técnicas divagadas possuem vantagens e desvantagens quando da sua utilização, para isso, quando da escolha deve ser dada ênfase àquela que apresentar menos restrições em função da necessidade de implementação.

2.5.3 Trabalhos Sobre Focalização da Produção

Em seu artigo “Projeto de manufatura celular”, M. Choi [Choi, 1992] analisa alguns problemas em relação ao assunto, que devem merecer toda a atenção dos usuários e futuros usuários a adotarem o *layout* celular. O mais importante relaciona-se a variedade de questões técnicas que são freqüentemente envolvidas no projeto de células de manufatura, como:

- 1- Limitação dos métodos para formação de células existentes;
- 2- Escassez ou falta de máquinas;
- 3- Selecionamento das máquinas;
- 4- Interação entre máquinas e processos;
- 5- Obtenção de células flexíveis.

B. Arvinth e S. Irani [Arvinth e Irani, 1994], identificaram que o problema de projeto de uma célula em alguns casos pode ser composto de quatro grandes falhas de interação, sendo elas:

1- Formação da família de peças e grupo de máquinas.

Preocupa-se em identificar o potencial de identificação das famílias de peças e grupo de máquinas.

2- Duplicação de máquinas.

Tenta encontrar uma duplicação ótima em funcionalidade de máquinas similares entre varias células competitivas tendo como alvo, a redução dos custos do fluxo intercelular.

3- *Layout* intracelular.

Reporta-se sobre o melhor *layout* para as máquinas em cada célula. A composição exata de cada célula é uma exigência para esse sub problema, e se obtém o sucesso esperado, eliminando-se os dois primeiros itens.

4- *Layout* intercelular.

É determinado a se conseguir minimizar os espaços entre as células visando reduzir as distancias e com isso a perda por deslocamentos.

2.5.4 O Planejamento e Controle da Produção e a Focalização da Produção

De acordo com Tubino [1999], a idéia da produção focalizada é fazer com que um produto ou uma família de produtos possa ser tratada como um negocio específico, com suas características produtivas e mercadológicas próprias, segundo uma estratégia competitiva adequada para cada produto.

De acordo Miles H. Overholt [2000], a organização flexível é capaz de auto corrigir, ajustando seus componentes internos as mudanças do ambiente externo. A flexibilidade ocorre a partir do balanceamento adequado das linhas de produção e na capacidade de adequar o processo produtivo aos diferentes produtos e modelos exigidos pela demanda, a partir da tecnologia de gestão da mão-de-obra, da padronização, da organização das estações de trabalho em seqüência das

atividades, aliada a interação de todos a um objetivo comum, o atendimento do cliente no menor espaço de tempo.

Para Elena Sefertzi [2000] "a flexibilidade dessas empresas reside basicamente na capacidade de atender rapidamente as mais variadas exigências de demanda individualizada. Elas conseguem fazer isso por meio de:

- Produção especializada, que é amplamente baseada na capacidade técnica de seus trabalhadores e na produção em lotes pequenos;
- Introdução de tecnologia e mão-de-obra flexíveis;
- Organização de estações de trabalho em grupos, em vez de linear;
- Distribuição de processos de trabalho em estágios e empresas de produção interconectados e especializados."

Festus Olorunniwo [Olorunniwo 1996], realizou uma pesquisa, enviando questionários a várias empresas americanas questionando a respeito de como seria o planejamento e controle da produção antes e depois da implementação de células de manufatura num ambiente fabril. Como resposta obteve que as técnicas que mais se sobressaíram após a mudança para manufatura celular, foram: a do ponto de pedido, o do planejamento de recursos de manufatura (MRP), o *kanban* e a tecnologia de produção otimizada. Na conclusão do trabalho, Olorunniwo [1996], encontrou que:

- 81,8% das empresas pesquisadas possuíam um sistema de PCP antes da manufatura celular, sendo que 74,6% delas usavam o MRP;
- Antes da manufatura celular mais empresas usavam o MRP do que qualquer outro sistema de PCP. Após a mudança o quadro não sofreu grandes alterações;
- A proporção de empresas que usavam *Kanban* pulou de 7,3 para 56,4% após a implementação da manufatura celular;

- O MRP e o *Kanban* foram sistemas de planejamento híbrido mais freqüentemente usado, sendo que muitas empresas apenas adicionaram o *Kanban* ao seu sistema MRP já existente.
- Enquanto 30,9% das empresas adotaram o MRP como sistema de planejamento após a implementação da manufatura celular, apenas 12,7% das empresas fizeram o mesmo para o *Kanban*;
- A proporção de empresas que usam outros sistemas de planejamento e controle de produção permaneceu baixo antes e depois da implementação da manufatura celular, comparado com aqueles que usam MRP, *Kanban* ou ambos;
- A probabilidade de introdução do *Kanban* não depende da extensão da fábrica ou do número de células, mas sim, do número de linhas de produtos;
- Comparada com uma pesquisa conduzida anteriormente, muitas empresas efetuaram mudanças em seus sistemas de planejamento e controle após a instalação de células. Algumas das mais populares modificações incluem: (a) as ordens são agora liberadas com maior freqüência por causa da redução do tamanho dos lotes (89,5%); (b) as tarefas agora são planejadas dentro das células (83,5%); e (c) as tarefas agora seguem um roteiro ao nível da condição da célula ao invés das máquinas individuais (78,9%).

Desta forma, o autor Olorunniwo [1996], conclui que as várias combinações de sistemas de planejamento e controle de produção podem propiciar excelentes resultados atuando de maneira decisiva na produção focalizada.

2.5.5 Artigos Sobre a Utilização da Simulação

Quando da modelagem das linhas de produção, após o projeto individual das máquinas e células, segundo Dvorak [1995], os engenheiros de manufatura têm a oportunidade de ver através da simulação como operam as diferentes máquinas. Estas linhas de produção manipulam dados variáveis que envolvem a distribuição de eventos, tais como, entrega de matéria prima, previsão de manutenção de máquinas e *setups*, e volumes de produção.

A simulação moderna pode idealizar quase todos os componentes em operação em uma fábrica porque a combinação dos parâmetros é ilimitada. Todos estes experimentos são para conduzir uma melhora na performance na produção da fábrica.

John Morris [Morris, 1990], utilizou a simulação para executar uma comparação entre os *layouts* departamental e celular. Um modelo usando dados hipotéticos foi usado para comparar os processos usando como referência o tempo de passagem e o nível de inventário em processo. As operações analisadas foram: a taxa de *setup* para o tempo de processo, o tempo de transferência de materiais entre os postos de trabalho, a estabilidade da demanda, e o fluxo do processo dentro das células.

Como resultado não foi possível identificar grandes vantagens entre os *layouts* analisados, porém, os resultados destes experimentos foram usados para postular um ambiente “ideal” para o *layout* celular. Este ambiente é caracterizado como tendo uma alta taxa de *setup* para o tempo de processo, demanda estável, fluxo do processo unidirecionais dentro da célula e grandes tempos gastos para deslocamentos de materiais entre os departamentos. Na presença de todas essas condições, segundo o autor Morris [1990], a simulação avalia o *layout* celular como sendo muito mais produtivo do que o *layout* por processo.

Sukiman e Irani [2001], reportaram em seu artigo o uso da simulação computacional em uma empresa de Columbus (Ohio, USA) para auxiliar no novo projeto do *layout* de uma célula de montagem. O detalhe é que este estudo era para um *mix* de produtos, o que exigiu a combinação de três linhas de montagem. Os critérios usados foram os níveis de demanda, distribuições da demanda e os processos executados em cada linha. As medidas de desempenho foram fluxos de produtos e matérias-prima, espaço físico, utilização dos operadores, produção e capacidade de expansão do *layout*. Para a criação dos modelos foi usada a simulação Arena.

Com base nos resultados da simulação, os autores [Sukiman e Irani, 2001], avaliaram os *layouts* alternativos considerando as medidas de desempenho, e usando critérios de múltipla decisão para selecionar a melhor proposta. O *layout* final considerado foi o em forma de “U” e foi escolhido pelos seguintes motivos:

- Melhor fluxo de pessoal, informações, produtos e matérias-primas;
- Maior percentual de utilização de espaço;
- Melhor produção que o *layout* atual;
- Maior percentual para visibilidade do chão de fábrica;
- Maior pontuação geral.

A simulação tem se caracterizado como sendo uma nova abordagem para resolver problemas. Como já descrito anteriormente, esta ferramenta permite a análise de muitas questões, sem que haja a necessidade de elaboração de sistemas reais. Ela pode ser utilizada em sistemas computacionais complexos, bem como, em sistemas simples e até visuais. Um exemplo interessante é o artigo reportado por Richard Schonberger [Schonberger, 1988], sobre o “simulador com xícaras de café”, para resolver um problema de planejamento.

O método foi criado e empregado na 3M em Hutchinson, Minnesota que estava sendo convertida à produção JIT. Entre outros, o método consistia em conseguir respostas para algumas incertezas, tais como: tempo de parada de máquina, eficiência de utilização, retrabalho, quais produtos operam em quais linhas, atrasos de chegada de materiais. Os operadores, supervisores, pessoal de manutenção e outros, foram chamados a participar e darem sugestões.

Após dois meses de simulação e mudanças, foram alcançados três excelentes resultados:

- Planejou-se o sistema kanban.
- Houve o envolvimento e o comprometimento das pessoas.
- Forneceu-se o treinamento JIT para todos.

2.6 Considerações Finais

Esta revisão bibliográfica demonstra que o JIT constitui uma filosofia com base em ferramentas operacionais que melhoram a produção e aplicam conceitos que combatem todos os tipos de desperdícios.

A análise das ferramentas JIT: Operadores Polivalentes; Automação; Operações Padronizadas e Manutenção Produtiva Total foi apresentada neste capítulo, ressaltando a importância do uso delas em sistemas produtivos.

A produção focalizada na fabricação e montagem como também os métodos de formação das células foram importantes assuntos aqui apresentados, salientando-se os métodos de formação das células obtidos pela tecnologia de grupo. Na complementação deste capítulo os itens foram conferidos através da simulação computacional.

Considerações importantes escritas por diferentes autores foram apresentadas mostrando a importância da utilização das ferramentas JIT pelas empresas para a solução de diversas questões dentro do sistema produtivo, a qual terá oportunidade de ser mais bem visualizada no modelo a ser apresentado no capítulo 3. O uso destas ferramentas do sistema JIT será de grande utilidade na definição do layout proposto partindo desde a análise do sistema de produção a ser estudado, como também do gerenciamento deste mesmo sistema. No capítulo 3, portanto, serão analisadas e apreciadas as questões que farão parte do novo modelo proposto para utilização de células de manufatura na indústria moveleira de estofados.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DA PESQUISA

Realizado o referencial teórico sobre a implantação do *layout* celular em empresas como ferramenta para melhoria de produtividade, este presente capítulo tem por objetivo descrever a metodologia científica utilizada para a consecução da solução do problema em questão, ou seja, pode o uso do *layout* celular ser uma alternativa viável para aumento de produção e melhoria de produtividade em indústrias moveleiras de estofados?

3.1 Natureza da Pesquisa

Toda e qualquer empresa procura a cada dia aperfeiçoar o seu processo produtivo com a finalidade de aumentar a produtividade, diminuir custos de produção, aumentando desta forma a sua eficiência. Uma consequência final destas mudanças é a manutenção ou conquista de novos clientes, questão atualmente de sobrevivência frente a grande competitividade hoje existente no mercado, no qual a indústria de estofados também se encontra inserida.

A maioria das empresas fabricantes de estofados não utiliza o *layout* celular em suas fábricas, nem mesmo como ferramenta para o nivelamento da produção com a demanda. Sabe-se, porém, que esta técnica tem sido usada com êxito em vários segmentos industriais, independentes do ramo de atividade que executam, desta forma, esta pesquisa ira buscar a comprovação, ou não, de que o uso do *layout* celular pode ser uma excelente ferramenta para as indústrias moveleiras de estofados tornarem-se mais competitivas e lucrativas.

Assim sendo o objetivo deste trabalho é demonstrar a importância e a possibilidade de ser adotado o *layout* celular como ferramenta de redução de custos em empresas fabricantes de estofados. Na seqüência serão definidos os passos que devem ser seguidos para que este objetivo seja alcançado.

3.2 Classificação da Pesquisa

A classificação da pesquisa torna-se neste momento necessária para que sejam identificados os instrumentos que serão utilizados para a busca de informações, visando a consecução do objetivo. No desenvolvimento do presente trabalho que tem caráter teórico-empírico, a metodologia de pesquisa utilizada foi desenvolvida na forma de um estudo exploratório e descritivo.

As pesquisas exploratórias são aquelas que possuem planejamento flexível e que buscam constantemente um aprimoramento das idéias, assumindo, desta maneira, a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso. As técnicas empregadas na pesquisa exploratória são as seguintes:

- Levantamentos bibliográficos;
- Levantamentos de documentos;
- Levantamentos de estatísticas;
- Levantamentos de pesquisas realizadas;
- Levantamento de experiências (em grupo ou individuais);
- Estudos de casos.

Já as pesquisas descritivas focalizam-se na descrição das características de uma população ou fenômeno, assumindo a forma de levantamento de dados. As técnicas utilizadas na pesquisa descritiva são as entrevistas e os questionários.

Desta forma, a pesquisa exploratória deste trabalho foi fundamentada em duas técnicas:

- Revisão da literatura;
- Pesquisa de campo.

A revisão literária foi realizada através de uma revisão bibliográfica abrangendo estudos realizados confrontando o *layout* celular e o *layout* departamental, com a finalidade de se conseguir atualização do tema pesquisado. Por outro lado, na

pesquisa de campo foi elaborado um Estudo de Caso para coleta das informações necessárias a identificação e análise dos diferentes tipos de *layout* nas empresas moveleiras de estofados da Serra Gaúcha.

