

**Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática**

**Projeto de re-layout de uma indústria do setor moveleiro em
um ambiente de multi-produtos.**

Bradley Miotto Fehlauser

TG-EP-08-05

Maringá – Paraná

Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**Projeto de re-layout de uma indústria do setor moveleiro em
um ambiente de multi-produtos.**

Bradley Miotto Fehlauer

TG-EP-12-05

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia
de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade
Estadual de Maringá.

Orientadora: *Professora Maria de Lourdes Santiago Luz*

Maringá - Paraná

2005

BRADLEY MIOTTO FEHLAUER

**PROJETO DE RE-LAYOUT DE UMA INDÚSTRIA DO SETOR
MOVELEIRO EM UM AMBIENTE DE MULTI-PRODUTOS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: Prof. Maria de Lourdes Santiago Luz.

Maringá - Paraná

2005

BRADLEY MIOTTO FEHLAUER

**PROJETO DE RE-LAYOUT DE UMA INDÚSTRIA DO SETOR
MOVELEIRO EM UM AMBIENTE DE MULTI-PRODUTOS.**

Este exemplar corresponde à redação final da monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientadora: Professora Maria de Lourdes Santiago Luz
Departamento de Informática, CTC

Professor Carlos Antonio Pizzo
Departamento de Informática, CTC

Professora Márcia Marcondes Altimari Samed
Departamento de Informática, CTC

Maringá, Dezembro de 2005

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900
Tel: (044) 261-4324 / 4219 Fax: (044) 261-5874

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a meus pais, Demerval Fehlauer e Geni Miotto Fehlauer, pois sem o apoio incondicional dessas duas pessoas, a realização do mesmo não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Reconhecer quem nos ajuda torna-nos mais humanos e pessoas melhores. Gostaria de apresentar meus agradecimentos, não por contribuírem para esse trabalho, mas pela amizade e companheirismo, amor fraternal e compreensão durante essa missão:

A Deus, por me permitir vivenciar momentos de engrandecimento pessoal.

Aos meus pais, Geni Miotto Fehlauer e Demerval Fehlauer, aos meus avós, Ana Sierra Miotto, Antenor Miotto, Beni Otto Fehlauer e Isaltina Fehlauer e meus irmãos, Harley Miotto Fehlauer e Wana Cíntia Fehlauer.

A minha namorada Jaqueline Maria Fadoni.

Aos amigos Rafael Gonçalves, Rafael Germano Dalmolin Filho, Cristiano Chester Correa, Elizangela Veloso, Guilherme C. Magoga, Carlos Henrique Araújo Lelis, Luiz Rodrigues Fantin, todo o pessoal do grupo SimuCad da Universidade Federal de São Carlos e todos os outros.

Agradecimentos a todos os professores, em especial para Carlos Antonio Pizzo, Daily Morales e Maria de Lourdes Santiago Luz.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Variedade e quantidade determinando o tipo de layout	13
Figura 2.2: Circulação habitual para uma pessoa	23
Figura 2.3: Circulação habitual para uma pessoa e eventualmente duas	23
Figura 2.4: Circulação habitual para duas pessoas	23
Figura 2.5: Circulação habitual para três pessoas	24
Figura 2.6: Passagem eventual entre parede e móvel baixo	24
Figura 2.7: Circulação entre parede e móvel baixo para uma pessoa	24
Figura 2.8: Circulação entre parede e móvel baixo para duas pessoas	25
Figura 2.9: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem esporádica	25
Figura 2.10: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem habitual	25
Figura 2.11: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem com carga	26
Figura 2.12: Passagem esporádica entre móveis baixos	26
Figura 2.13: Passagem habitual entre móvel baixo e mesa	26
Figura 2.14: Passagem esporádica entre mesas com cadeira	27
Figura 2.15: Circulação habitual para duas pessoas entre móveis baixos	27
Figura 2.16: Circulação entre dois armários	27
Figura 2.17: Circulação próxima a arquivo e parede	28
Figura 2.18: Circulação com Cargas	28

Figura 2.19: Circulação com cargas	28
Figura 2.20: Exemplo de carta de relações preferenciais	35
Figura 2.21: Diagrama DE-PARA.	37
Figura 2.22: Intensidade do fluxo de materiais	38
Figura 2.23: Diagrama de inter-relações	39
Figura 3.1: Layout da Cadeiras S.A. no início dos trabalhos	43
Figura 3.2: Diagrama de blocos – layout inicial	45
Figura 3.3: Diagrama de blocos – método das seqüências fictícias	52
Figura 3.4: Diagrama de blocos – método dos elos	54
Figura 3.5: Representação gráfica da proposta 01 de re-layout da Cadeiras S.A	56
Figura 3.6: Diagrama de blocos relativo à proposta de layout 01	58
Figura 3.7: Representação gráfica da proposta 02 de re-layout da Cadeiras S.A	60
Figura 3.8: Diagrama de blocos relativo à proposta 02	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Áreas de conhecimento envolvidas no fornecimento de informações para o projeto de arranjo físico	06
Tabela 2.2: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico	14
Tabela 3.1: Relação dos produtos agrupados em cada família	42
Tabela 3.2: Centros produtivos e suas respectivas áreas	46
Tabela 3.3: distâncias percorridas pelo produto no decorrer do processo produtivo	63

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ANEXOS	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. ARRANJO FÍSICO.....	03
2.1 Re-Arranjo Físico	03
2.2 Tipos Básicos de Arranjo Físico	10
2.2.1 Arranjo físico posicional (Project Shop)	11
2.2.2 Arranjo físico por processo (Job Shop)	11
2.2.3 Arranjo físico celular	12
2.2.4 Arranjo físico por produto (Flow Shop)	12
2.3 Projeto Detalhado de Arranjo Físico	15
2.3.1 Projeto detalhado de arranjo físico posicional	15
2.3.2 Projeto detalhado de arranjo físico por processo	16
2.3.3 Projeto detalhado de arranjo físico celular	17
2.3.4 Projeto detalhado de arranjo físico por produto	17
2.4 Dimensionamento de Áreas	18
2.4.1 Dimensionamento dos centros de produção	18
2.4.2 Dimensionamento de corredores	21
2.4.3 Dimensionamento de escritórios	22
2.4.4 Circulação	22
2.5 Metodologias de Desenvolvimento de Arranjo Físico Baseadas no Processo Produtivo..	30

2.5.1	Método dos elos	30
2.5.2	Método dos torques	31
2.5.3	Método das seqüências fictícias	32
2.5.4	Diagrama de blocos	33
2.5.5	Método da tecnologia de grupo	33
2.5.6	Carta de ligações preferenciais:	33
2.5.7	Sistema SLP:	36
3.	ESTUDO DE CASO	41
3.1	A empresa	41
3.2	Materiais e Métodos	41
3.3	Identificação dos Problemas Enfrentados Pela: Cadeiras S.A.	42
3.4	Mix de Produção e Tecnologia	46
3.4.1	Fluxograma de processos	47
3.5	Templates dos Centros Produtivos	47
3.5.1	Caracterização dos centros produtivos	47
3.6	Construção do Layout	49
3.6.1	Método das seqüências fictícias	49
3.6.2	Método da tecnologia de grupo	50
3.6.3	Método dos elos	50
3.6.4	Diagrama de blocos	51
3.6.5	Concepção das propostas de layout apresentadas	55
4.	CONCLUSÃO	64
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
6.	BIBLIOGRAFIA	68

7.	ANEXO A: Fluxograma de Processos	70
8.	ANEXO B: Templates dos Centros Produtivos	76
9.	ANEXO C: Métodos Utilizados Para Desenvolvimento do Layout	85

LISTA DE ANEXOS

7.	ANEXO A: Fluxograma de Processos	70
	Figura 7.1: Fluxograma de processos – Família de produtos 01	70
	Figura 7.2: Fluxograma de processo – Família de produtos 02	71
	Figura 7.3: Fluxograma de processo – Família de produtos 03	72
	Figura 7.4: Fluxograma de processo – Família de produtos 04	73
	Figura 7.5: Fluxograma de processo – Família de produtos 05	74
	Figura 7.6: Fluxograma de processo – Família de produtos 06	75
8.	ANEXO B: Templates dos Centros Produtivos	76
	Figura 8.1: Template do centro produtivo: Corte do tecido	76
	Figura 8.2: Template do centro produtivo: Prensa excêntrica 25 Tn.	77
	Figura 8.3: Template do centro produtivo: Serra circular	77
	Figura 8.4: Template do centro produtivo: Costura	77
	Figura 8.5: Template do centro produtivo: Dobradeira	78
	Figura 8.6: Template do centro produtivo: Prensa – Dobra	78
	Figura 8.7: Template do centro produtivo: Esmeril	79
	Figura 8.8: Template do centro produtivo: Prensa excêntrica 15 Tn	79
	Figura 8.9: Template do centro produtivo: Furadeira de coluna	80
	Figura 8.10: Template do centro produtivo: Furadeira de bancada	80
	Figura 8.11: Template do centro produtivo: Furo colocação de rosca na chapa de madeira	81
	Figura 8.12: Template do centro produtivo: Limpeza das cadeiras	81
	Figura 8.13: Template do centro produtivo: Montagem da tapeçaria	82
	Figura 8.14: Template do centro produtivo: Pintura e secagem	82