Este método de pesquisa foi escolhido devido à necessidade de se obter uma visão inicial sobre de que maneira seria possível se utilizar o *layout* celular em empresas de estofados, devido à falta de informações a esse respeito, considerando-se ainda que, através do estudo de caso, é possível se analisar mais profundamente o fenômeno de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

A aplicação do método de estudo de caso como um método de investigação exige que haja conhecimento suficiente sobre o objeto de estudo, para que se possa estabelecer um método de execução que seja exeqüível e correto. O estudo de caso possui na coleta de dados um procedimento mais acessível de uso de recursos menos sofisticados, porém encontram-se dificuldades em determinar quais quantidades de dados permitem a compreensão do todo.

Ainda sobre o estudo de caso, o mesmo é considerado como sendo um método mais recomendável nas fases iniciais de uma investigação sobre temas complexos, para a construção de hipóteses ou reformulação do problema. É enfatizada também a sua importância como estimulador para novas descobertas ao longo da pesquisa, e sua ênfase na totalidade, onde se volta para a multiplicidade de dimensões do problema, focalizando-o em sua totalidade.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, este trabalho teve conotação qualitativa, por se tratar de um estudo de caráter descritivo e por procurar buscar o entendimento do fenômeno como um todo. Cinco características para a pesquisa qualitativa, presentes neste trabalho estão apresentadas como segue:

- A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como elemento-chave;
- A pesquisa qualitativa é quase sempre descritiva;
- Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto;

- Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente;
- O significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa.

Assim sendo, este trabalho de dissertação está estruturado como pesquisa-diagnóstico, que levanta e define problemas e possibilita maior conhecimento sobre o ambiente investigado em determinada situação e em um momento definido.

3.3 Área de Atuação da Pesquisa

A presente pesquisa tem como área de atuação uma empresa do ramo moveleiro de estofados, estabelecida na cidade de Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha, nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Sua produção diária é na média de quarenta e cinco produtos. O faturamento do setor moveleiro Gaúcho em 2002 foi de R\$ 2,63 bilhões e o volume de exportações foi de US\$ 147 milhões. Juntamente com a empresa estudada convivem outras 36 fábricas deste mesmo segmento nesta região do Rio Grande do Sul.

Muitas empresas deste ramo de atividades estão fazendo investimentos em novas unidades industriais, melhorando a sua tecnologia de produção, porém as alternativas são escassas em virtude de que as fábricas de estofados dependem muito de operações manuais, pois praticamente não existem máquinas de estofaria. Isto implica em altos custos de produção, motivo que faz com que estas empresas tentem buscar alternativas de melhorias em seus processos de produção de forma a torná-los menos onerosos e mais eficientes.

O presente estudo de caso irá atuar na área de marcenaria da empresa estudada, ou seja, um setor de chão de fábrica onde existe potencial para um estudo de modificação do *layout* departamental em *layout* celular, sendo que é neste setor onde se dá a partida e se iniciam todas as operações dos estofados que são as executadas com estruturas de madeiras.

3.4 Técnica de Coleta de Dados

Para este estudo de caso serão usados para a coleta de dados os seguintes instrumentos de pesquisa: a entrevista, a observação e a análise documental. A

seqüência a ser seguida nesta pesquisa terá como início à leitura de documentos, a observação *in loco* e a realização de entrevistas.

A entrevista da presente dissertação busca obter o conhecimento e identificar as principais filosofias e técnicas de gestão utilizadas no sistema produtivo da indústria de estofados. Ele se constitui de um conjunto de perguntas feitas verbalmente. Neste trabalho de pesquisa será usada a forma de entrevista para os colaboradores, visando a simplicidade na busca das respostas. Por outro lado, para a equipe composta de membros da supervisão de produção, planejamento, direção e encarregados de setores a entrevista terá questões mais abrangentes, em virtude que esta equipe possui um grau maior de discernimento para responder as perguntas elaboradas.

A observação *in loco* foi realizada no próprio ambiente interno da fábrica, onde o observador estará envolvido no dia a dia da empresa acompanhando a execução das atividades relacionadas com o tema desta dissertação, ou seja, a rotina diária da mão de obra com suas atividades normais e corriqueiras.

A análise documental teve como tarefa à busca de documentos que sirvam de indicador para comparações entre os trabalhos projetadas e realizadas, alterações nos planos de vendas, qualificação de operadores e alterações no arranjo físico. As variáveis utilizadas para a análise dos dados são as seguintes:

- Dados gerais da empresa: planta baixa, número de colaboradores, capacidade de produção, tecnologia empregada;
- Levantamento de quais os artigos de maior produção ou representatividade dentre os produtos fabricados pela empresa e quais os roteiros operacionais.
- Processo de produção: nível de padronização, tamanho de lotes, tempos de *setup*, *lead time* etc.
- Pesquisa no chão de fábrica para identificar os tempos necessários as operações nas diversas etapas do processo de produção.

- Características da mão-de-obra: cultura de trabalho, organização do trabalho, qualificação, treinamento operacional, gama de conhecimento dos encarregados de produção e chefias.
- Indicadores de desempenho da empresa: *Lead time* médio, tamanho médio dos lotes, tempos de ciclo, rotatividade de estoques, retrabalho.

A presente investigação busca obter o conhecimento e a formação do tempo de passagem nas indústrias de estofados, e identificar as principais técnicas de gestão utilizadas. Por possuir questões complexas e abrangentes, as respostas da investigação deverão ser respondidas pelos colaboradores ligados de forma direta com a implantação, produção e entrega de um pedido.

3.5 Resultados Esperados

No desenvolvimento do presente trabalho espera-se alcançar os seguintes resultados:

- Estudar e descrever a teoria de formação do *layout* como meio de alteração nos tempos de produção e seu relacionamento com o prazo de entrega dos pedidos dos clientes.
- Fornecer às empresas moveleiras produtoras de estofados uma metodologia para identificar e analisar os componentes formadores do *layout* departamental e confrontá-lo com o *layout* celular.
- Validar a investigação apresentada como um instrumento de pesquisa que permita buscar o conhecimento e estado atual da formação do *layout* celular em empresas de estofados.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo definiu-se a metodologia do presente trabalho. A pesquisa foi caracterizada como uma pesquisa qualitativa quanto a sua natureza, explicativa no sentido de identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, e tem como investigação o estudo de caso. Também se

procurou definir a amostra e a forma da coleta de dados que permitirão atender os objetivos propostos neste trabalho.

Foi descrito também de forma detalhada a pesquisa elaborada que deverá ser aplicado junto aos colaboradores da empresa nos seus diversos níveis de hierarquia, e foram evidenciados os resultados que se espera obter com a realização deste estudo.

A área de atuação da pesquisa foi apresentada como sendo na indústria moveleira de estofados. A mesma constitui-se num ramo de atividades bastante significativas para a economia brasileira, especialmente na Serra Gaúcha onde foi estudado e desenvolvido este modelo, constituindo assim uma boa amostra para as generalizações desta pesquisa.

No próximo capítulo serão apresentados os dados coletados junto à empresa do estudo de caso, a Móveis Casa de Pedra Ltda, de modo a demonstrar a importância e a viabilidade de se adotar o *layout* celular dentro do seu sistema produtivo. Neste estudo de caso, será possível analisar considerações a respeito das atividades dentro do *layout* atual que não agregam valor dentro do fluxo de produção e que oneram e dificultam as atividades em empresas de estofados.

CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO

Com o escopo de confirmar a hipótese inicial desta pesquisa, de que o uso do *layout* celular é uma alternativa viável para a conquista de reduções de custos na indústria moveleira de estofados, realizou-se um estudo de caso em uma empresa produtora de estofados. Conforme definido no capítulo 3, que contém os procedimentos metodológicos deste trabalho científico, manifestou-se a opção pelo modo de investigação de estudo de caso, visto que o mesmo permite se aprofundar na dinâmica de aplicação da técnica em análise. Desta forma, neste capítulo 4 será apresentado o estudo desenvolvido para análise da implantação do *layout* celular em uma empresa fabricante de móveis estofados visando um aumento de sua produtividade.

4.1 A Empresa Pesquisada

O estudo de caso foi desenvolvido na empresa Móveis Casa de Pedra Ltda. Esta empresa foi fundada no ano de 1977 no Bairro São Francisco, na cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. Desde a sua fundação a empresa está voltada para o setor de móveis estofados de padrão médio-alto, sempre com produção em série.

As matérias-primas mais utilizadas pela empresa são os revestimentos 100% algodão, as espumas, a madeira de eucalipto e compensada, os mantos de fibras sintéticas, os grampos de aço, as percintas elásticas, as colas diversas, acessórios diversos e o plástico bolha para embalagem.

Estas matérias-primas são procedentes de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Hoje a empresa está instalada na área administrativa de Barracão, no interior de Bento Gonçalves, contando com 38 funcionários e ocupando uma área construída de 2.300 m².

Para o ano de 2003 a Empresa pretende concluir um antigo sonho. Ela possui área de terra de 10.000 m² no Distrito Industrial do Buratti, no vizinho município de Farroupilha, RS. Toda a infra-estrutura como terreno terraplanado, água, luz etc. já está pronta para a edificação da fábrica nova, a qual ocupará 2700 m². É desejo de

sua diretoria implementar o uso do *layout* celular em sua totalidade nesta nova planta. O investimento já foi aprovado pelo BNDES, faltando apenas a liberação de verba para o início da obra.

Um dado importante de ser salientado é que esta empresa possui alguns fatores que atualmente a tornam bastante competitiva em nível de mercado, sendo eles a qualidade dos produtos, o design e o prazo de entrega. Os produtos com a marca da Empresa são comercializados em todos os estados brasileiros, inclusive no Mercosul.

Por cinco vezes a empresa contratou consultoria externa através do Sebrae-RS em projetos PATME (Programa de Auxílio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas), conseguindo desta forma alcançar algumas boas melhorias no âmbito da qualidade e produtividade. Alguns treinamentos também foram ministrados a todos os funcionários os quais elencaram melhorias importantes inclusive com alteração de *layout* e racionalização de métodos de trabalho.

Mesmo com melhorias já implantadas, a empresa ainda tem um longo caminho em busca da otimização de seu sistema produtivo. O importante é que a sua diretoria está e sempre esteve motivada à inovação, e consciente de que a utilização do *layout* celular se apresenta como uma boa ferramenta para aumentar a competitividade da empresa neste acirrado segmento de mercado.

Apesar de já estar num estado de evolução constante, a empresa ainda sente a ausência de dados relacionados ao processo produtivo empregado, como, por exemplo, a árvore de produtos, os roteiros de produção, os tempos de operações, etc., necessários para o estudo da implantação do *layout* celular. Dinâmicas para sua obtenção acabaram sendo executadas e serão descritas ao longo do trabalho.

A Empresa em questão possui representantes em vários estados brasileiros. Através deles é que chega à empresa os pedidos dos produtos a serem fabricados. A partir daí os pedidos são programados e transformados em ordens de fabricação para a produção em lotes. O *lead time* da empresa para atender aos pedidos dos clientes é de 16 dias para o seu principal produto, que é o estofado de três lugares, de 12 dias para as poltronas, de 10 dias para os puffs e de 14 dias para os sofás-cama, conforme pode ser visto na Figura 4.1.

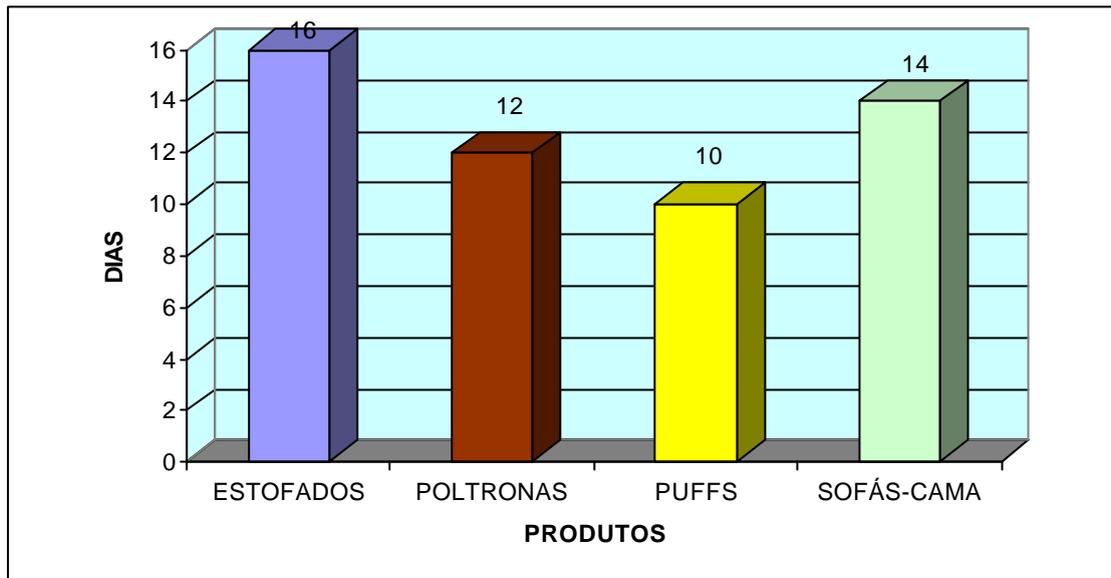


Figura 4.1 - *Lead times* de atendimento dos clientes.

Fonte: Empresa pesquisada.

O processo produtivo da empresa é até certo ponto simples, e é desenvolvido nos setores de fabricação de peças e montagem. A programação para a execução da produção é feita semanalmente, os supermercados acumulam aproximadamente dois dias de produção enquanto que a rotatividade de estoques dos principais produtos utilizados como matéria prima é mensal para tecidos, madeiras e acessórios, e semanal para as espumas.

Os tempos de fabricação são de 5:40 horas para os estofados, 3:30 horas para as poltronas, 1:30 para os puffs e de 5 horas para os sofás-cama, conforme ilustrado na Figura 4.2.

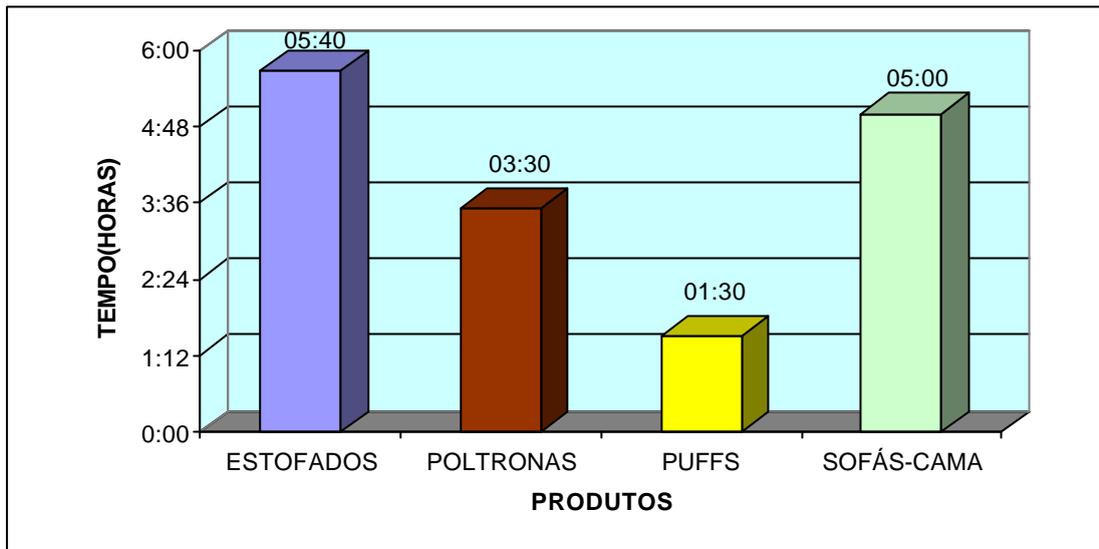


Figura 4.2 - *Lead times* de fabricação.

Fonte: Empresa pesquisada.

Não existem grandes acúmulos na produção (a empresa tem efetuado bons trabalhos de racionalização de métodos de trabalho), e seus funcionários em sua maioria são polivalentes, isto é, já estão treinados para executarem diferentes tarefas dentro dos seus setores como no exemplo da Marcenaria onde, quando necessário, um mesmo funcionário pode trabalhar em diferentes máquinas como plaina, destopadeira, serra fita, tupia etc.

Não ocorre a formação de estoque de produtos acabados porque as montagens só produzem as quantidades de produtos solicitados pelos clientes. Quando da conclusão do pedido, os produtos são liberados e colocados na área do produto acabado.

A Tabela 4.1 apresenta os dados referentes à produção de cada um dos quatro principais produtos pela Empresa. Pode-se perceber também a média diária de produção nos últimos seis meses do ano de 2001 (maio a outubro).

Com o estabelecimento destes números de produção de cada produto acabado, e utilizando-se as médias, foi possível identificar quais os componentes produzidos em maior quantidade pela empresa. Estes componentes deverão ser prioritários no estudo de alteração do *layout* atual da fábrica, visando reduzir as ineficiências e desperdícios existentes. Estes dados também vão auxiliar o planejamento na

definição dos tamanhos de lotes de fabricação para peças e conjuntos que irão passar por este novo *layout*.

Tabela 4.1 - Números da produção mensal de maio a outubro 2001.

2001		Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Média Diária
1	Estofados	301	221	286	338	240	330	13,61
2	Poltronas	215	239	142	206	173	264	9,83
3	Puffs	164	195	245	225	150	216	9,48
4	Sofás-cama	209	205	236	335	169	369	12,08
Totais		889	860	909	1.104	732	1.179	45

Fonte: Empresa pesquisada

Analisando-se os produtos finais produzidos com suas respectivas medidas mensais foi possível definir-se quais os componentes (conjuntos, subconjuntos e peças) produzidos em maior quantidade pela empresa. Tendo em vista que todos estes produtos possuem armação em madeira, no caso eucalipto, as peças suporte do braço; cantoneira; apoio frontal e compensado do braço são as peças produzidas em maior quantidade em virtude de serem padrão para a fabricação dos quatro principais produtos produzidos.

Desta forma, o estudo de viabilidade de implantação do *layout* celular que será descrito na seqüência do capítulo será priorizado para estes subconjuntos, em particular para o suporte do braço produzido na Marcenaria visando otimizar a fabricação do mesmo. Esta peça é um componente de madeira que serve como reforço ao braço do estofado antes da colocação do papelão e da espuma que será posteriormente colada. O número de peças por braço é de 10 unidades.

4.1.1 O Sistema de Produção Atual

O processo produtivo padrão de móveis estofados pode ser representado pelo fluxograma da Figura 4.3. Conforme se pode ver nesta figura, existem três fluxos

paralelos de produção, a fabricação dos componentes de madeira, dos componentes de espuma e dos componentes de tecido.

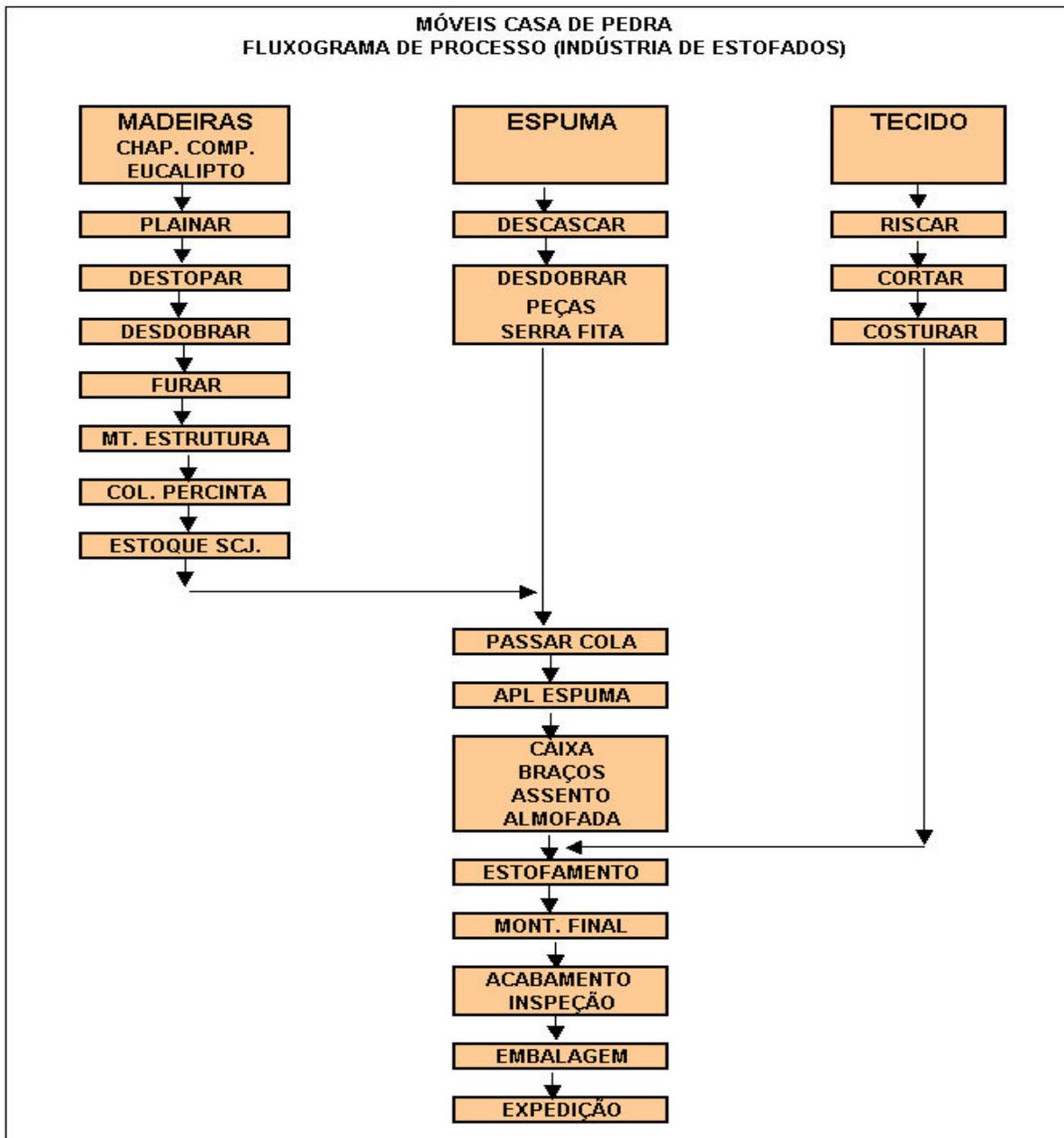


Figura 4.3 - Fluxograma do processo produtivo padrão.

Fonte: Empresa pesquisada.

O processo produtivo padrão para os componentes em madeira, conforme a Figura 4.3, segue na seqüência de operações o seguinte fluxograma: operações de plainar a madeira; destopar no comprimento; desdobrar (cinco tiras por taboa); furar; montar os componentes formando o conjunto da estrutura que pode ser do assento,

dos braços ou da caixa (costas). Na seqüência existe a operação de grampear a percinta elástica, a qual conclui o processo para os componentes em madeira.

O processo produtivo padrão para os componentes em espuma de nylon obedece na seqüência de operações o seguinte fluxograma: operações de descascar isto é, retirar a camada protetora (casca) do bloco de espuma, e após, desdobrar em peças utilizando a máquina serra-fita. Já os componentes de tecidos sofrem as operações de riscar; cortar e costurar.

Uma vez que estes três componentes estejam prontos, eles são montados, sendo que inicialmente as estruturas de madeira recebem cola e em seguida é aplicado o componente em espuma formando o conjunto estrutura com espuma colada.

Na seqüência este conjunto recebe o tecido pronto que é então grampeado, formando desta forma a operação de estofar. Depois de estofado, os conjuntos do braço, da caixa e do assento são montados formando o produto acabado. Em seguida o produto é inspecionado e embalado, ficando a disposição do setor comercial para ser expedido.

Através da Figura 4.4 pode ser visualizado o *layout* atual da fábrica com a divisão dos setores e o sentido do fluxo de produção. A descrição do maquinário apresentado neste *layout* pode ser vista na Figura 4.5.

A Figura 4.4 apresenta o arranjo físico atual da empresa estudada identificando os setores onde são confeccionadas as peças componentes dos produtos fabricados e comercializados pela empresa estudada.

Como visto anteriormente, a confecção de um estofado está envolvida com a fabricação de componentes nos setores de marcenaria; corte de espuma e corte e costura. Existem também os setores de montagem que utilizam as peças fabricadas formando os conjuntos. No caso as peças em madeira, depois de montadas, passam pelos setores de colagem, estofaria e montagem final quando se torna um produto acabado.

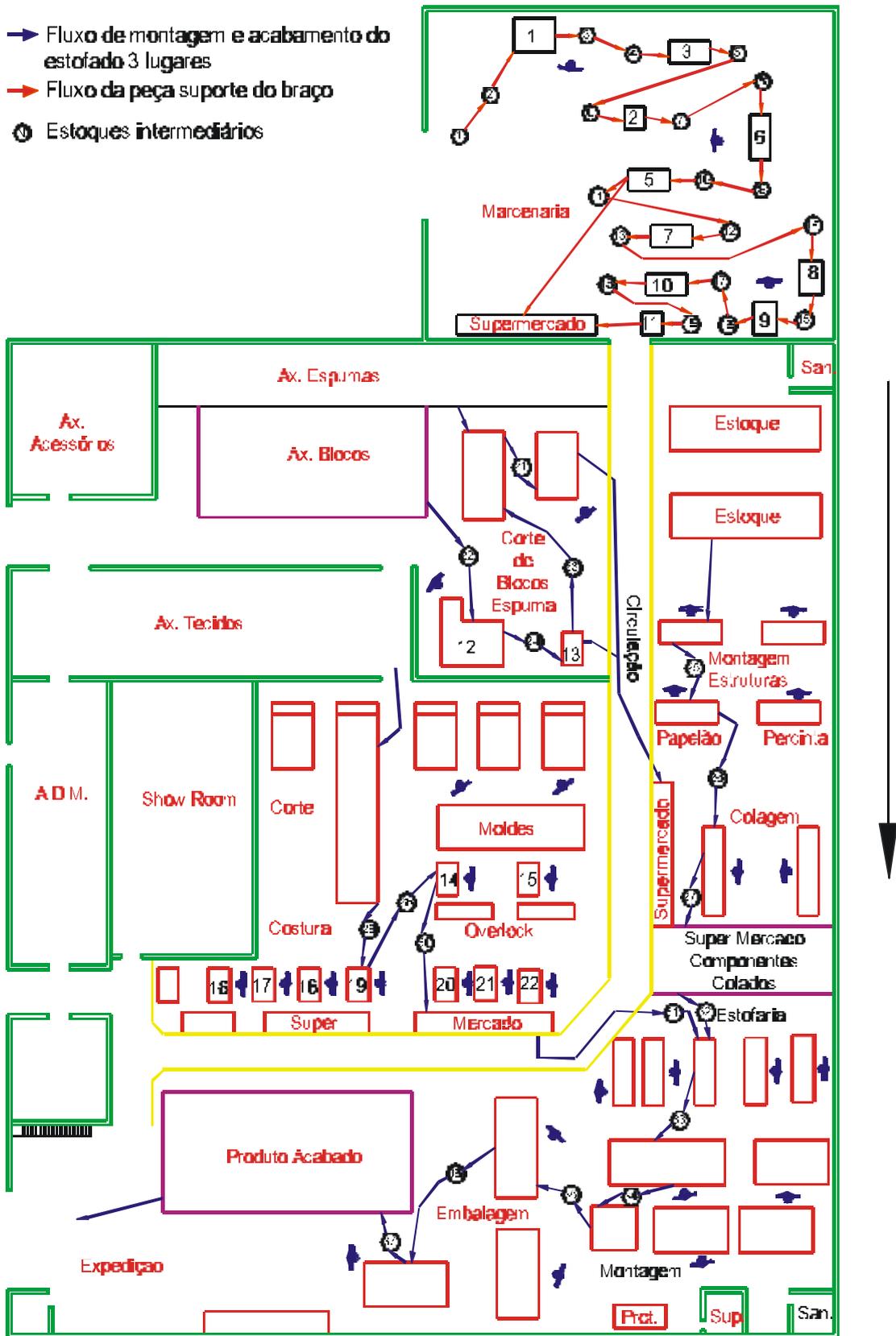


Figura 4.4 - Layout atual com o sentido do fluxo de produção.