Figura 8.15: Template do centro produtivo: Posto padrão da tapeçaria	83
Figura 8.16: Template do centro produtivo: Posto de solda	83
Tabela 8.1: Legenda das cores e suas áreas correspondentes nos templates	84
9. ANEXO C: Métodos Utilizados Para Desenvolvimento do Layout	84
9.1 Método das Seqüências Fictícias	85
Tabela 9.1: Operações realizadas na linha de produção	85
Tabela 9.2: Ciclo de produção de cada família de produtos dentro da célula de serviços metalúrgicos	86
Tabela 9.3: Ciclo de produção de cada família de produtos dentro da célula de serviços de tapeçaria	86
9.2 Método dos Elos	87
Tabela 9.4: seqüência de operações das famílias de produtos na célula de serviços metalúrgicos	87
Tabela 9.5: seqüência de operações das famílias de produtos na célula de serviços de tapeçaria	88
Quadro 9.1: determinação dos elos na célula de serviços metalúrgico	88
Quadro 9.2: determinação dos elos na célula de serviços de tapeçaria	88
Tabela 9.6: Seqüências de produção de cada família de produtos, dentro da célula de serviços metalúrgico	89
Tabela 9.7: Seqüências de produção de cada família de produtos, dentro da célula de serviços de tapeçaria	89
Quadro 9.3: diagrama de transportes para a célula de serviços metalúrgicos	90
Quadro 9.4: diagrama de transportes para a célula de serviços de tapeçaria	90

RESUMO

O planejamento de um arranjo físico é recomendável a qualquer empresa, seja ela grande ou pequena. Com um bom arranjo físico, chega-se a resultados surpreendentes na redução de custos de operação e no aumento da produtividade e eficiência. Na implantação de uma nova empresa, esse planejamento é imprescindível. Naquelas já montadas, (como no estudo de caso), uma mudança no processo de produção ou fluxo do serviço, introdução de novos produtos ou serviços, a necessidade de redução de custos, a expansão de uma seção, entre outros, necessitam de uma modificação no arranjo. No caso em questão, busca-se um aumento de produtividade, através de diminuição das distâncias percorridas e diminuição do índice de re-trabalhos, dentre outros fatores prejudiciais ao processo encontrados no atual sistema de produção da fábrica.

Palavras Chave: Projeto de instalações industriais, arranjo físico (layout), fluxo de materiais.

1. INTRODUÇÃO

As empresas de pequeno e médio porte da região noroeste do Paraná, na maioria das vezes, desconhecem os benefícios de um projeto de fábrica bem feito, isso faz com que essas empresas produzam, muitas vezes, de forma desordenada, gerando um alto índice de refugo, aumento no tempo de produção, diminuição da produtividade e outros problemas advindos de uma linha de produção inadequada. Com isso, empresas que apresentam grande potencial produtivo perdem mercado para empresas com linhas de produção bem organizadas e planejadas de outras regiões.

No trabalho desenvolvido se propôs um re-layout, ou seja, um rearranjo do processo produtivo de uma empresa do setor moveleiro, buscando corrigir certas deficiências inicialmente encontradas em sua linha de produção.

O layout industrial é circunscrito pelo ambiente que constitui o conjunto de fatores condicionantes para o projeto: tecnologia e mix de produtos, demanda do processo, investimentos necessários e concorrentes. Mas que não necessariamente definem o escopo das decisões sobre o arranjo físico.

Neste trabalho foi apresentado um projeto de uma unidade industrial, que consistiu na elaboração do layout, envolvendo para isso fatores como: homens, materiais, equipamentos e suas interações.

Segundo Borba (1998), ao se iniciar o processo de implantação de uma indústria, um dos problemas fundamentais a ser resolvido é a definição do local onde se instalará a indústria. A localização da indústria pode ser analisada em duas etapas: a macrolocalização e a microlocalização.

A macrolocalização define a região onde se deverá localizar a indústria, levando em consideração fatores de econômicos e também de ordem técnica. Os fatores de ordem econômica são: matéria-prima, mercado, transporte e mão de obra. Os de ordem técnica são: água, energia, resíduos, comunicação, clima, leis e impostos.

Uma vez definida a região, objetiva-se a escolha do local efetivo de implantação da indústria, definindo-se assim sua microlocalização. Nesta etapa prevalecerão os fatores técnicos, tais como, dimensões insuficientes para atender as expansões futuras, não existência de água potável, não existência de meios de comunicação e de um sistema rodo-ferroviário, fluvial e aéreo, entre outros.

Tendo-se especificado o terreno, a próxima etapa é definir o arranjo mais adequado visando a otimização da interface de homens, equipamentos e materiais sobre uma determinada área física, dispondo esses elementos de forma a minimizar os transportes, eliminar os pontos críticos da produção e suprimir as demoras desnecessárias entre várias atividades.

Entra-se assim, na fase de elaboração do layout ou arranjo físico das instalações da empresa, fase essa que caracteriza o escopo desse trabalho.

2. ARRANJO FÍSICO

O layout ou arranjo físico consiste da organização racional de todos os recursos e tecnologias necessárias para a consecução em nível operacional dos objetivos da empresa industrial, materializando-se na forma como esses recursos serão dispostos. Segundo Olivério (1985), organização racional é busca da melhor integração de equipamentos, mão-de-obra (direta e indireta), materiais, áreas de movimentação e de estocagem e demais recursos e tecnologias.

Ao estabelecer a localização de equipamentos, estoques e demais áreas e suas formas, o projetista do arranjo físico está estabelecendo as relações físicas existentes entre elas.

2.1 Re-arranjo Físico

Segundo Torres (2001), por sua forte dependência dos fatores condicionantes, o arranjo físico assume um caráter dinâmico. A existência de alterações freqüentes em fatores como o mix de produtos ou tecnologias disponíveis para adoção e estratégias de controle faz com que se tenha que alterar o arranjo físico da planta, implicando em alterações de pequenas partes da mesma, passando pela sua total reformulação, até a construção de uma nova.

Olivério (1985) apresenta uma série de mudanças nos fatores condicionantes que podem ocasionar em uma possível alteração do arranjo físico:

- a) Mudança no projeto do produto ou inclusão de novos produtos – Cada vez mais os mercados exigem uma adequação maior dos produtos às suas necessidades, o que implica na redução do ciclo de vida de um produto e na necessidade de readequações mais freqüentes da planta. No caso da introdução de novos produtos no mercado haverá necessidade de novos espaços para armazenagem de materiais, introdução de novos equipamentos e métodos de controle, entre outros condicionantes;

- b) Melhoria das condições de trabalho e redução de acidentes – busca-se que o local de trabalho seja seguro para as pessoas que interagem com ele, isso pode demandar uma alteração visando preservar a integridade física e a saúde do elemento humano, melhorando suas condições de trabalho;
- c) Variações na demanda do produto – Os condicionantes de mercado (como o estágio em que se encontra o produto no seu ciclo de vida econômico, a existência de concorrentes e variações da capacidade de compra dos clientes) podem alterar a demanda por um determinado produto. Como efeito poderá ocorrer alteração da participação de tal produto no mix produzido, o que pode acarretar efeitos sobre a carga de trabalho de uma determinada linha de produção, aumentando ou reduzindo essa carga;
- d) Substituição de equipamento – A introdução de novas tecnologias e equipamentos mais produtivos e seguros, bem como determinações legais são fatos comuns nos sistemas produtivos, que requerem arranjos físicos que comportem tais mudanças;
- e) Mudanças no processo produtivo – As novas formas de realizar as etapas do processo produtivo (oriundas de novas tecnologias e formas de controle da produção) e alterações dos produtos fabricados são dois exemplos de variáveis condicionantes das etapas dos processos produtivos;
- f) Mudança do mercado de consumo – A necessidade de se estar próximo do cliente pode demandar a construção de novas plantas ou alteração das existentes para atender melhor a necessidade dos mesmos;
- g) Introdução de novos métodos de organização e controle – Com a informação recebendo cada vez mais enfoque por parte dos administradores dos sistemas produtivos, houve a introdução de vários métodos de controle e organização. Esses métodos incluem técnicas gerenciais como a utilização do sistema *kanban* ou de coleta eletrônica de informações, que em muitos casos exigem uma readequação da planta que os receberá,

para a acomodação de novos equipamentos ou para possibilitar um fluxo mais adequado das informações entre os centros de produção;

- h) Redução de custos – A redução de custos através da adoção de novos equipamentos, novas formas de organizar a produção (como a introdução de novos sistemas de controle) também implica, em muitos casos, na necessidade de rearranjo das plantas produtivas.

Olivério (1985) ressalta a importância do projetista do arranjo físico contar com um sistema de informações eficiente, que permita que esteja ciente de alterações relevantes nos fatores condicionantes do arranjo físico. Além disso, essa mesma base de dados servirá de fonte de informações para o desenvolvimento da nova solução. Camarotto (1998) estabelece as áreas envolvidas no fornecimento de cada tipo de informação necessária ao projeto do arranjo físico. Esses dados devem ser obtidos de diversas áreas e estão sumariados na Tabela 2.1

Tabela 2.1: Áreas de conhecimento envolvidas no fornecimento de informações para o projeto de arranjo físico

Fatores de Projeto	Área e sub-áreas de conhecimento envolvidas
Equipamento.	Engenharia de processos, Ergonomia, Organização do Trabalho, Engenharia de Máquinas, Engenharia de Segurança.
Operação (Transformação e Montagem).	Engenharia de processos, Engenharia de Materiais, Engenharia de Máquinas, Engenharia de Segurança, Logística, Ergonomia, PCP.
Materiais.	Engenharia de materiais, Logística, Engenharia de Segurança, Ergonomia.
Manutenção.	Engenharia de Manutenção, Engenharia de Máquinas, PCP.
Segurança e Saúde.	Engenharia de Segurança, Engenharia de processos, Saúde Ocupacional, Administração, Organização do Trabalho.
Almoxarifado / Estoque.	Logística, PCP.
Serviços Auxiliares e Fábrica.	Engenharia de Processos, Engenharia de Máquinas, PCP.
Edificação.	Arquitetura, Engenharia Civil, Engenharia de Segurança, Ergonomia, Engenharia Econômica, PCP.
Sistemas de movimentação.	PCO, Logística, Ergonomia, Engenharia de segurança.
Utilidades.	Engenharia de processos, Engenharia de Máquinas, Engenharia de materiais.
Fluxo de materiais, Pessoas e Informações.	PCP, Logística, Engenharia Econômica, Engenharia de segurança, Organização do Trabalho.
Espaço.	Ergonomia, Engenharia de segurança, Engenharia de processos, PCP, Arquitetura.
Serviços de pessoal	Organização do trabalho, Engenharia de segurança, Arquitetura, Administração.

Fonte: Camarotto (1998).

A integração pretendida pela determinação do arranjo físico pode ser entendida melhor como a consecução de uma série de objetivos específicos oriundos de problemas freqüentemente encontrados nos sistemas produtivos. Olivério (1985) e Slack *et al.* (1997) apresentam algumas dessas metas:

- a) Aumentar o conforto – Redução de barulhos, melhoria na iluminação e ventilação, aumento da satisfação e higiene através da organização do trabalho, ergonomia e conforto ambiental;
- b) Aumentar a segurança inerente de dispositivos e equipamentos – Aplicação de conceitos da ergonomia com relação ao projeto do posto de trabalho;
- c) Aumentar o moral e a satisfação no trabalho – Manutenção da ordem e limpeza, disponibilizar sanitários adequados e registrar a presença (“ponto”);
- d) Incrementar a produção – Melhorar o fluxo, aumentar da rotatividade do material em processo e aumentar a taxa de processamento;
- e) Reduzir as demoras e o material em processo através do balanceamento da produção;
- f) Economizar o espaço – Manter menor quantidade de material em processo, minimizar as distâncias, dispor racionalmente as seções;
- g) Reduzir o manuseio através da utilização de equipamentos de movimentação de materiais no processo produtivo;
- h) Melhorar a utilização do equipamento, mão-de-obra e serviços através da redução das distâncias e tempos improdutivos;
- i) Reduzir o tempo de manufatura através da redução das demoras e distâncias;

- j) Reduzir os custos indiretos – Utilizar linhas de usinagem, onde o material se move quase sem necessidade de administração direta (supervisão melhor e mais fácil, redução de congestionamento e de confusão no tráfego);
- l) Facilitar o controle de custos e a coordenação gerencial;
- m) Intensificar a utilização da força de trabalho de acordo com princípios de tempos e métodos e organização do trabalho;
- n) Aumentar a flexibilidade para fazer frente às mudanças de demanda, nos produtos e nos equipamentos;
- o) Facilitar o acesso para operação, limpeza e manutenção dos equipamentos;
- p) Minimizar os investimentos em capital pelo uso intensivo de recursos e áreas.

Segundo Olivério (1985), para se atingir esses objetivos alguns princípios devem ser observados, devendo ser aplicados a todas as etapas do processo de desenvolvimento:

- a) Princípio da integração - através do qual se pretende que todas as partes da planta contribuam de forma sinérgica para a consecução dos objetivos da planta produtiva, usando conceitos de engenharia simultânea, times, dentre outros;
- b) Princípio da mínima distância - pelo qual se pretende diminuir os esforços de movimentação que em geral nada acrescentam ao valor final do produto, logo se caracterizam como custos desnecessários;
- c) Princípio de obediência ao fluxo de operações - pelo qual se pretende, além de reduzir as distâncias, também a eliminação de cruzamentos, retornos e interrupções;

- d) Princípio do uso das três dimensões - pelo qual se pretende racionalizar o uso do espaço tridimensional e não apenas o espaço planar. Isso pode ser traduzido no uso de armazenagem verticalizada, no uso de transportadores aéreos, em construções com vários andares, uso de subsolo, entre outros;
- e) Princípio da satisfação e segurança - que visa reduzir os riscos potenciais do ambiente industrial à saúde dos seus usuários, melhorando o moral dos funcionários;
- f) Princípio da flexibilidade - para fazer frente às necessidades de alteração rápidas nos condicionantes do sistema produtivo e do layout, preparando-o para o mercado atual, que mudanças cada vez mais bruscas.

Olivério (1985) apresenta também uma série de recomendações para o adequado desenvolvimento do layout:

- a) Planejar o todo e depois o detalhe – Como se pretende ter a planta integrada de tal forma que não haja concorrência entre suas partes, mas para que todas elas sejam orientadas para os mesmos objetivos gerais, uma visão geral do conceito da planta é importante. Sem essa orientação inicial corre-se o risco de se incorrer em detalhes excessivos;
- b) Planejar o ideal e depois o prático – Não se deve incluir limitações nas etapas iniciais do desenvolvimento, pois isso pode limitar a solução final ou mesmo torná-la impossível. Além disso, a existência da solução “ideal” servirá como padrão para comparação com a solução final e também como ponto de partida para a inclusão das limitações reais até que se chegue a uma solução aceitável;
- c) Planejar para o futuro – é muito importante se considerar durante a fase de concepção do arranjo físico, possíveis expansões ou alterações significativas que poderão ocorrer no futuro. Assim, por exemplo, deve ser considerada a possibilidade de aumento do sistema produtivo ou de capacidade e conseqüente expansão das instalações existentes.

Isso implica, entre outras coisas, na necessidade de se ter flexibilidade para estabelecer a localização dos equipamentos e ampliações dos edifícios;

- d) Procurar a idéia de todos – Dada à interferência de vários fatores condicionantes no processo de desenvolvimento do layout tem-se que contar, de maneira adequada, com as idéias e propostas de pessoas de outros setores da empresa. Esse tipo de contribuição é importante para a introdução de alterações que tenham impacto considerável, considerando-se que a idéia precisa ser “vendida” antes de ser implantada, precisa-se do comprometimento de todo o pessoal envolvido;
- e) Utilizar os melhores elementos de apresentação – Ao discutir as idéias, há que se dispor de meios adequados para discussão de alternativas e também para convencimento das partes interessadas. Entre esses meios estão os mapas, fluxogramas e demais recursos gráficos, cada vez mais desenvolvidos;
- f) Preparar-se para vender a idéia – A criação de uma alternativa e o convencimento sobre a sua validade depende de uma série de fatores, como técnicas de convencimento e relações inter-pessoais, para que se consiga a aprovação.