Fonte: Empresa pesquisada.

Nº	Descrição	Nomenclatura5	Setor
01	Plaina Limadora	PL	Marcenaria
02	Refiladeira	RF	Marcenaria
03	Destopadeira	DT	Marcenaria
04	Destopadeira	DT	Marcenaria
05	Lixadeira	LX	Marcenaria
06	Circular de Carro	CC	Marcenaria
07	Circular	CR	Marcenaria
08	Serra Fita	SF	Marcenaria
09	Tupia	TP	Marcenaria
10	Furadeira	FU	Marcenaria
11	Circular Múltipla	CM	Marcenaria
12	Serra Fita Grande	SF	Corte de Espuma
13	Serra Fita Pequena	SF	Corte de Espuma
14	Máquina de Overlock	MO	Corte e Costura
15	Máquina de Overlock	MO	Corte e Costura
16	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
17	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
18	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
19	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
20	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
21	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura
22	Máquina de Costura	MC	Corte e Costura

Figura 4.5 - Maquinário representado no *layout* da Figura 4.4.

Fonte: Empresa pesquisada.

O enfoque principal para este estudo de caso, concentra-se no estudo da análise de implantação do *layout* celular para a peça suporte do braço, peça esta que é confeccionada no setor de marcenaria. A modificação de *layout* proposta visa

otimizar a confecção desta peça fazendo com que a mesma tenha uma redução profunda em termos de desperdícios de percurso os quais consomem tempo em excesso e estoques intermediários indesejáveis, conforme apresentado nesta figura.

A Figura 4.5 apresenta as máquinas que fazem parte da empresa estudada para confecção dos seus produtos. Estas máquinas estão identificadas pelo seu número conforme a primeira coluna, uma descrição de sua função, a sua nomenclatura e o setor a que pertence.

Já Figura 4.6 apresenta em detalhe o setor de Marcenaria, objeto deste estudo de caso. Como pode ser observado existem grandes perdas no setor de Marcenaria ocasionadas principalmente pelos deslocamentos das peças e por estoques intermediários. É com esta disposição de máquinas que são produzidos todo o componente de madeira utilizado para a confecção dos produtos da empresa estudada.

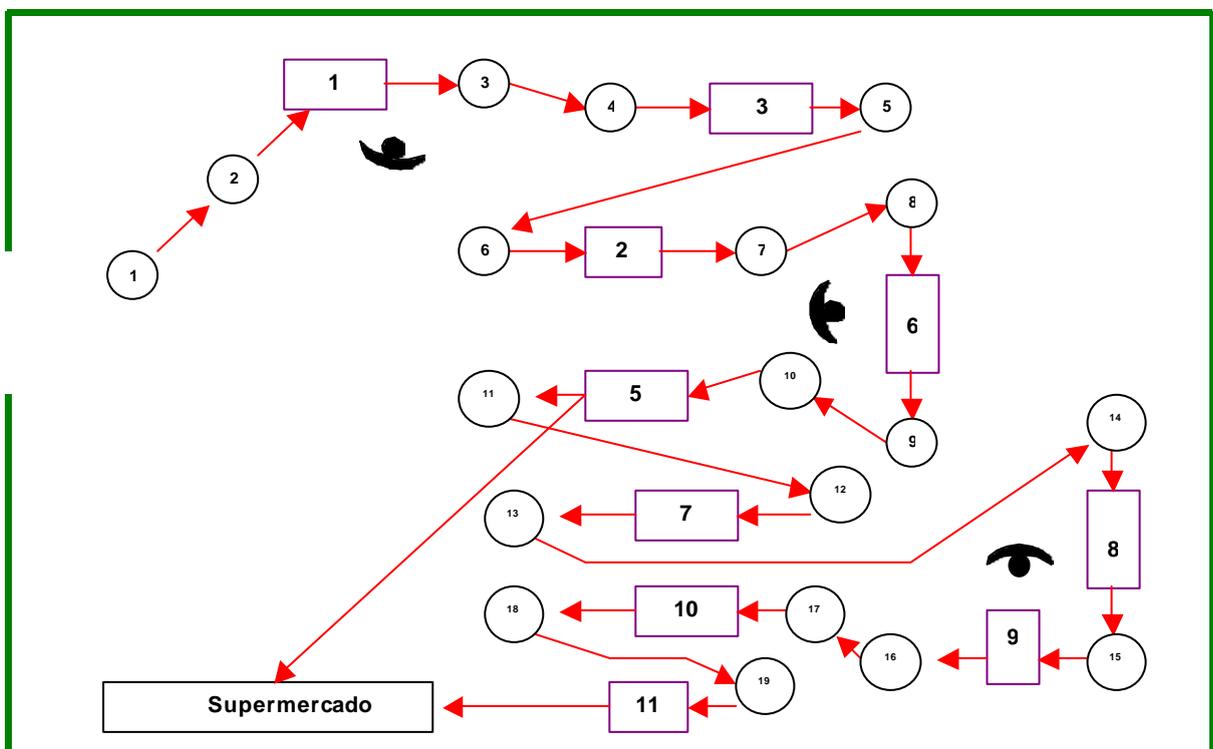


Figura 4.6 - *Layout atual do Setor de Marcenaria.*

Fonte: Empresa pesquisada.

Na Figura 4.7 está apresentado o fluxograma do processo de fabricação da peça 3010, o suporte do braço, a qual é o foco deste estudo de caso dentro do setor de Marcenaria. Nesta figura estão sendo consideradas apenas as máquinas necessárias para a peça 3010.

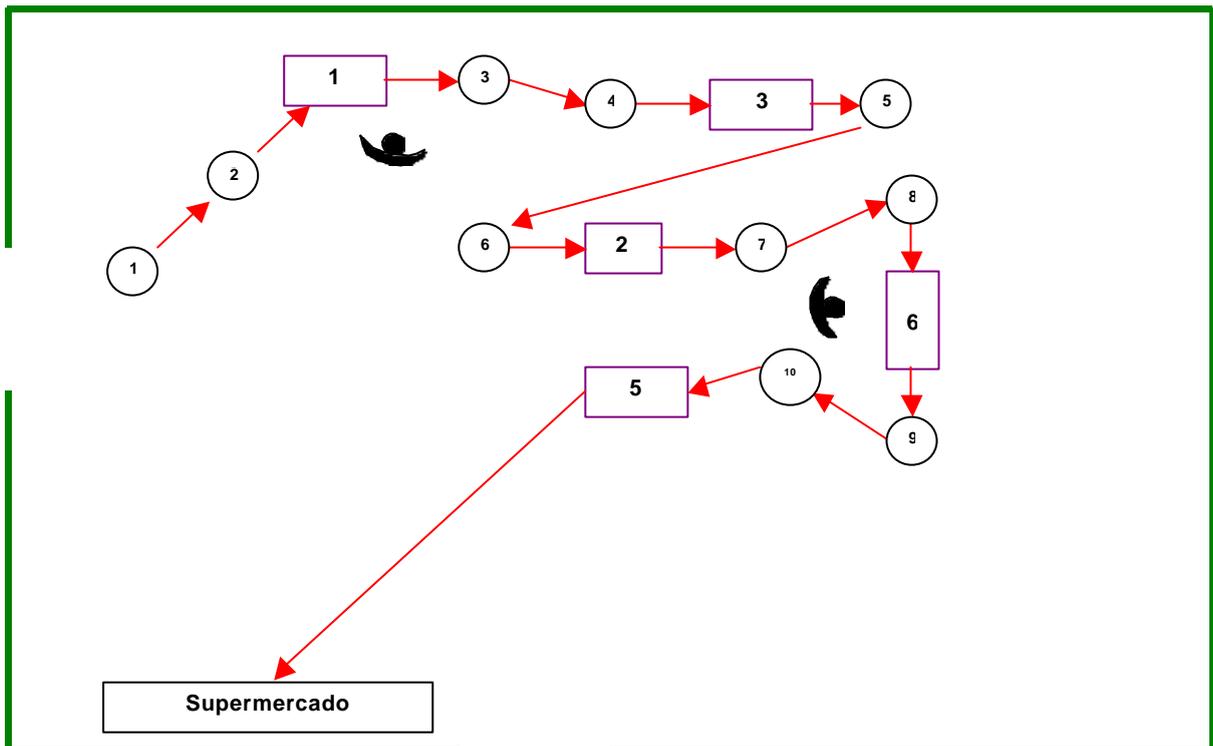


Figura 4.7 - *Layout* atual do Setor de Marcenaria com o fluxograma do processo de fabricação da peça 3010.

Fonte: Empresa pesquisada.

De uma forma geral, o processo produtivo atual da empresa apresenta inúmeras perdas decorrentes do *layout* que vem sendo utilizado e de sua lógica de produção, sendo que as principais identificadas foram:

1. Perdas por transporte: o deslocamento de pessoas e peças é bastante grande dado às distâncias e os equipamentos utilizados (carrinhos).
2. Perdas ergonômicas: nas montagens além dos postos de trabalho não estarem organizados tecnicamente, também o excesso de peso na locomoção dos produtos é muito desgastante (um estofado de 3 lugares

pronto pesa 70 kgs, uma estrutura de madeira pesa 35 kgs), e contribui para a baixa produtividade por fadiga humana.

3. Perdas por tempos de espera: existem peças esperando por processamento, em função do desbalanceamento do processo.
4. Perdas pelas restrições impostas pelo próprio prédio: a entrada das matérias-primas é única, impedindo a colocação das linhas de montagem no centro do prédio, onde poder-se-ia colocar as outras mini-fábricas nas laterais, otimizando todo o sistema.

Além destas quatro categorias de perdas, o sistema de exaustão de pó também é um fator limitante por restringir a possibilidade de mudança de posição das máquinas na Marcenaria.

4.2 A Decisão pela Mudança de *Layout*

A expectativa da diretoria da empresa é que seja conseguido através deste estudo uma simplificação no atual sistema de trabalho. Entende-se por simplificação, que aconteça um fluxo mais contínuo na fabricação e montagem dos estofados e, com isso, conseguir-se reduzir o *lead time*, a quantidade de estoque em processo, e o prazo de entrega com conseqüente aumento da margem de lucro pela empresa.

Apesar do tempo médio de 05:40 horas para se produzir um estofado de três lugares ser considerado bom, ele ainda pode e deve ser sensivelmente reduzido. A indústria de estofados tem como particularidade “vender”, como se define dentro da análise de valores, fator de estima, isto é, os modelos e panos ficam “na moda” por um período muito curto. Uma empresa que não for rápida em produzir e entregar aos seus clientes durante esse período corre o risco de ficar muito prejudicada com estoques de modelos e tecidos desatualizados.

Também deve ser salientado que em uma empresa de móveis estofados, as operações de montagem são praticamente todas manuais, isto é, não existem máquinas para executar as tarefas.

Como visto na Figura 4.2, os tempos médios de fabricação dos quatro principais produtos da Empresa variam conforme o produto de 1,50 horas para puffs até 5,40 horas nos estofados. Estes tempos foram avaliados por uma consultoria externa e compreendem desde a solicitação de um determinado item à fábrica, até ele ser entregue ao cliente. A técnica utilizada para tal foi o uso de Work Sampling (Amostragem de Trabalho) e comparada com o real que é obtido pela quantidade produzida diariamente versus a quantidade de horas do turno de trabalho.

Um ambiente de produção bastante saudável é o que é sentido nesta empresa. Apesar da direção estar sempre muito ocupada, existe um bom clima de parceria entre esta diretoria e os funcionários.

Esta situação favorável foi ampliada após alguns treinamentos realizados por consultoria externa (Sebrae RS), nas áreas de produtividade e qualidade, a qual ajudou muito na aproximação da direção e funcionários. Os funcionários estão bastante motivados e existe um bom relacionamento entre os colegas de todos os setores. Observa-se nos intervalos que a empresa propicia uma parada para um cafezinho. Existe um clima de desconcentração e bom humor.

No item remuneração, a empresa mantém-se dentro da faixa de mercado, não sendo inferior aos salários pagos a outras empresas do ramo. No piso de fábrica o grau de instrução predominante é o de primeiro grau completo. Há uma preocupação da direção em incentivar seus funcionários em melhorar a escolaridade. Muitos deles freqüentam a escola em turno noturno.

O diretor da fábrica é um entusiástico das idéias para melhorias na fábrica. A própria execução deste estudo de caso na Móveis Casa de Pedra Ltda. demonstra o desejo da direção em continuar crescendo e melhorando sempre.

O grupo de trabalho escolhido para o estudo da implantação do *layout* celular na empresa foi composto de um diretor, um coordenador de produção e três encarregados de setor.