2.2 Tipos Básicos de Arranjo Físico

O arranjo físico embora muitas vezes confundido com o tipo de processo trata-se de um conceito um pouco mais restrito, segundo Slack *et al.* (1997), o arranjo físico nada mais é que a caracterização física de um tipo de processo. É a característica volume-variedade que dita o tipo de processo. Entretanto, frequentemente alguma superposição entre tipos de processos que podem ser utilizados. Em casos em que mais de um tipo de processo interagem, os objetivos de desempenho da organização, tais como, custo, qualidade, variedade, quantidade, dentre outros, pode influenciar muito na decisão.

O projetista conta com alguns tipos básicos de arranjos físicos pré-definidos, dos quais a maioria dos arranjos físicos deriva, podem derivar dos modelos básicos ou de alguma junção das características dos mesmos.

Os tipos básicos de arranjo físico, segundo Slack *et al.* (1997), são quatro:

- a) Arranjo físico posicional;
- b) Arranjo físico por processo;
- c) Arranjo físico celular;
- d) Arranjo físico por produto.

2.2.1 Arranjo físico posicional (*Project Shop*):

Segundo Slack *et al.* (1997) no arranjo físico posicional, ou arranjo físico de posição fixa, os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, e sim acontece o contrário. Em vez de materiais, informações ou clientes fluírem no processo, são as máquinas e equipamentos que se movimentam, isso ocorre por algumas razões, pode ser devido ao produto a ser processado não possa ser movidos de forma conveniente, ou podem estar em um estado muito delicado para serem removidos.

Um exemplo típico desse tipo de arranjo físico é um canteiro de obras, na construção civil, onde a obra fica imóvel e os recursos movem-se de forma conveniente ao desenvolvimento dos trabalhos.

2.2.2 Arranjo físico por processo (*Job Shop*):

Segundo Slack *et al.* (1997) e Valle (1975) nesse tipo de arranjo físico, o processo de operação é o que domina as decisões sobre o arranjo físico, processos similares são posicionados próximos uns aos outros. Ou seja, quando produtos ou clientes fluírem através da operação, eles

percorrerão um roteiro de processo a processo, roteiro esse que serve de base para o desenvolvimento do arranjo físico.

2.2.3 Arranjo físico celular:

Segundo Slack *et al.* (1997) o arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados entram na operação e seguem para uma área específica (célula), onde os recursos transformadores se encontram, a célula pode ser arranjada segundo um arranjo físico por processo ou por produto. O arranjo físico traz a proposta de trazer mais ordem, diminuindo assim a complexidade de fluxo do arranjo físico por processo.

2.2.4 Arranjo físico por produto (Flow Shop):

Segundo Slack *et al.* (1997) e Valle (1975) o arranjo físico por produto envolve localizar os recursos transformadores inteiramente segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. O produto segue uma seqüência pré-definida, no qual as seqüências de necessidades são as mesmas na qual o processo foi arranjado, o fluxo é muito claro, logo facilmente controlável.

Segundo Slack *et al.* (1997), Olivério (1985) e Konz (1985) a decisão de qual tipo de arranjo físico adotar, quase sempre fica dentre os quatro tipos básicos já apresentados, as características de volume e variedade de uma determinada operação vão reduzir a escolha, para uma ou duas opções, mas como se pode observar na figura 2.1 as faixas de volume e variedade para cada tipo de arranjo físico se sobrepõe em alguns casos, logo a decisão sobre qual arranjo físico escolher deve ser influenciada pela compreensão exata entre as vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico.

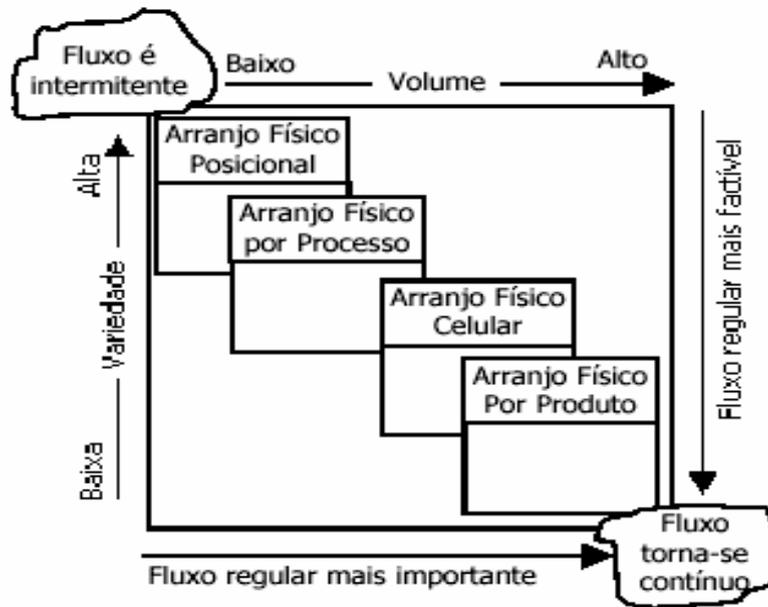


Figura 2.1: Variedade e Quantidade determinando o tipo de layout.

Fonte: Slack et. al. (1997)

Slack *et al.* (1997), Olivério (1985) e Konz (1985) e Tompkins & White (1984), enumeram uma lista de vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de arranjo físico na Tabela 2.2.

Segundo Slack et al. (1997) Para a determinação do tipo principal do arranjo físico a ser seguido consideram-se como fatores importantes, a diversidade e quantidade de produtos, características dos produtos (dimensões, periculosidade, etc.) e formas e trajetões de manipulação. Na maioria das vezes a determinação do arranjo acaba sendo feita sob a óptica do fluxo de materiais devido a sua forte influência sobre a complexidade e intensidade de movimentações na planta.

Assim, para uma planta que fabrica uma grande quantidade de apenas um tipo de produto, o arranjo físico tenderia a ser um arranjo por produto ou linear. No entanto, se a fábrica produz uma quantidade pequena de uma gama variada de produtos, o arranjo pelo fluxo será ineficiente, pois os processos podem ser os mais variados. Nesse caso, a escolha mais apropriada seria o arranjo funcional se as operações fossem semelhantes entre si. Se a quantidade a ser produzida for pequena e o mix também for pequeno tenderemos a uma organização posicional do arranjo. A Figura 2.1 representa a relação existente entre variedade, quantidade e tipo de arranjo.

No entanto, segundo Slack *et al.* (1997), as escolhas por um determinado tipo de arranjo físico, raramente se baseiam apenas nos dados de fluxos para sua escolha, mas devem considerar uma grande quantidade de fatores e dados, sem se esquecer, é claro, dos custos das alternativas.

Em muitos casos se projeta arranjos físicos chamados mistos, que combinam características determinantes de alguns ou todos os tipos básicos de arranjo físico, ou usam tipos básicos de arranjo físico de forma independente em diferentes partes da operação.

2.3 Projeto Detalhado de Arranjo Físico

Após ter-se decidido sobre o tipo básico de arranjo físico a ser implantado, parte-se para a definição do projeto detalhado de tal arranjo. Segundo Slack *et al.* (1997), o projeto detalhado nada mais é que operacionalizar os princípios gerais implícitos na escolha dos tipos básicos de arranjo físico.

2.3.1 Projeto detalhado de arranjo físico posicional

Segundo Slack *et al.* (1997), em arranjos físicos posicionais, a localização dos recursos será definida na conveniência dos recursos transformadores, de modo a maximizar sua contribuição ao processo de transformação. Embora existam técnicas a serem utilizadas em arranjos posicionais, elas nem sempre são utilizadas, uma dessas técnicas é chamada de “análise dos recursos locacionais”, que avalia a interação entre os recursos, quando alocados de diferentes formas.

2.3.2 Projeto detalhado de arranjo físico por processo

Segundo Slack *et al.* (1997), esse tipo de projeto se caracteriza pela complexidade, que caracteriza o fluxo desse tipo de arranjo físico, isso se deve ao elevado número de diferentes alternativas; mesmo quando não há muitos centros de trabalhos, há muitas maneiras diferentes de arranjá-los, Difícilmente se encontra uma solução ótima para esse tipo de arranjo físico. Frequentemente o projeto é desenvolvido com base no bom-senso e processos de tentativa e erro aplicados sistematicamente.

Segundo Slack et al. (1997), existem algumas informações essenciais de que o projetista necessita para desenvolver um bom projeto de arranjo físico por processo:

- a) A área requerida por centro de trabalho;
- b) As restrições sobre a forma da área a ser alocada para cada centro de trabalho;
- c) O nível e a direção do fluxo entre cada par de centros de trabalho;
- d) O quão desejável é manter centros de trabalho próximos entre si.

Um método qualitativo alternativo de se indicar a importância das relações entre centros produtivos é a carta de relacionamentos, que indica quanto desejável é manter pares de centros juntos uns dos outros.