Com respeito à sensibilização e conscientização do grupo, a ele foi repassado conhecimentos com explanações sobre o sistema JIT de produção. Foram realçados os conceitos de *layout* celular, suas vantagens e desvantagens, e o que ele pode

trazer em termos de melhorar a competitividade da empresa ante ao exigente mercado de móveis estofados.

A resposta do grupo foi bastante positiva antevendo um comprometimento na direção do sucesso. Idéias referentes ao fluxo contínuo, redução de estoques em processo, tempo de passagem dos produtos na produção (*lead time*) e atendimento aos clientes foram itens que despertaram grande interesse.

4.3 Dados Básicos de Apoio

Para a realização do estudo de viabilidade de implantação do *layout* celular na empresa, um sistema de informações precisou ser desenvolvido de forma a permitir que os dados básicos sobre a composição dos produtos e seus roteiros de fabricação fossem formalizados. Na seqüência estes dados são descritos.

4.3.1 Árvores de Produtos

Com já apresentado, a empresa Móveis Casa de Pedra Ltda fabrica quatro tipos de produtos, estofados, poltronas, puffs e sofás-camas, sendo que cada um deles possui diversos tipos de modelos fabricados de forma seriada. Como não existiam as árvores de produtos no sistema de informações da empresa, para a continuidade deste trabalho foi necessário elaborá-las e adaptá-las a algumas codificações já em uso na empresa.

A Figura 4.8 apresenta uma parte da árvore do produto desenvolvida para o estofado de três lugares. Pode-se ver que o código é composto de quatro dígitos numéricos, que identificam os elementos de mesma função, sendo que os dois primeiros servem para identificar o grupo ou família e os dois últimos foram determinados para identificar os subgrupos.



Figura 4.8 - Parte da árvore do produto estofado de três lugares.

Fonte: Empresa pesquisada.

Assim, tomando como exemplo um estofado pronto, ele é codificado como 5000. Os conjuntos prontos que formam este produto, que são: o conjunto do encosto; o conjunto do braço, foco da análise, e o conjunto assento recebem a codificação 40; 30 e 20, respectivamente, enquanto que os demais subconjuntos recebem codificação de 00 a 99 e identificam os subgrupos.

4.3.2 Roteiros de Fabricação e Tempos das Operações

O sistema de informações da empresa também não dispunha dos roteiros de fabricação dos componentes e dos tempos das operações. Por esse motivo, muitos deles foram elaborados durante este estudo de caso. Na Figura 4.9 está sendo

apresentado um roteiro completo de fabricação para a peça Suporte do Braço (3010).

ROTEIRO DE PRODUÇÃO									
Ficha de Processo Nº. 117									
PEÇA: SUPORTE DO BRAÇO					DESENHO Nº: 3010				
PRODUTO: ESTOFADO LONDON 03 LUGARES									
MATERIAL									
MADEIRA DE EUCALIPTO					PESO/100PÇS		PREÇO	CUSTO	
					BRUTO				
					ACABAD				
LARGURA	PASSO	ESPESSURA	DIÂMETRO	COMPRL	SUCATA				
					TOTAL				
SETOR	S.O.				HORAS/100PÇS		CENTRO DE TRABALHO		
					HOMEM	MÁQUINA			
MARCE	5	PLAINAR NA ESPESSURA			0.908		PL 01		
NARIA	10	DESTOPAR PONTAS			0.800		DT 03		
	15	DESDOBRAR EM RIPAS			0.921		RF 02		
	20	CORTAR NO COMPRIMENTO			0.628		CC 06		
	25	LIXAR PONTAS			0.712		LX 05		
		Total			3.969				
CUSTO INDUSTRIAL							OBS: COLOCAR PEÇAS		
							PRONTAS NA PRATELEIRA		
MATERIAL									
MÃO-DE-OBRA DIRETA									
D.G.F. VARIÁVEL							MÉTODOS E DATA		
D.G.F. FIXO							PROCESSOS		
CUSTO TOTAL							30/11/01		
							CUSTOS DATA		

Figura 4.9 - Roteiro de fabricação para a peça Suporte do Braço 3010.

Fonte: Empresa pesquisada.

Como se pode ver nesta figura, o suporte do braço do produto estofado London três lugares, peça 3010, produzido a partir de madeira de eucalipto, sofre as operações de plainar na espessura; destopar pontas no comprimento; desdobrar em ripas e lixar pontas. Este roteiro está relacionado também com a Figura 4.7 que apresentava o *layout* atual do Setor de Marcenaria com o fluxograma do processo de fabricação da peça 3010.

Como já mencionado anteriormente no capítulo 2, os roteiros de fabricação são usados para a montagem da matriz peça/máquina a qual é o ponto de partida para a

formação de células. São úteis também para a análise de operações para se certificar se estas operações são necessárias ou não, ou ainda, se podem ser feitas em outras máquinas ou até mesmo terceirizadas.

Em relação aos tempos padrões de operação, a administração da Empresa já vem utilizando alguns tempos de operações, os quais foram cronometrados em um trabalho de consultoria executado pelo Sebrae RS. A fábrica trabalha com alguns padrões nos setores de Corte e Costura, Estofaria e Colagem.

Na Figura 4.10 está sendo apresentada uma folha completa de cronometragem da operação de “plainar na espessura” da peça Suporte do Braço 3010, conforme ela é utilizada atualmente na empresa.

Como pode ser visto nesta folha de cronometragem, a mesma serve para, de modo científico, determinar qual a quantidade de peças que é possível de ser produzida em um determinado posto de trabalho – utilizando-se de um funcionário treinado na tarefa em questão. A avaliação se dá por meio de tempos, os quais são cronometrados por um técnico experiente, que no final executa os cálculos dos tempos obtidos. Estes tempos são consignados através das médias de cada elemento considerado na operação; avaliando também o ritmo de trabalho e adicionado os fatores de descanso para a obtenção do tempo padrão para a operação estudada.

Esta folha de cronometragem compõe-se de alguns campos que são preenchidos pelo analista de métodos. Eles identificam o produto; o componente do produto; a operação a ser realizada; e o setor conjuntamente com o equipamento a ser utilizado.

Funcionário: José Rizzi		Nº: 2 1 1																							
Folha de Cronometragem																				Estudo Nº: 0 4 4					
Produto: Estofado London 03 lugares										Desenho: 3 0 1 0															
Componentes: Suporte do Braço																									
Setor: Marcenaria										Equipamento: Plaina										Nº: 0 1					
Operação: Plainar na espessura																				Nº:					
Elementos																									
Nº:																									
1		Apanhar tábua do depósito e colocar na plaina																							
2		Executar aplainamento 1º lado																							
3		Retirar tábua, virar e colocar de novo na plaina																							
4		Executar aplainamento 2º lado																							
5		Retirar tábua e colocar ao lado para iniciar novo ciclo																							
Nº:		Tempos Cronometrados																		MD	RA	TN			
1		0,06	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	6,95	100	695	
2		0,10	0,12	0,19	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,10	0,12	0,13	0,14	12,25	100	1225
3		0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	8,09	100	809
4		0,10	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	12,04	100	1204
5		0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,07	0,07	6,09	100	609
Nº:		Esforço			TN	Fadiga Neces Pessoa	Elem. Estran					Layout													
		P	Kg	%																					
1		K	0-1	0,08	0,908	0,07	* A tiragem do pó deficiente * A madeira trancou na plaina																		
2																									
3																									
4																									
5																									
		Fat. Monot.					TP																		
		Total																							
		Tempo Normalizado + Fator de Descanso = Tempo Padrão																							
		0,908		0,15		1,044																			
		Capacidade Normal por Hora = Hora / TP = 58 Pçs.																							
		Capacidade Normal por Dia = Pçs. x JT = 464 Pçs.																							
		Tempo Padrão = 100 / Cap. Normal por Hora = 1,72 Hrs / 100 Pçs.																							
		Caxias do Sul, 22 de novembro de 2001 Feito																							

Figura 4.10 - Tempos cronometrados para a operação de “plainar na espessura” da peça Suporte Braço 3010.

Fonte: Empresa pesquisada.

Os elementos são tidos como partes da operação e devem ser cronometrados de forma independente. Outro campo que também é preenchido é o dos tempos que normalmente são obtidos via cronômetro.

Como pode ser ainda visto nesta folha, a mesma ainda possui os espaços do esforço físico; tempo normalizado e fadiga, que também devem ser preenchidos.

Compõe-se ainda do espaço para a adição de elementos estranhos observados no momento da execução da cronometragem e também de um pequeno espaço para ser demonstrado o *layout* do posto de trabalho onde a operação é realizada.

Esta folha de cronometragem representada avalia a quantidade da peça suporte do braço, que esta sendo produzida. Os dados aqui obtidos, além de servirem para avaliação da quantidade de produção possível, servem também para a avaliação de gargalos, balanceamento de linhas de produção e calculo de custos.

Apesar da Empresa já ter estas folhas, foi necessária a obtenção de outros tempos cronometrados para serem usados na definição do novo *layout* celular, em função do trabalho polivalente em células a ser proposto neste novo *layout* ter uma característica diferenciada da monofuncionalidade. No caso, os tempos (alguns deles) não foram obtidos como tempos para operações individuais, mas sim, tempos para a execução de uma peça ou produto numa célula, conforme ilustrado na Tabela 4.2. Estes tempos deverão ser usados como dados de entrada na simulação que irá testar a nova proposta de *layout* celular.

Como se pode ver na Tabela 4.2, a mesma compõe-se dos campos a serem preenchidos, conforme segue: peça; código da peça, número da operação, a operação em si, o referencial da média dos tempos, o ritmo de trabalho, o somatório dos fatores de descanso e monotonia e o número do posto onde é feita a operação.

No caso desta Tabela 4.2, ela foi elaborada para conter a estimativa de tempos necessários à confecção da peça suporte do braço composto das cinco operações, conforme anteriormente apresentadas. Para este caso foi considerado um ritmo de trabalho normal (100%) e o somatório dos coeficientes de descanso para as operações em 15%.

Tabela 4.2 - Tempos do processo de fabricação para a peça Suporte do Braço (3010), estimados para o novo *layout*.

PEÇA				CÓDIGO	NÚMERO DA OPERAÇÃO			OPERAÇÃO			Q. REF.	POSTO
SUPORTE DO BRAÇO				3010	5			PLAINAR				1
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	T _m =	0.908
Ti	0.908	0.900	0.920	0.942	0.902	0.901	0.906	0.903	0.908	0.890	T _c =	0.908
											Z _% =	0.15
					10			DESTOPAR				3
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	T _m =	0.800
Ti	0.800	0.801	0.799	0.804	0.796	0.800	0.796	0.804	0.800	0.800	T _c =	0.800
											Z _% =	0.15
					15			DESDOBRAR				2
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	T _m =	0.921
Ti	0.900	0.940	0.910	0.930	0.910	0.910	0.950	0.900	0.920	0.940	T _c =	0.921
											Z _% =	0.17
					20			CORTAR				6
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	T _m =	0.628
Ti	0.601	0.618	0.614	0.623	0.618	0.700	0.640	0.622	0.600	0.650	T _c =	0.628
											Z _% =	0.17
					25			LIXAR				5
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	T _m =	0.712
Ti	0.704	0.7020	0.730	0.720	0.702	0.704	0.718	0.712	0.703	0.712	T _c =	0.712
											Z _% =	0.15
TEMPO TOTAL												3.969

Fonte: Empresa pesquisada.

Estes tempos de fabricação são fundamentais como dados de entrada para a formação do custo do produto, o qual não foi objeto específico de análise neste trabalho de Dissertação.

4.4 Proposta do Novo *Layout*

Para a diretoria da empresa o principal objetivo a ser atingido através deste estudo para implantação do *layout* celular é a simplificação da complexidade do sistema de produção, no caso da marcenaria, pois além do fluxo dos componentes e subconjuntos dentro do setor estar bastante confuso, não existe um sistema de controle de material em processo, ocorrendo falta de algumas peças em determinados momentos e excesso de outras não necessárias.

Uma outra grande expectativa de melhoria é com a redução dos tempos de fabricação de peças da marcenaria de forma que possa atender mais rapidamente os pedidos dos clientes. Atualmente o tempo de passagem para atendimento de

pedidos de compra é de 16 dias para o estofado de três lugares considerando-se não somente a marcenaria, mas todos os setores da fábrica. A conquista desta melhoria será altamente significativa para a empresa para que haja uma melhora na sua competitividade, aumentando a sua capacidade de “ganhar pedidos”.

A demora no atendimento dos pedidos é reflexo direto dos altos tempos para a fabricação dos produtos, fruto da utilização do sistema tradicional de trabalho com grandes lotes de fabricação em processo e das muitas perdas que ocorrem ao longo dos processos empregados pela empresa.

Estes foram os principais objetivos definidos e propostos para serem alcançados com o estudo para implantação do *layout* celular tendo como ênfase a confecção da peça suporte do braço no setor de marcenaria, tendo os demais benefícios advindos da utilização da ferramenta com acréscimo.

4.4.1 Escolha da Área Piloto

Como anteriormente informado, foi implementada a documentação dos roteiros de fabricação, ferramenta fundamental para a elaboração da TG. As células foram montadas, utilizando-se o arranjo de matrizes pela sua eficácia e baixo custo.

Não foi usado nenhum algoritmo matemático e para a busca dos agrupamentos usou-se a permutação de linhas e colunas de forma manual. A própria planilha Excel é que foi utilizada para a diagonalização das matrizes.

Enquanto acontecia a diagonalização das matrizes via planilha excel, o grupo de trabalho, conforme anteriormente informado e formado, discutia juntamente com a diretoria a elaboração das melhores idéias para serem implantadas na planta da fábrica em escala 1/50. O grupo trabalhava com cartolinas coloridas recortadas representando as máquinas, os espaços e os fluxos das peças dentro da fábrica para posteriormente comparar com os dados obtidos pela planilha do excel para o setor de marcenaria. A participação do grupo de trabalho foi decisiva na escolha da área piloto.