A eficácia do arranjo físico, em uma forma mais simples, pode ser medida simplesmente com base nas distâncias totais percorridas na operação.

2.3.3 Projeto detalhado de arranjo físico celular

Segundo Slack *et al.* (1997), células estão entre a flexibilidade do arranjo físico por processo e a simplicidade do arranjo físico por produto. Podendo-se se concentrar mais nas características de um ou de outro tipo de arranjo.

Uma abordagem muito conhecida para se alocar recursos às células, é a análise do fluxo de produção, que analisa requisitos de produtos e agrupamento de processos, simultaneamente.

2.3.4 Projeto detalhado de arranjo físico por produto

Considerações sobre produto são muito importantes para o arranjo físico por produto, mas além dessas, existem muitas outras decisões quanto a esse tipo de projeto detalhado. Segundo Slack *et al.* (1997), em geral a decisão sobre localização está tomada, logo, as tarefas são alocadas à localização decidida. Essa decisão é chamada de balanceamento da linha e é apenas uma das decisões, estas decisões são as seguintes:

- a) Que tempo de ciclo é necessário;
- b) Quantos estágios são necessários;
- c) Como lidar com variações no tempo para cada tarefa;
- d) Como balancear o arranjo físico;
- e) Como arranjar estágios.

2.4 Dimensionamento de Áreas

2.4.1 Dimensionamento do centro de produção

Segundo Menegon (1998) e Camarotto (2004), deverão ser consideradas para o dimensionamento dos centros de produção as seguintes áreas:

- a) Área para o equipamento - é a projeção estática do equipamento, o espaço necessário para o seu posicionamento na fábrica.
- b) Área para o processo - é a área indispensável ao equipamento para que esse possa executar perfeitamente e sem limitações as suas operações de processamento. Deve ser considerado o espaço para a alimentação das máquinas, o deslocamento de componentes da máquina, o espaço necessário para a retirada da peça depois do processamento, a colocação e retirada de dispositivos, etc.
- c) Área do operador - há três tipos de área para o operador:
 - i) O deslocamento do operador relativamente à máquina onde são levantadas as diferentes posições de trabalho do operador na operação e os deslocamentos necessários para atingir essas diferentes posições;
 - ii) Em cada posição, estuda-se a movimentação que o operário deve efetuar para a realização do trabalho, levando-se os deslocamentos dos membros envolvidos nessa atividade;
 - iii) Em ambos os casos deve-se analisar ainda, os aspectos de segurança, plena liberdade de movimentação, necessidade e dimensionamento de assentos para operários, e alguns aspectos psicológicos envolvidos, como sensação de enclausuramento, de falta de segurança ou semelhantes.

- d) Áreas de acesso dos operadores - deve-se estudar como será feita a entrada e a saída do operador no centro de produção. Esse acesso deverá ser de tal forma a permitir livre movimentação com segurança e rapidez.
- e) Área de acesso e manutenção - deve-se considerar que a manutenção é imprescindível em quase todos os processos industriais, logo é necessário a destinação de áreas para que a manutenção possa livremente efetuar as tarefas de sua responsabilidade. Devem ser levantadas as áreas para serviços regulares de manutenção preventiva, preditiva, corretiva, lubrificação, limpeza, inspeção, substituição de peças. Deve-se considerar que a manutenção, freqüentes vezes, deve agir com os equipamentos próximos em pleno funcionamento, e que esse trabalho não deve interromper o ciclo normal dos equipamentos vizinhos, e nem deve o homem da manutenção estar sujeito a acidentes provocados pelo seu mau posicionamento.
- f) Área de movimentação - o meio de transporte necessita constantemente retirar e colocar peças para o processamento. Deve-se, então, prever que:
- i) Há a necessidade do meio de transporte atingir o centro de produção;
 - ii) O transporte necessita retirar e colocar material.
 - iii) No caso de monovias e pontes rolantes, a movimentação é feita utilizando-se a terceira dimensão. Neste caso o acesso à estação de trabalho se torna bastante simples, pois basta o acesso do operário do transporte. No caso de empilhadeiras, carrinhos, o acesso deverá existir para o meio de transporte e para o seu operador.
- h) Área para matéria prima - quando a peça é transportada em lotes, e fica ao lado da máquina à espera do processamento, deve-se reservar área para essa demora. Este dimensionamento está estritamente relacionado com a programação, considera-se, como cuidado principal, o dimensionamento da área, prevendo-se as condições mais desfavoráveis para que, se esta vier a ocorrer, não se vá prejudicar o funcionamento do centro de produção.

- i) Área para refugos - os processos de usinagem com remoção de cavacos, bem como determinadas operações industriais, produzem sobras de matérias primas que muitas vezes, são de volume significativo, o que conduz à necessidade da previsão de área especificamente destinada para tal fim.
- j) Área para ferramentas, dispositivos, instrumentos - muitas vezes a programação se encarrega do transporte do ferramental necessário à operação, que é entregue no centro da produção juntamente com a matéria prima a ser processada, utilizando, dessa forma, a área já dimensionada para materiais. Em algumas indústrias, entretanto, o ferramental é colocado ao lado da máquina e o operário é responsável pela sua guarda e manutenção. Outras vezes a programação libera as ferramentas das usinagens de um dia de trabalho, e a área deve ser tal que, nas piores condições, possibilite a guarda do ferramental.
- k) Área para serviços - o centro de produção pode exigir alguns serviços de fábrica : água, iluminação, ventilação, aquecimento, ar comprimido e devem-se localizar essas áreas de forma a não prejudicar o seu bom desempenho. Convém lembrar que esses serviços estão em posição fixada em relação ao equipamento e que não podem ocupar áreas vitais para o processamento e movimentação.
- l) Área para atendimento aos dispositivos legais - a análise do trabalho e o dimensionamento correto de área conduzem a um projeto que sem dúvida possibilita o desempenho da operação industrial com conforto e segurança. Dessa forma, teremos satisfeito os textos legais correlatos ou que, especificamente, determinam condições para os centros de produção.

2.4.2 Dimensionamento de corredores

Segundo Borba (1998), os corredores devem ser localizados de forma a permitir acesso a todos os centros de produção. Devem ser o mais possível, linhas retas e em quantidades mínimas, de forma a não utilizar excessivamente áreas vitais a produção.

No dimensionamento de corredores deve ser previsto que este irá permitir a movimentação de pessoas, materiais, equipamentos de transportes, acesso para segurança e para proteção contra incêndio. Borba (1998) aconselha as seguintes larguras de corredores:

Operários:

- a) um único sentido de movimentação: 95 cm
- b) dois sentidos de movimentação: 150 cm;
- c) cada sentido adicional de movimentação: 55 cm.

Materiais: considerar a largura do meio de transporte e as folgas.

- a) folga para transporte móvel e objeto parado: 15 cm;
- b) folga para transporte móvel e objeto móvel: 30 cm.

Remoção de equipamentos para manutenção e serviço: o corredor deve permitir a remoção da máquina maior.

Acesso para segurança: devem ser consideradas as dimensões para os equipamentos utilizados.

2.4.3 Dimensionamento de escritórios

Segundo Borba (1998), algumas áreas relevantes para o dimensionamento de escritórios devem seguir o seguinte padrão:

- a) área adequada por pessoa é de 6 m²;
- b) separação mínima entre pessoas: 120 cm; separação ótima: 240 cm;
- c) todas as mesas devem estar de lado para as janelas;
- d) os terminais de computador devem estar situados de lado para as janelas;
- e) os utensílios devem estar dentro da área de alcance máximo;
- f) os corredores devem ter espaço suficiente.

2.4.4 Circulação:

Borba (1998) faz algumas recomendações quanto ao dimensionamento para a circulação de pessoas e materiais. As figuras a seguir ilustram tais dimensionamentos:

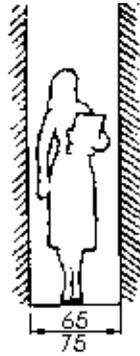


Figura 2.2: Circulação habitual para uma pessoa

Fonte: Borba (1998).



Figura 2.3: Circulação habitual para uma pessoa e eventualmente duas

Fonte: Borba (1998).

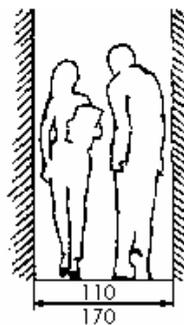


Figura 2.4: Circulação habitual para duas pessoas.

Fonte: Borba (1998).

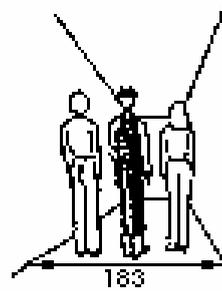


Figura 2.5: Circulação habitual para três pessoas.

Fonte: Borba (1998).

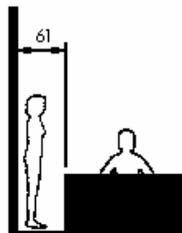


Figura 2.6: Passagem eventual entre parede e móvel baixo.

Fonte: Borba (1998).

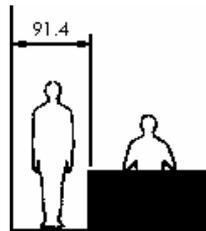


Figura 2.7: Circulação entre parede e móvel baixo para uma pessoa.

Fonte: Borba (1998).

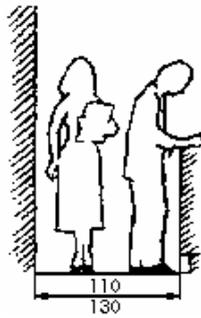


Figura 2.8: Circulação entre parede e móvel baixo para duas pessoas.

Fonte: Borba (1998).



Figura 2.9: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem esporádica.

Fonte: Borba (1998).

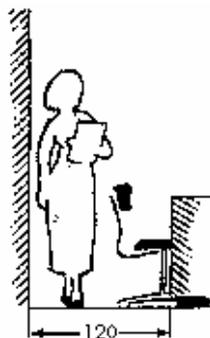


Figura 2.10: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem habitual.

Fonte: Borba (1998).

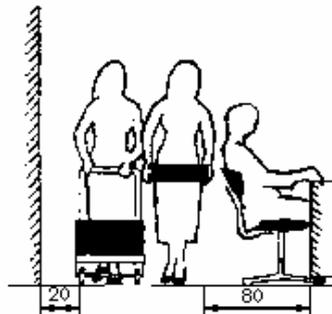


Figura 2.11: Circulação para pessoa sentada à mesa e passagem com carga.

Fonte: Borba (1998).

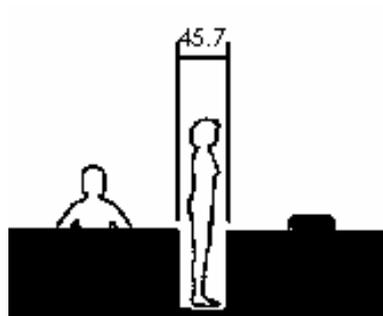


Figura 2.12: Passagem esporádica entre móveis baixos.

Fonte: Borba (1998).

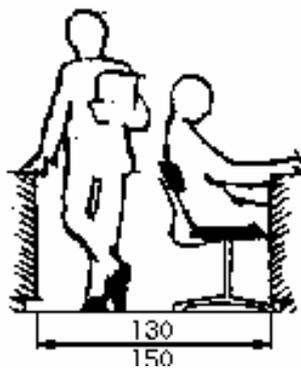


Figura 2.13: Passagem habitual entre móvel baixo e mesa.

Fonte: Borba (1998).

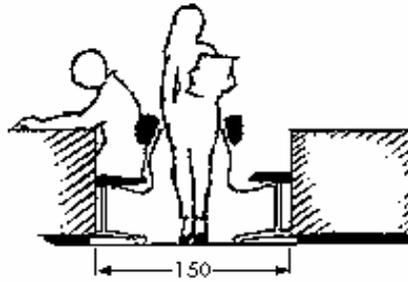


Figura 2.14: Passagem esporádica entre mesas com cadeira.

Fonte: Borba (1998).

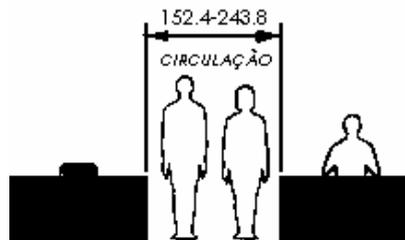


Figura 2.15: Circulação habitual para duas pessoas entre móveis baixos.

Fonte: Borba (1998).

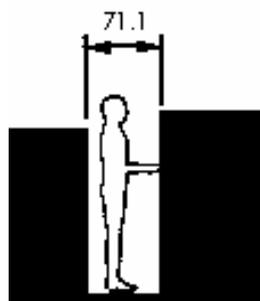


Figura 2.16: Circulação entre dois armários.

Fonte: Borba (1998).

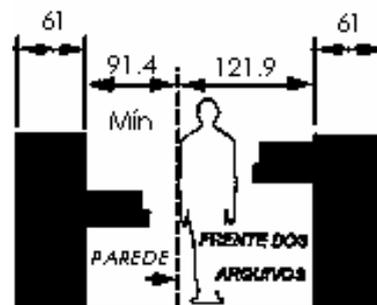


Figura 2.17: Circulação próxima a arquivo e parede.

Fonte: Borba (1998).

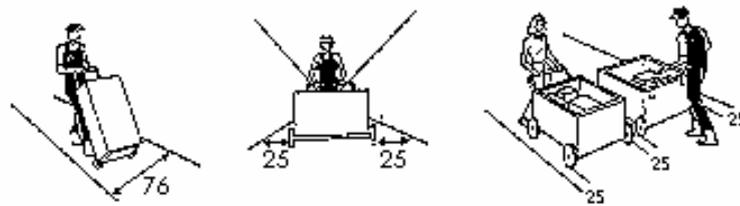


Figura 2.18: Circulação com Cargas.

Fonte: Borba (1998).

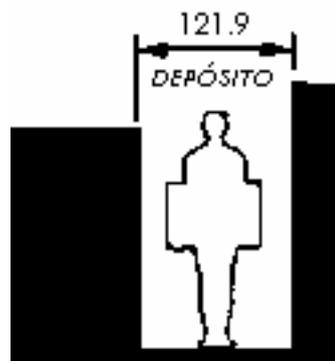


Figura 2.19: Circulação com cargas.

Fonte: Borba (1998).

Borba (1998) apresenta também algumas Regras básicas de ergonomia para concepção do arranjo físico:

- a) Prever espaços mínimos compatíveis com as necessidades das pessoas, segundo o tipo de serviço;
- b) Evitar grandes distâncias entre as pessoas, mesmo que exista espaço sobrando;
- c) Reduzir ao mínimo a movimentação das pessoas;
- d) Ajustar ao máximo o posicionamento das pessoas de acordo com o seu grau de interdependência no trabalho. Especialmente importante é avaliar a necessidade de comunicação entre as diversas operações de modo a situar as operações em posição de máxima facilidade;
- e) A área de trabalho deve ser organizada de tal forma que o produto tenha um fluxo crescente ao longo da mesma, em uma direção, evitando-se ao máximo o retorno do mesmo no contra fluxo;
- f) Tomar todos os cuidados para evitar que o corpo humano atinja partes de máquinas ao se movimentar, ou que partes móveis de máquinas atinjam o ser humano ao se movimentarem;
- g) Garantir que o trabalho intelectual seja feito longe de ruas movimentadas e de máquinas produtoras de ruído;
- h) Posicionar os postos de trabalho com alto empenho visual mais próximo da luz natural;
- i) Estudar a posição do sol e sua variação ao longo do dia, de tal forma que a luz direta não atinja nenhum posto de trabalho;

- j) Manter sempre as áreas industriais bem demarcadas, de forma a preservar a organização e respeitar os limites estabelecidos;
- l) Situar a mesa da supervisão em posição tal que os subordinados possam ver o supervisor.

2.5 Metodologias de desenvolvimento de arranjo físico baseado no processo produtivo

Segundo Valle (1975), Muther (1978), existem alguns métodos muito utilizados para o desenvolvimento do projeto de arranjo físico, dentre eles, alguns são mais relevantes, dos quais comentaremos a seguir:

2.5.1 Método dos elos:

O Método dos Elos baseia-se na determinação de todas as inter-relações possíveis entre as várias unidades que compõem o arranjo físico, de forma a se estabelecer um critério de prioridade na localização dessas unidades.

O método parte da premissa que merecem prioridade na localização, as unidades que estarão sujeitas a um maior fluxo de transporte.

É definido como Elo, o percurso de movimentação que liga duas unidades. Assim, o elo AB é o percurso que liga a unidade A á unidade B.

Procedimento:

- a) Determinar para cada produto (ou serviço) a seqüência de operação e quantidade de transporte (volume de produção e capacidade do veículo), área necessária para cada unidade de trabalho (bancada, máquina, etc...); definir para cada produto a seqüência de operação;

- b) Determinar o fluxo do transporte, sendo que o fluxo de transporte representa o número total de transportes entre as unidades.
- c) Elaborar o Quadro dos Elos. Nesse quadro faremos constar, na interseção de cada linha com cada coluna, o número de elos existentes em ambos os sentidos entre as unidades do arranjo físico. A soma dos elos que ligam cada unidade às demais nos dá a maior e a menor importância de cada unidade nos ciclos de fabricação dos produtos.