A Figura 4.11 apresenta parte de uma matriz para peças de madeira produzidas na Marcenaria, onde se encontra a peça 3010, suporte do braço. Como pode ser

visto nesta figura, esta parte da matriz diagonalizada compõe-se de uma coluna que identifica o código da peça e colunas numeradas de 1 a 22 que representam o número de cada máquina onde cada peça sofre algum tipo de operação.

MÁQUINAS																						
PEÇA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3010	X	X	X		X	X																
2010	X	X	X			X		X			X											
2011			X		X			X	X	X												
2014			X				X		X	X	X											
3012		X			X		X		X	X												

Figura 4.11 - Parte da matriz diagonalizada para subconjuntos em madeira.

Fonte: Empresa pesquisada.

Em função da análise da TG, quando houver ordens de fabricação para as peças 3010 e 2010, elas serão lançadas seqüencialmente, assim como para as peças 2011 e 2014, ou ainda para as peças 2011 e 3012, a fim de melhorar o fluxo produtivo na linha de produção.

Após os agrupamentos, na Marcenaria foi possível se constituir uma célula para processar peças tanto de eucalipto como para peças em compensado. Estes agrupamentos geraram as seguintes restrições:

1. A mudança de posição de algumas máquinas bem como a aproximação de outras, geraram alguns contratempos com o sistema de exaustão de pó da fábrica. Um equipamento provisório foi implantado para resolver o problema neste primeiro momento.
2. A restrição existente pela dificuldade de deslocamento das peças da Marcenaria até o supermercado no início da montagem das estruturas foi minimizada pela colocação de rodízios nas prateleiras. Elas podem ser deslocadas com facilidade e constituir um eficiente sistema *Kanban*.

No agrupamento da célula de fabricação de peças em espuma também as restrições foram eliminadas. Já as restrições nas montagens, a direção acatou

firmemente a idéia dos roletes e estão sendo contatados fornecedores para orçamentos.

Uma atenção à parte diz respeito às restrições no setor de corte e costura. Num primeiro momento esta mini fábrica, cujo produto final é o tecido costurado e pronto para ser usado no setor de estofaria, continuará com as suas máquinas de costura sem alteração de posição. O motivo é que cada máquina de costura inicia e conclui sua tarefa de forma independente não sendo possível uma segunda máquina continuar o trabalho da primeira em função das linhas, modelos, moldes e programação de entrega.

4.4.2 O Projeto Conceitual do *Layout* com Células

Concluída a análise sobre as restrições aos agrupamentos, o projeto do *layout* foi sendo elaborado. Ênfase foi dada, buscando-se privilegiar os componentes mais importantes conforme estudo sobre as quantidades de produção elaboradas.

Além das células desenvolvidas, foi possível adaptar as linhas de montagens com mesas com roletes tornando o fluxo mais rápido e de forma contínua para todos os produtos.

Estas idéias foram desenvolvidas com a participação de todos e a primeira etapa, nas montagens das estruturas, percinta e papelão já esta adaptada com a mesa (ainda sem roletes) para o fluxo contínuo.

Como pode ser observada na Figura 4.12 que ilustra a focalização da produção da fábrica, com ênfase ao Setor de Marcenaria, a redução de estoques intermediários foi bastante pronunciada. Os produtos precisam passar pelos postos de montagem de modo eficiente e rápido, para não ocasionar gargalos. Inúmeras falhas, até então escondidas, precisaram ser corrigidas, como é o caso do planejamento mais apurado. Todos os componentes precisam estar à disposição na quantidade e momento certo para não prejudicar a montagem e conseqüentemente os prazos previstos para confecção e entrega.

O grupo de trabalho elaborou e analisou várias possibilidades de arranjos para determinar o melhor *layout* para a fábrica. No caso do setor de marcenaria o grupo

efetuiu algumas simulações com um, dois e três funcionários na célula para confecção da peça 3010, suporte do braço.

Como pode ser visto na Figura 4.12, a proposta de *layout* focalizado para toda a fábrica sugere a adição de mesa com roletes para as operações de montagem das estruturas; estofaria e montagem final. Quanto ao estudo para implantação do *layout* celular no setor de marcenaria, ele apresenta um arranjo físico com as máquinas mais próximas uma das outras evitando com isso estoques intermediários e permitindo um fluxo de produção mais contínuo.

A Figura 4.13 apresenta o *Layout* celular proposto do setor de marcenaria para a peça suporte do braço. A peça suporte do braço esta inserida dentro da seqüência de máquinas de números 1, 3, 2, 6 e 5. Após passar por este último posto será encaminhada diretamente ao supermercado. Pode ser observada nesta célula a inexistência de estoques intermediários e, conseqüentemente, a redução de espaço físico.

Como pode ser observado na Figura 4.14, dependendo da necessidade de produção desta peça suporte do braço, pode haver diferente número de funcionários. No caso ilustrado o arranjo físico em forma de “u” facilita o trabalho para o operador que é multifuncional.

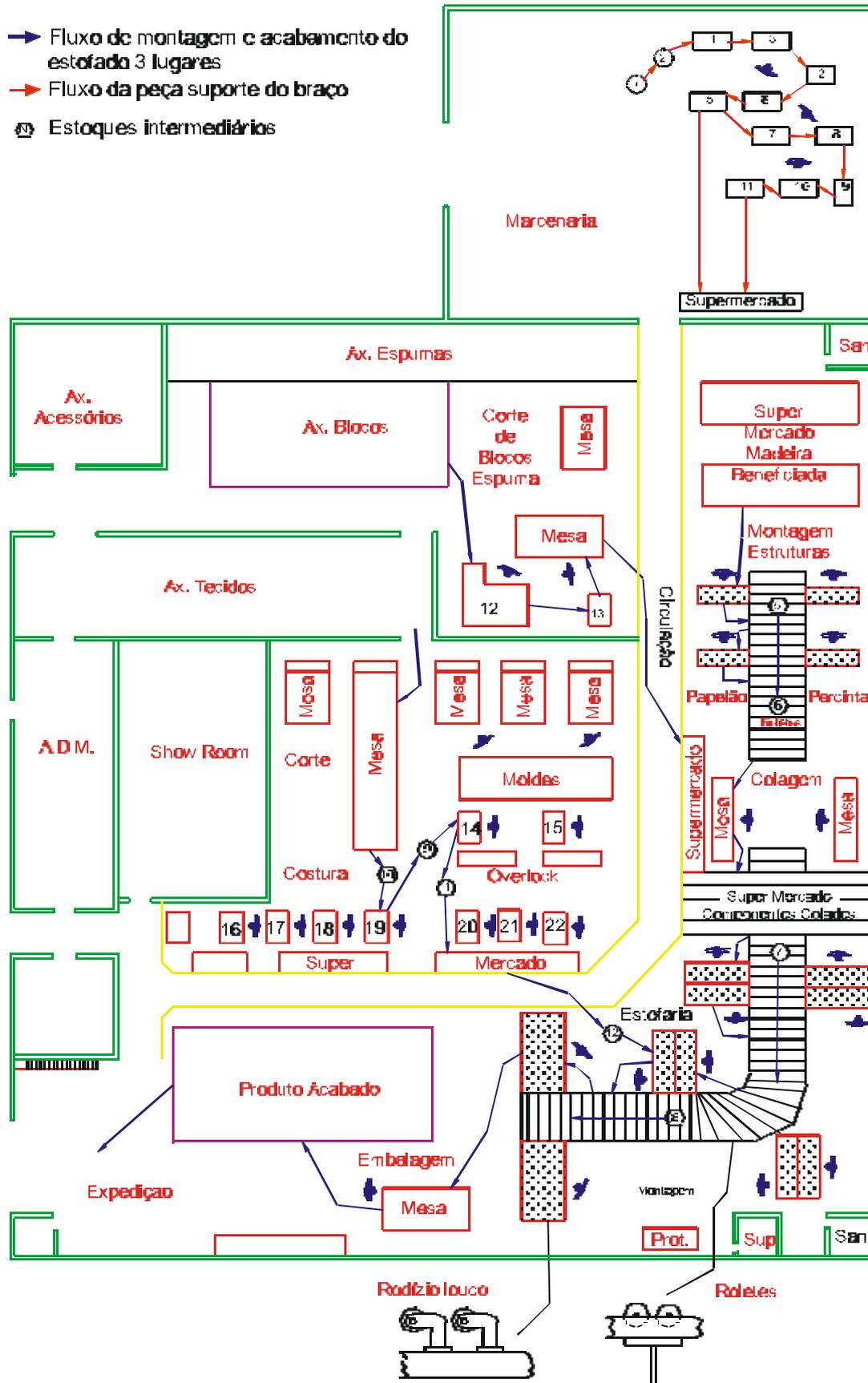


Figura 4.12 - Layout proposto com o sentido do fluxo de produção.

Fonte: Elaboração do autor.

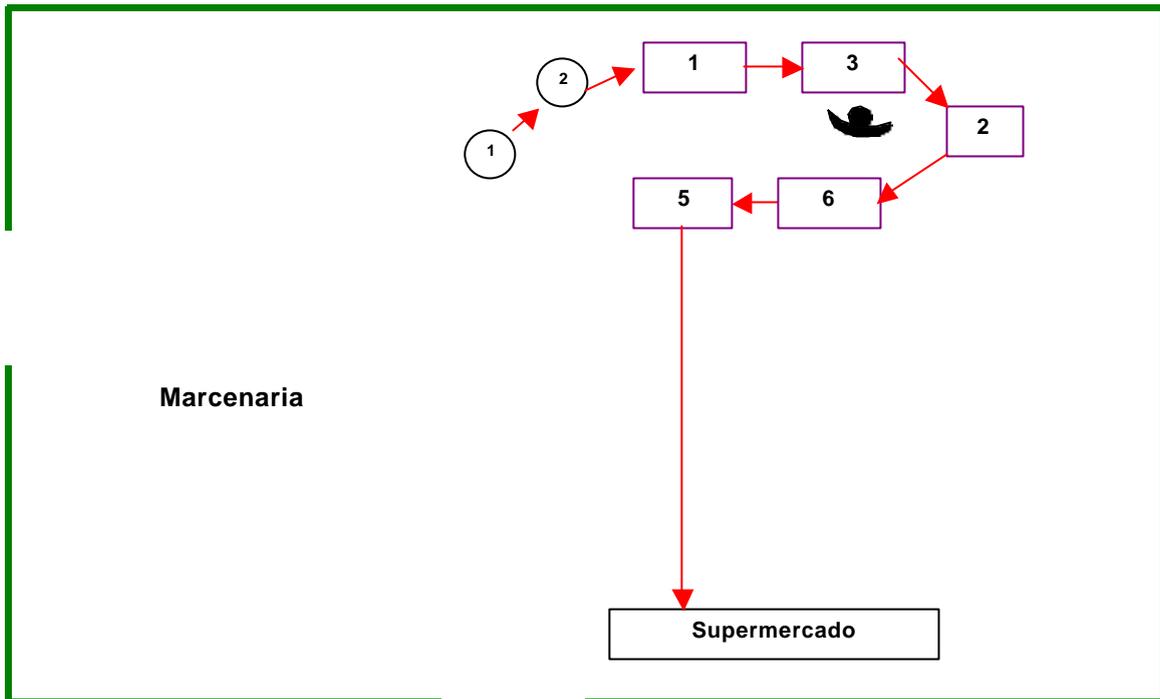


Figura 4.13 - *Layout* celular proposto do setor marcenaria – fluxograma do processo de fabricação da peça 3010, com um funcionário.

Fonte: Elaboração do autor.

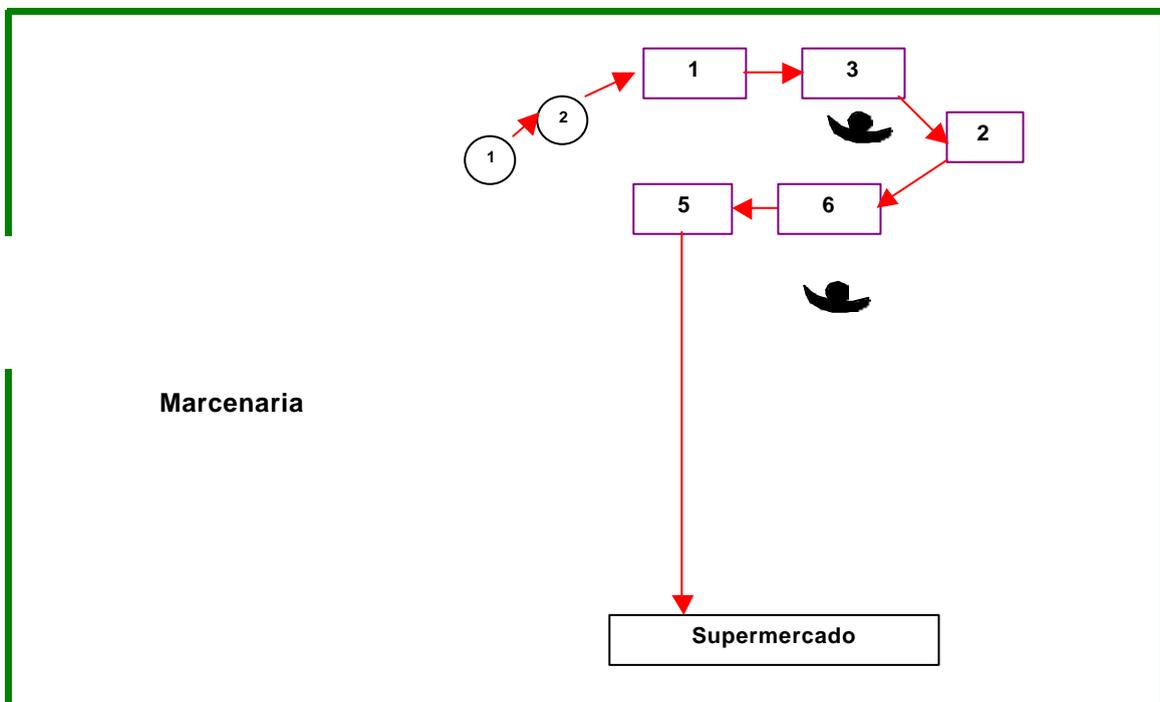


Figura 4.14 - *Layout* celular proposto do setor de marcenaria – fluxograma do processo de fabricação da peça 3010 com dois funcionários.