A unidade que tiver o maior número de elos deve ser localizada na posição central, cercada pelas demais unidades. Sempre deve-se procurar levar em consideração os fluxos dos produtos para evitar retornos desnecessários.

2.5.2 Método dos torques:

Baseia-se na formação de uma matriz: nas colunas vão os destinos e nas linhas a origem dos materiais. Esses pontos são geralmente postos de trabalho, equipamentos ou mesmo grandes seções inteiras (unidades de instalação).

Construímos então uma matriz, obedecendo nas linhas e colunas a seqüência de fabricação dos produtos, aproximadamente.

Esse quadro (matriz) é denominado diagrama de transportes. Do ponto de vista matemático, é uma matriz de n elementos X_{ij} , sendo n o número de unidades de instalação.

O diagrama tanto pode mostrar a seqüência quanto o número de toneladas, estrados, etc. Observando as origens e destinos, fica claro se as indicações vão acima ou abaixo da diagonal.

Para melhor se desenvolver esse método, deve-se seguir a seguinte seqüência de ações:

- a) Determinar para cada produto (ou serviço) a seqüência de operação e quantidade de transporte;
- b) Determinar os fatores de importância para cada produto ou transporte (se houver);
- c) Calcular o volume corrigir (quantidade de transporte x fator de importância) para cada transporte;
- d) Determinar as distâncias dos transportes (medida do centro da unidade origem para o centro do corredor, do centro do corredor até o centro da unidade destino);
- e) Calcular as distâncias de transportes corrigidos (distâncias do transporte x fator de fluxo contrário);
- f) Determinar o “torque” do layout. O torque é o somatório dos produtos do volume corrigido pela distância de transporte corrigida;
- g) Fazer as alterações no layout de modo a diminuir o Torque. Refazer os cálculos (calcular a distância corrigida do layout proposto e o torque).

O melhor layout é aquele que apresenta o menor torque.

2.5.3 Método das seqüências fictícias

O método das seqüências fictícias consiste em determinar entre as várias seqüências de operações, compreendendo diferentes produtos, a mais geral. Essa seqüência, na maioria das vezes assumirá caráter fictício, pois dificilmente será inteiramente seguida por determinado produto, pois em cada caso, apenas a operações requeridas pelo produto serão executadas.

2.5.4 Diagrama de blocos

Segundo Menegon (1998) e Camarotto (2004), no caso mais simples, teremos um único produto e obviamente o fluxo de produção deste irá orientar a alocação dos recursos na fábrica. Se trata de uma ferramenta muito útil, pois possibilita uma visão detalhada do caminho que cada produto ou família de produtos percorre durante o processo produtivo, logo, desvios e/ou retornos podem ser antecipados e as respectivas correções efetuadas no projeto.

2.5.5 Método da tecnologia de grupo

Segundo Menegon (1998) e Camarotto (2004), outra forma de se estabelecer o arranjo dos recursos é adotar uma estratégia de famílias de produtos de acordo com a sua similaridade de processo produtivo. Este é o caso da tecnologia de grupo.

Usa-se quando no arranjo celular objetiva-se agrupar os itens do mix em famílias. O método aplica-se quando o mix é composto de muitos produtos com uma grande diversidade de processos produtivos

2.5.6 Carta de ligações preferenciais

Segundo Menegon (1998) e Camarotto (2004), dentro de uma unidade industrial existirá um conjunto de atividades de suporte que irão interagir com os processos produtivos.

A determinação do posicionamento destas atividades dentro das instalações irá depender, sobretudo do tipo de indústria, da estratégia mais geral e da organização da produção.

A técnica utilizada para definir o posicionamento relativo destas atividades no interior de uma unidade industrial é a Carta (ou Matriz) de Ligações Preferenciais.

A partir da carta, pode-se chegar ao esquema de relação de atividades e posteriormente a relação de áreas.

Os critérios usados para definir os relacionamentos dos pares de atividades são definidos de acordo com o tipo de objetivo e grau de precisão desejado. Os mais comuns são as Ligações e relações entre as atividades/setores:

- a) Preferenciais (1), Desejadas (2), Sem relações (3), Indesejadas (X).

- b) Adjacentes (1), Sobrepostas (2), Próximas (3), Distantes (4), Livres(X).

- c) Absolutamente necessário (A), Muito Importante (E), Importante (I), Pouco Importante (O), Desprezível (U), Indesejável(X).

A Figura 2.20 exemplifica esta matriz, num caso de uma indústria de processamento de madeira, no entanto esse exemplo serve como base para a maioria das aplicações desse método.

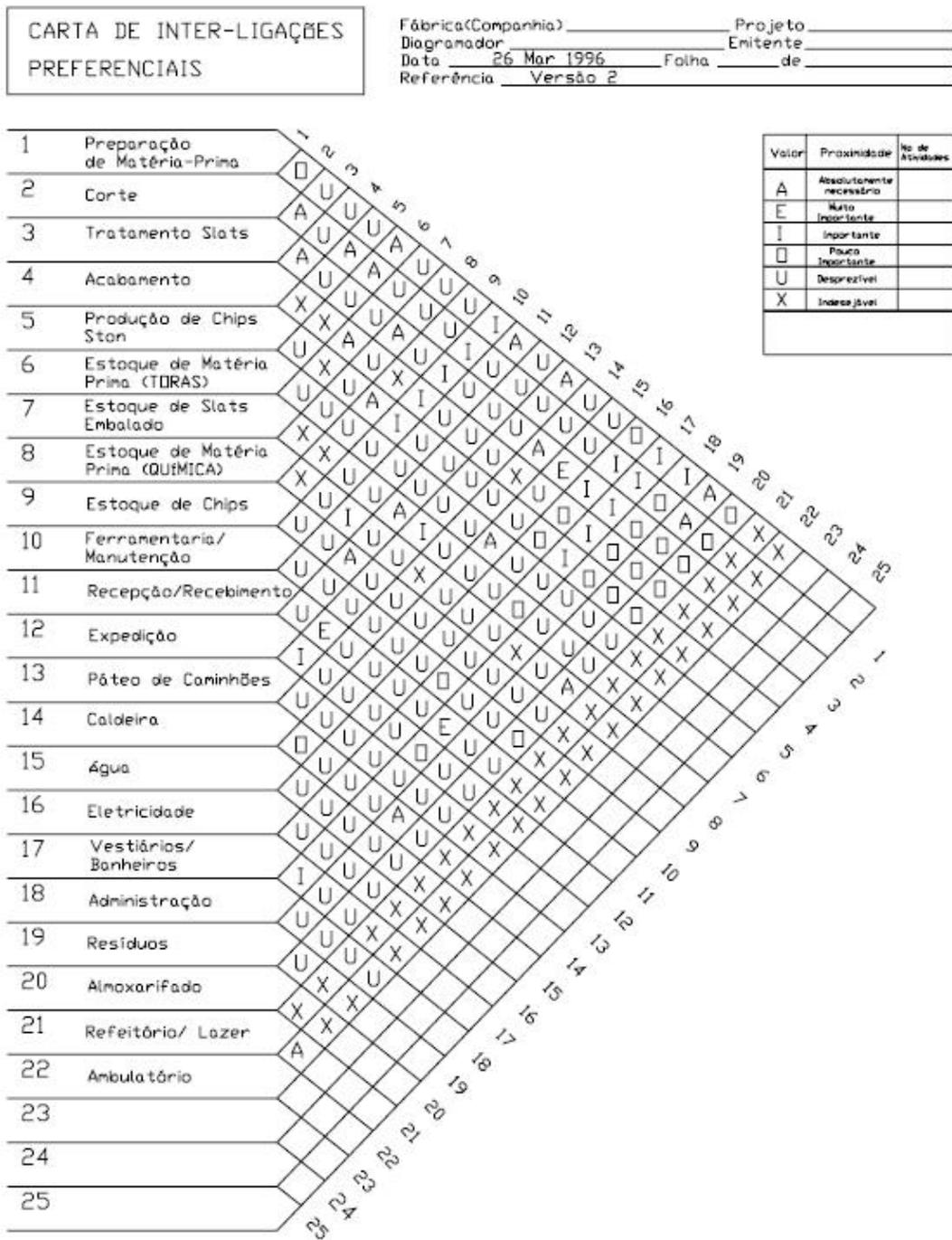


Figura 2.20: Exemplo de carta de relações preferenciais

Fonte: Menegon (1998) e Camarotto (2004).

No exemplo apresentado da matriz, as linhas representam as diversas atividades, as diagonais estabelecem os tipos de relacionamentos. Os critérios são: A (absolutamente necessário); E (Muito Importante); I (Importante); O (Pouco Importante); U (Desprezível); e, X (Indesejável).