Fonte: Elaboração do autor.

Como pode ser visto na Figura 4.14, nesta proposta de célula para confecção da peça suporte do braço, a mesma em função ao volume de produção, pode ser operada também por dois operadores multifuncionais, dependendo da necessidade de volume de produção desta peça.

4.4.3 Simulação e Avaliação do *Layout* Proposto

A simulação do *layout* proposto foi executada utilizando-se os recursos do CAD (*Computer Aided Design*) que foi fundamental para a elaboração deste projeto. Inúmeras tentativas foram feitas usando-se este recurso e, ao mesmo tempo, se analisava com os membros do grupo de trabalho as simulações também executadas com o auxílio da planta em escala e “*templates*” em cartolina colorida. Estes desenhos feitos no CAD também foram utilizados para o processo de simulação já que existe compatibilidade de arquivos.

Na execução da simulação do *layout* proposto para a empresa estudada, o modelo desenvolvido foi bastante simples devido a confecção de peças em madeira de eucalipto acontecer no conjunto de máquinas da marcenaria, sendo que cada uma delas, executa uma tarefa repetitiva.

Com isto, usando-se o fluxograma de operações, constrói-se o agrupamento das máquinas utilizando-se a seqüência coerente de confecção das peças. As máquinas envolvidas são: Plaina, Destopadeira, Refiladeira, Circular de carro e Lixadeira.

Qualquer outra peça em madeira que necessite de mais operações irá utilizar as outras máquinas dispostas no arranjo, que são: Circular, Serra-Fita, Tupia, Circular Múltipla. Para a fabricação de componentes em espuma são utilizadas duas Serras-Fitas e uma bancada.

Nos quatro principais produtos da Móveis Casa de Pedra, principalmente o item estofado três lugares, é possível se estudar as alterações apresentadas pelos indicadores para a fabricação destes produtos. Esta simplificação não desconsidera a relevância da evolução apresentada neste sistema com células em relação à redução do tempo de passagem, dos estoques em processo e do melhor

aproveitamento do espaço físico. Na seqüência deste trabalho serão levantados outros pontos também importantes.

A simulação e a análise de resultados foram feitas em cima da peça de fabricação código 3010, suporte do braço.

Durante a elaboração do *layout* com células de manufatura, usando-se uma planilha Excel para a simulação e uma planta em escala com os *templates* representando as máquinas, foi possível e visível identificar os primeiros modelos, sendo eles: a posição das máquinas e a distância entre elas. Estes dados foram inicialmente elaborados com o uso da Régua de Escala junto com o grupo de trabalho e depois confirmado no CAD.

Quanto ao Intervalo de produção dos produtos, este dado foi possível de ser obtido em função das quantidades mensais de demanda de cada produto fabricado. O número final é o resultado do quociente entre o tempo diário de produção disponível e a quantidade de itens que deve ser produzido no período de um dia. A Tabela 4.3 a seguir ilustra este intervalo de produção.

Tabela 4.3 - Intervalo de produção dos quatro principais itens fabricados.

Produto	Quantidade média por dia	Tempo disponível em segundos	Intervalo entre produção em segundos
Estofados	13,61	33.300	2.425
Poltronas	9,83	33.300	3.357
Puffs	9,48	33.300	3.481
Sofás-cama	12,08	33.300	2.732

Fonte: Empresa pesquisada.

Observa-se na Tabela 4.3 o intervalo entre produção para os produtos finais que foi calculado em função das estatísticas mensais de demanda para cada um dos produtos. Para tanto bastou dividir-se o tempo de produção diário disponível, pelo número de itens que deve ser produzido diariamente.

Como a peça em estudo é a de código 3010, que pertence ao estofados três lugares, seu consumo é de 130 peças por dia. A quantidade de tempo necessário

que deve ser puxada à produção de um determinado item, dentro do modelo de simulação, será definido por esse intervalo.

O tamanho do lote foi elaborado em função das necessidades diárias de peças ou sub conjuntos, levando-se em conta o tempo de passagens para a fabricação dos itens. Ficou definido para o modelo tamanhos de lotes bastantes pequenos se comparados com os que a Empresa utiliza atualmente.

Quanto ao tempo de transporte, por tratar-se de um item muito importante na redução de custos, o tempo dele dentro das células, intersectores e nas linhas de montagem foram levantados a partir das distancias percorridas e dos equipamentos utilizados.

Já a duração do tempo de simulação, ela foi suficiente para a coleta dos dados estatísticos confiáveis para a execução da avaliação do sistema em estudo. O tempo utilizado para se avaliar o sistema foi de seis meses de produção ou 4.195.800 segundos.

Após a definição destes parâmetros como dados de entrada foi possível ser rodado o modelo uma primeira vez. Foram feitas correções após a análise dos resultados apresentados pelo modelo, até que fosse obtido um resultado ponderável em função das metas planejadas.

Conforme pode ser observado na Tabela 4.4 o resumo da avaliação dos resultados da simulação apresentam dados significativos. Na coluna 1 estão identificadas as máquinas que executam as operações da peça 3010; na coluna 2 o transporte com a numeração dos espaços dos estoques; a coluna 3 apresenta os tempos no *layout* antigo que são os tempos necessários às operações; já na coluna 4 estão os tempos obtidos na simulação dos *layout* novo, e identificam os tempos apenas operacionais. Finalmente, a coluna novos tempos identifica em minutos o somatório dos tempos necessários apenas às operações.

Tabela 4.4 - Resumo da avaliação dos resultados da simulação.

Operação	Transporte	Tempos no <i>Layout</i> Antigo em Minutos	Simulação dos Tempos no <i>Layout</i> Novo em Minutos	Novos Tempos em Minutos
1	1	0,273	0,273	0,213
	2	0,299	0,299	0,229
		0,908	0,908	0,858
3	3	0,304	-	-
	4	0,366	-	-
		0,800	0,800	0,752
2	5	0,307	-	-
	6	0,312	-	-
		0,921	0,921	0,882
6	7	0,244	-	-
	8	0,281	-	-
		0,628	0,628	0,596
5	9	0,271	-	-
	10	0,205	-	-
		0,712	0,712	0,703
		Total	Total	Total
		6,831	4,541	4,233

Fonte: Elaboração do autor.

Já a avaliação da proposta foi executada levando-se em conta os possíveis resultados da implantação do *layout* celular na empresa estudada, em função dos três parâmetros escolhidos que foram:

1. Tempo de passagem (*lead time*): que é o tempo que leva desde a solicitação de um determinado item até ele ser entregue ao cliente.
2. Estoque em processo (WIP): que é a quantidade de estoque em processo para o atendimento de uma determinada demanda.
3. Taxa de utilização do espaço físico: que é a medida de desempenho que vai avaliar a produtividade da empresa em relação ao espaço físico utilizado.

Com a simulação do modelo proposto puderam-se obter alguns dados comparativos no setor de marcenaria.

No *layout* atual a taxa de utilização do espaço físico está em torno de 74,3% do espaço útil. No entanto, a área restante de 25,7% serve para a colocação dos estoques intermediários, caracterizados como zona 1, a qual atendia os estoques 5, 8, 9, 14; e zona 2 que atendia aos estoques 6, 11, 13, 18 e 28, da Figura 4. 4. Conseqüentemente, no *layout* atual se tem 100% de ocupação da área.

Já no *layout* novo a taxa de utilização do espaço físico é de 53,1% do espaço útil, não necessitando mais de área para estoques intermediários, pela melhoria imposta pela focalização da produção. Desta forma, na simulação obteve-se uma redução de 46,9% de área útil na marcenaria.

No caso de utilizar-se apenas um funcionário na célula para a confecção da peça 3010, para um volume de produção de 130 peças por dia, com a simulação obteve-se a seguinte produção por dia:

$$- \quad 1 \text{ funcionário} \quad 8 \text{ horas/dia} = \frac{480 \text{ min}}{4,451} = 105 \text{ peças / dia}$$

Simulando com dois funcionários para confecção da mesma peça 3010 na célula obteve-se o seguinte:

$$- \quad 2 \text{ funcionários} \quad 8 \text{ horas/dia} = \frac{960 \text{ min}}{4,451} = 211 \text{ peças / dia}$$

Enquanto no *layout* atual é possível se obter com dois funcionários até 140 peças por dia, na simulação do novo *layout* com o mesmo número de funcionários, porém com a produção focalizada, obteve-se 211 peças por dia, o que representa um aumento de 50,2% na produção da peça 3010.

Em função dos resultados alcançados é possível prever-se uma sensível melhoria de performance no atual sistema de produção causado pela implementação do modelo de *layout* celular. Na seqüência serão apresentados os principais aspectos onde estas melhorias se poderão fazer sentir:

1. *Simplificação do processo produtivo*: comparando-se os fluxos de processo atual e proposto, pode-se constatar a sensível redução esperada em termos da complexidade dos mesmos. Com a utilização do *layout* celular calcula-se

uma redução de 70% nas paradas de estoque intermediários nos processos de fabricação de peças no setor de Marcenaria, com a utilização das duas células projetadas.

2. Redução do espaço físico: um ganho de aproximadamente 25 % em redução de espaço físico é projetado para ser conseguido com a utilização do *layout* celular, principalmente com o projeto da linha contínua unindo os setores de montagem das estruturas, colagem, estofaria, montagem e embalagem. Neste espaço a mais que estará sendo liberado, a empresa poderá utilizá-lo para aumentar a produção ou instalação de novas linhas de produtos quando necessário.
3. Redução nos tempos de fabricação: levando-se em conta o item estofado de três lugares, que foi o modelo de referência, através da medida de desempenho calculada anteriormente, constata-se uma potencial redução de aproximadamente 24 % no tempo de fabricação. Este item é de fundamental importância para a empresa em termos de atendimento mais rápido ao cliente, aumentando com isso o seu “poder de fogo” na briga pelo mercado consumidor. Uma redução proporcional também esta sendo prevista em mesmo percentual para todos os demais produtos fabricados.
4. Redução nos estoques em processo: Como já era de se esperar, com a implantação do *layout* celular a elaboração dos produtos se tornará mais rápida e eficaz. Em consequência disso, de modo normal, acontecerá uma redução de estoques pelo aumento de giro dos mesmos. Com isso as perdas por esperas e transporte ficariam diminuídas em função de tamanhos de lotes menores e, conseqüentemente, o tempo de passagem sofreria uma redução.

4.4.4 Melhorias Práticas que Aconteceram na Empresa

Com o auxílio da técnica de simulação descrita no capítulo foi possível medir os resultados para os dois sistemas, onde se comprova que a implementação do *layout* celular realmente alcança melhorias substanciais no desempenho dos sistemas de produção. No entanto, durante a execução deste trabalho outras melhorias práticas aconteceram na empresa, conforme descritas a seguir:

1. Melhoria na administração de materiais: os setores de compras, almoxarifados, recebimento, expedição entre outros, tiveram que mudar radicalmente seus antigos procedimentos manuais de controle, passando a usar planilhas computacionais, tendo em vista a necessidade de agilização e a simplificação dos processos.
2. Ampliação do nível de qualidade total na empresa: após as palestras sobre os conceitos básicos de qualidade total e a criação do conceito cliente/fornecedor entre os colaboradores, bem como com a implementação de indicadores para acompanhar e registrar não conformidades nos postos de trabalho ficou visível a ampliação dos níveis de qualidade nas operações concernentes ao sistema produtivo da empresa.
3. Motivação da mão de obra: o somatório das mudanças, principalmente as voltadas à qualidade total ocorridas durante a execução deste trabalho na fábrica, gerou uma motivação bastante saudável nos colaboradores na busca de uma melhor qualidade nos trabalhos existentes na fábrica.

Em detrimento aos ganhos avaliados e quantificados em termos de medidas de desempenho através da simulação computacional e, conjuntamente com as melhorias práticas que aconteceram na empresa durante o estudo para a aplicação do modelo de layout estudado, determinaram que no seguimento deste trabalho os passos seguintes a serem dados, sejam relacionados com a implantação do *layout* com células de manufatura e o gerenciamento do sistema.

Todavia, em função do tempo necessário para se realizar todo o processo de implantação deste novo layout, não será possível acompanhar e descrever esta etapa na presente dissertação.

Torna-se salutar informar que desde o mês de julho corrente a empresa estudada já efetuou a mudança para o seu novo prédio e esta começando a implementar esta melhoria. Conforme seu diretor, o setor de marcenaria já esta colhendo os frutos pela implementação do *layout* celular em seu processo de fabricação de peças em madeira. Os primeiros resultados têm sido animadores fazendo com que se aumente a expectativa na continuidade da implantação da mudança a qual esta sendo executada de forma ampla e gradativa.

Com esta implantação prática do modelo celular, espera-se ainda obter-se reduções nos tempos de fabricação e montagem, sendo que a perspectiva é de que este objetivo seja conseguido em função das seguintes melhorias:

1. Aproximação das máquinas, principalmente as do setor de marcenaria que formam as duas células, e as do setor de corte de espuma que forma uma outra célula para processamento das famílias de peças, na fabricação de peças e componentes. Nas montagens as reduções deverão acontecer desde a montagem das estruturas passando pela colagem, estofaria, montagem final e embalagem motivadas pela padronização dos métodos de trabalho e a introdução de linha contínua através da mesa com transportadores de roletes.
2. Melhoria na capacidade de produção: as alterações de demandas deverão ser muito melhor absorvidas pelo sistema produtivo em virtude da fábrica estar operando de acordo com o tempo de ciclo fazendo também, caso seja necessário, que se reduza ou aumente o número de colaboradores nas células.
3. Qualidade e polivalência: a empresa já conta com muitos funcionários polivalentes em vários setores, porém com os trabalhos dentro da célula haverá certamente um estímulo muito maior na ampliação desta prática. Também a possibilidade da prática da autonomia, isto é, com os colaboradores assumindo a responsabilidade pela qualidade, manutenção etc, deverá ocorrer uma motivação muito maior no trabalho pela redução da monotonia e ampliação de responsabilidades.
4. Ampliação da margem de lucro: com a implementação nas células de manufatura de métodos de trabalho padronizados; roteiros de fabricação e montagem; cronometragens; diagrama de fluxo do processo, manutenção produtiva total etc, conjuntamente com as linhas de montagem contínua, há possibilidade da entrega de produtos aos clientes ser muito mais rápida e econômica. Desta forma a empresa conseguirá ampliar a sua margem de lucro que é um objetivo muito necessário para esta e qualquer outra empresa industrial.

Após estas melhorias práticas descritas e identificadas na fabrica Móveis Casa de Pedra Ltda, serão apresentadas no próximo capítulo as considerações finais, as conclusões e recomendações para trabalhos futuros que possam expandir esta importante área de conhecimento da engenharia de produção.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Este trabalho teve origem na identificação de que o conceito de *layout* celular poderia ser experimentado na indústria moveleira de estofados, principalmente tendo em vista que o sistema produtivo neste tipo de indústria está mais fundamentado na ação da mão de obra do que em máquinas e automação como também porque operam com sistemas de produção repetitiva.

Para fundamentar o trabalho foi apresentado um estudo de caso com base em procedimentos metodológicos onde se relatou a aplicação do *layout* celular em uma empresa moveleira fabricante de estofados do interior de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

Ele foi fundamentado tendo como espelho o sistema de produção *Justi-in-time*, onde utilizou a revisão bibliográfica com o suporte teórico deste trabalho, e realçou a posição da produção focalizada com *layout* celular dentro do sistema de produção JIT. Também foi salientado a necessidade de complementação das células de manufatura com outras ferramentas JIT, com o objetivo de se conseguir resultados ainda melhores. Alguns exemplos com estudos envolvendo simulação e sua aplicação na fábrica também foram desenvolvidos. Artigos concernentes ao assunto em questão também foram apresentados mostrando os pontos de vista de outros grupos que pesquisam a produção focalizada.

Percebe-se nisso tudo que ainda não existe um modelo ideal que possa orientar de modo irrestrito a introdução desta ferramenta nas empresas. Esta dissertação foi desenvolvida para contribuir no aprimoramento desta questão.

Houve a preocupação em se desenvolver um raciocínio metodológico para a adoção do *layout* celular, sendo que se recorreu as definições do modo de investigação estudo de caso e a classificação da pesquisa como sendo qualitativa, por serem os mais adequados as características inerentes ao tema.

Através do estudo de caso ficou caracterizado o quanto pode ser beneficiada uma organização em termos de redução da sua complexidade do sistema produtivo pelo emprego do *layout* com células de manufaturas. Os valores obtidos para as medidas de desempenho, calculados dos dados da simulação prevêm reduções significativas nos itens tempo de fabricação, estoques em processo e espaço físico disponível, entre outros.

Ao longo da aplicação descrita no estudo de caso outros ganhos com simplificações foram constatados. No gerenciamento do sistema produtivo da empresa estudada as ordens do PCP e os controles da administração de materiais ficaram muito mais dinâmicos e rápidos, a qualidade em toda organização, seja na fabricação, montagem e mesmo na administração da fábrica, foi aprimorada sem contar a melhora visível no grau de motivação dos funcionários da empresa.

Isto permite concluir que a expectativa gerada por este estudo de caso tem uma avaliação altamente positiva, tanto no sentido prático quanto no teórico, tendo em vista a repercussão causada em termos de novidade junto a este setor moveleiro. Em conseqüência, o potencial existente para trabalhar nesta área é ainda muito grande. Isto vem ao encontro da afirmação de Tubino [1994], quando o mesmo revela que o número de empresas no Brasil trabalhando segundo os preceitos do *Just-in-Time* é ainda extremamente baixo.

Desta forma, pode-se concluir que o objetivo geral proposto no presente trabalho, qual seja, o de avaliar a vantagem competitiva na implantação do *layout* celular no contexto JIT em pequenas empresas da indústria moveleira de estofados, com sistemas produtivos repetitivos em lotes, foi plenamente atingido, sendo que para isto os seguintes objetivos específicos traçados foram alcançados dentro do trabalho nos seguintes momentos:

1. Identificar as vantagens competitivas do uso do *layout* celular enfatizando a importância da sua aplicação através da revisão bibliográfica foi desenvolvido no capítulo 2;
2. Identificar através de um estudo de caso em uma pequena empresa da indústria moveleira de estofados com sistema produtivo repetitivo em lotes as

dificuldades e os benefícios advindos da implementação do *layout* com células de manufatura foi alcançado no capítulo 4;

3. Discutir a utilização do *layout* celular como forma de obter resultados mais satisfatórios nas pequenas empresas da indústria moveleira de estofados com sistemas produtivos repetitivos em lotes foi realizado nos capítulos 2, 4 e 5.

Na seqüência serão apresentados outros pontos possíveis de pesquisa como forma de complementação deste trabalho. Eles objetivam facilitar a implantação dos conceitos de produção JIT em empresas que buscam melhorar a performance e desta forma tornar-se mais competitivas.

5.2 Considerações e Recomendações para Trabalhos Futuros

Pela importância de que se reveste modernamente, e pelo que proporciona em termos de produtividade e competitividade, é oportuno recomendar alguns pontos importantes para melhor enriquecer o que foi abordado neste trabalho. O objetivo é de que outros fatores sejam também pesquisados no *layout* celular, a fim de tornar o uso desta importante ferramenta da engenharia de produção, muito mais intenso pelas empresas em geral. Desta forma, recomenda-se estudos acadêmicos mais aprofundados nas seguintes áreas:

- Análise dos sistemas de informações que vem e vão para o chão de fábrica: esta é uma questão fundamental dentro do sistema de produção. O desenvolvimento de formas adequadas para a sua definição é prioritário.
- Evolução nos sistemas de avaliação da variação de demanda: é uma questão importante que ameaça a eficiência das células e, por esse motivo, estudos podem ser executados nesta área.
- Arranjo físico dos postos de trabalho: dentro da idéia de se buscar a eliminação de perdas, o estudo do arranjo físico dos postos de trabalho numa célula executado de maneira científica passa a ser fundamental. O alvo desta proposta é para diminuir movimentos desnecessários, perdas de tempo e utilizar padrões ergonômicos entre outros.

- Trabalho padronizado: os métodos de trabalho totalmente produzidos e claramente identificados pelo método visual, como por exemplo, desenhos tridimensionais) irão contribuir com o processo de focalização da produção.
- Sistema fechado para resolver problemas de qualidade: é muito importante no sentido de otimizar o controle de qualidade um ambiente de produção focalizada com células de manufaturas, que todos os problemas de qualidade sejam registrados, priorizados e designado um time para resolvê-los.
- As células de manufaturas e o fator humano: este é um tema relevante que pode ajudar a solucionar dúvidas quanto a como direcionar a um ambiente adequado de trabalho e o que aconteceria se este ambiente não fosse adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES JR. J. A. V.; GHINATO, P.; SILVA, S. C. **Sistema Toyota de Produção**. PPGEP. Porto Alegre: U.F.R.G.S, 1994.

ARVINDH, B.; IRANI, S.A. *Cell formation the need for an integrated solution of the subproblems*. **International Journal of Production Research**, v. 32, n. 5, p. 1197-1218, 1994.

AYER TAVEIRA, R. **Uma metodologia para aperfeiçoamento da mudança para um sistema de produção JIT em uma indústria Metalúrgica, usando simulação discreta e técnicas de projeto de experimentos de Taguchi**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, mar. 1997.

BISCHAK, D. P. *Performance of a manufacturing module with moving workers*. **IIE Transactions**, v. 28, p. 723-733, 1996.

BLACK J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman 1998.

BOUCHER, T. O.; MUCKSTADT, J. A. *Cost estimating methods for evaluating the conversion form a functional manufacturing layout to group technology*. **IIE Transactions**, v. 17, n. 3, p. 268-276, 1984.

CHOI, M. J. *Manufacturing cell design Production and Inventory management*. **Journal second quarter**, p. 66-69, 1992.

CHOW, W. S.; HAWALESHKA, O. *A movel machine grouping and knowledge based approach for cellular manufacturing*. **European Journal of operational Research**, n. 6, p. 357-372, 1993.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.

COUTINHO, L. G.; FERRAZ, J. C. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. 3. ed. Campinas: Papirus, 1994.

CRAMA, Y.; OOSTEN, M. *Models for machine part grouping in cellular manufacturing*. **International Journal of Production Research**, v. 34, n. 6, p. 1693-1713, 1996.

DANNI, T. S.; TUBINO, D. F. **Avaliação operacional no ambiente JIT**. Anais do 16º ENEGEP, 7-10 de Outubro, Piracicaba, 1996.

DVORAK, P. **Planning for peak production**. Machine Design, março, pp. 124-127, 1995.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente JIT**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GIMENEZ, C.; TELLES, G. N. Sistemas CAD/CAM aplicados entre diferentes fornecedores. **Revista Máquinas e Metais**, p. 83-91, dez. 1998.

HARMON, R. L.; PETERSEON, L. D. **Reinventando a fábrica**: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HUTCHINS, D. **Just in Time**. São Paulo: Atlas, 1992.

LAVASSEUR, G. A.; HELMS, M. M.; ZINK, A. A. *Conversion from a functional to a cellular layout at steward, inc.* **Production and Inventory Management Journal**, third quarter, p. 37-42, 1995.

LOPES, M. C. **Modelo para focalização da produção com células de manufatura**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1998.

LORINI, F. **Tecnologia de grupo e organização da manufatura**. Florianópolis: UFSC, 1993.

LUBBEN, R. T. **Just In Time**: uma estratégia avançada de produção. São Paulo: McGraw Hill, 1989.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

OVERHOLT, M. **Techniques of value analysis and engineering**. New York: McGraw Hill, 2000.

MILTENBURG, J. *A comparative evolution of nine well-known algorithms for solving the cell formation in group technology.* **Journal of Operations Management**, p. 44-72, 2001.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. **Estratégia**: a busca da vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

MOREIRA, D. A. **Dimensões do desempenho em manufatura e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1996.

MORRIS, J. S.; TERSILE, R. J. *A simulation analysis of factors influencing the attractiveness of groups technology cellular layouts.* **Management Science**, v. 36, n. 12, p. 1567-1578, 1990.

NAAS BAASCH, S. S. **Gestão ambiental**. PPGEF. Florianópolis: UFSC, 2001.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC – Internacional Sistemas Educativos, 1989.

OHNO, T. **Toyota Production System**. Productive Press. Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut, 1988.

OLORUNNIVO, F. *Changes in production planning and control systems with implementation of cellular manufacturing*. **Production and Inventory Management Journal**, first quarter, p. 65-70, 1996.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

PEDGEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN**. New Jersey: Mc Graw Hill, 1990.

REZENDE, A. C. S. **Movimentação de materiais e arranjo físico**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1996.

SCHONBERGER, R. J. **Fabricação classe universal: as lições de simplicidade aplicadas**. São Paulo: Pioneira, 1988.

SEFERTZI, E. **Flexibility and alternative corporate strategies**. *Industrial Relations*. Quebec, v. 51, p. 97-116, 2000.

SHAFER, S. M.; CHARNES, J. M. *Cellular versus functional layouts under a variety of shop operating conditions*. **Decision Sciences**, v. 24, n. 3, p. 665-681, 1991.

SHINGO, S. **Study of Toyota Production System from Industrial Engineering View Point**. Japan Management Association. Tokyo, Shiha-Park Miriatu-Hu, 1981.

_____. **No-Stock Production: The shingo system for continuous Improvement**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SUKIMAN, D.; IRANI, A. S. Melhorias de *layout* em uma célula de montagem. **Revista Máquinas e Metais**, p. 48-59, mar. 2001.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1990.

TEMPONI, C. *Implementation of two JIT elements in small-sized manufacturing firms*. **Production and Inventory Journal**, third quarter, p. 23-29, 1995.

THORN, R. **Cellular solutions: some considerations for cellular manufacturing**. Sheet Metal Industries, March, pp. 9-10, 1996.

TUBINO, D. F. **O Relacionamento fornecedor-cliente na filosofia Just-in-Time segundo a ótica do cliente**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: UFSC, 1994.

_____. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

_____. **Sistemas de produção:** a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VARVAKIS RADOS, G. J. Tecnologia de grupo, uma filosofia de trabalho. **Revista Máquinas e Metais**, p. 35-43, jun. 1986.

WEMMERLÖV, U.; JOHNSON, D. J. *Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation experiences and performance improvements*. **International Journal of Production Research**, v. 35, n. 1, p. 29-49, 1997.

YOUSSEF, M. A. *Measuring the intensity level of just-in-time activities and its impact on quality*. **International Journal of quality and Reliability Management**, v. 11, n. 5, p. 59-80, 1994.