2.5.7 Sistema SLP

Segundo Muther (1978) o sistema SLP (Sistematic Layout Planning) pode ser considerado como uma sistematização de projetos de arranjo físico. O mesmo consiste de uma estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento.

O sistema SLP descreve alguns itens que seriam a base para o planejamento do layout, estes seguem abaixo:

- a) P - produto (material);
- b) Q - quantidade (volume);
- c) R - roteiro (seqüência do roteiro de fabricação);
- d) S - serviços de suporte;
- e) T - tempo.

Ainda segundo Muther (1978), Todo arranjo físico se baseia em três conceitos fundamentais:

- a) Inter-relações – grau relativo de proximidade entre as atividades;
- b) Espaço – quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens posicionados;

- c) Ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Muther (1978) usou como base de seu método a priorização dos fluxos de materiais entre os diversos setores da empresa, tentando obter a melhor seqüência de movimentação de materiais, permitindo que este se movimente progressivamente, sem retornos, sem desvios, sem cruzamentos.

Muther apresenta oito passos para o desenvolvimento do layout através do SLP:

- a) Levantamento do fluxo de processos e das quantidades transportadas entre setores produtivos, serviços de suporte, etc.;
- b) Elaboração do diagrama DE – PARA, baseado no fluxo de materiais obtido no item (a), mostra as quantidades movimentadas entre setores. A quantidade colocada em cada célula do diagrama DE – PARA, como apresentado na Figura 2.21, deve ser aquela que melhor reflete o fluxo de materiais entre os dois setores.

De\para	Cortar 1	Entalhar 2	Estirar 3	Furar 4	Dobrar 5	Aplainar 6
Cortar 1	-	abc 3	-	ef 2	-	-
Entalhar 2	-		bd 2	ac 2	-	-
Estirar 3	-	-	-	-	bdef 4	c 1
Furar 4	-	-	cef 3	-	A 1	-
Dobrar 5	-	-	-	-	-	bde 3
Aplainar 6	-	-	-	-	-	-

Figura 2.21: Diagrama DE-PARA.
Fonte: Muther (1978).

- c) Diagrama da intensidade de fluxo – a análise de fluxo é feita para coordenar as inter-relações entre operações ou atividades.

O diagrama de intensidade de fluxo representado na Figura 2.22, auxilia a visualização das intensidades de fluxo mais importantes e possibilita sua classificação, seguindo uma ordem de prioridade. A classificação de conveniência:

a - Absolutamente necessário; e - Especialmente importante; i - Importante; o - Pouco importante.

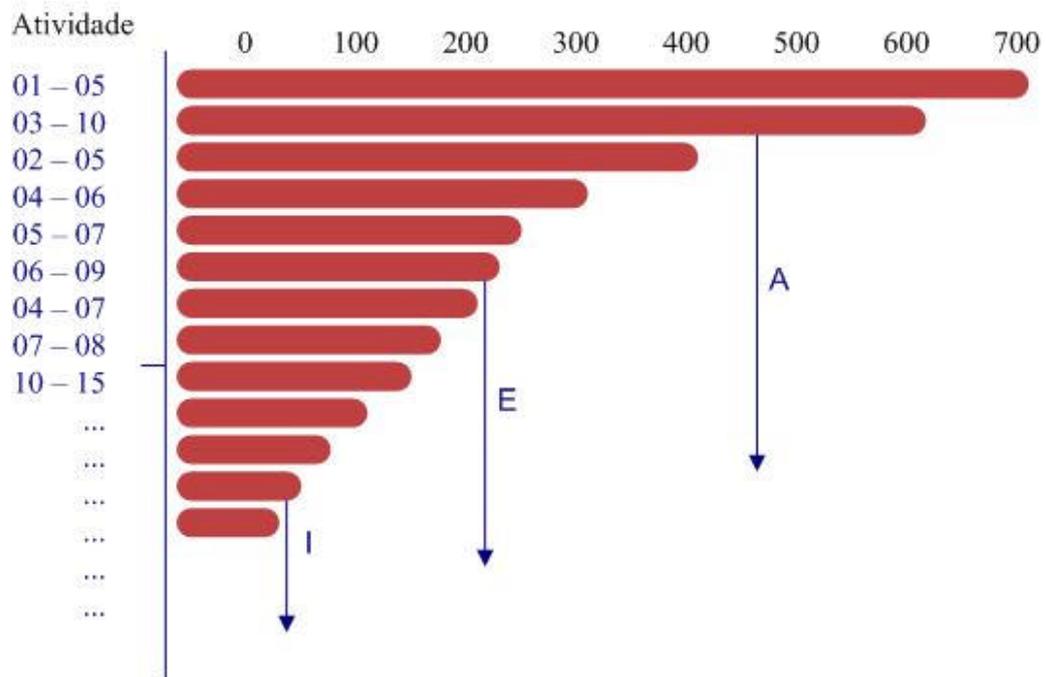


Figura 2.22: Intensidade do fluxo de materiais.

Fonte: Muther (1978).

- d) Carta de interligações preferenciais – é uma matriz triangular em que se representa o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre uma certa atividade;
- e) Diagrama de Inter-relações – resulta da combinação dos itens c e d, e nele visualizam-se as intensidades de fluxo, conforme mostra a Figura 2.23.

Classificação	Nº de linhas	Descrição
A	4	Absolutamente Necessário
E	3	Muito Importante
I	2	Importante
O	1	Pouco Importante
U	-	Despresível
X	∧∧∧∧∧	Indesejável
XX	∧∧∧∧∧ ∧∧∧∧∧	Extremamente Indesejável

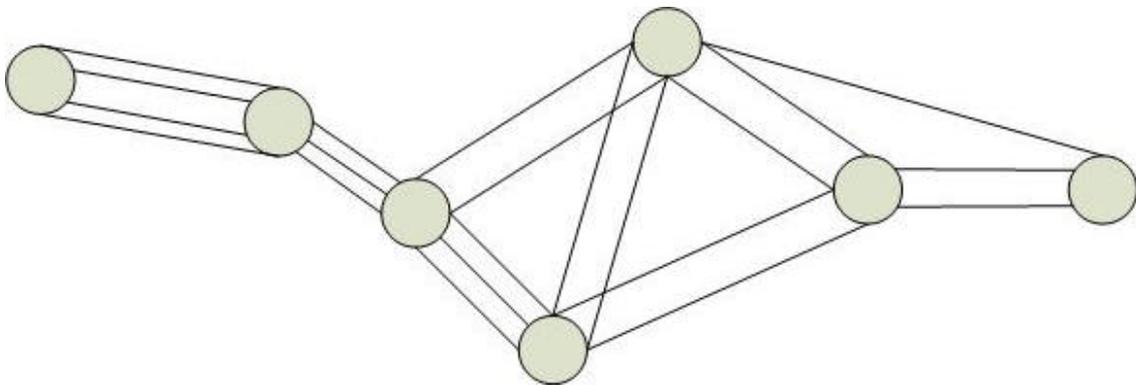


Figura 2.23: Diagrama de inter-relações

Fonte: Muther (1978).

- f) Cálculo de necessidades de espaço – o tamanho das máquinas existentes a serem adquiridas é que vai determinar a necessidade do espaço. Softwares específicos auxiliarão o projetista no planejamento do arranjo físico em um vídeo. Modelos tridimensionais para novos processos, de fácil visualização;
- g) Diagrama de inter-relações entre espaços – a superposição das áreas necessárias para cada atividade sobre o diagrama de inter-relações resulta no diagrama de inter-relações entre espaços. Adaptação do espaço do diagrama:
- i) Ajustar os espaços levando em conta somente o diagrama de fluxo;
 - ii) Ajustar os espaços levando em conta somente o diagrama de inter-relações;

- iii) Ajustar os espaços levando em conta um diagrama combinado de inter-relações de fluxo e outras atividades.

- f) Elaboração – seleção das alternativas – existem diversas maneiras de arranjar-se as áreas calculadas em função de sua conveniência de proximidade entre os setores envolvidos. É bom elaborar diversas alternativas para que se possa escolher qual a melhor entre elas. O problema agora é determinar qual das alternativas será a escolhida (plano x, y, z = 3 alternativas).

O ciclo final do sistema se completa quando o layout (arranjo físico) recebe aprovação. Ao alcançar-se este ponto pode-se iniciar a fase de planejamento detalhado do projeto (idem arranjo físico geral).

3. ESTUDO DE CASO

3.1 A Empresa

A empresa que serviu referência para este estudo de caso é a Cadeiras S.A. (nome fictício), uma empresa que atua no ramo de cadeiras de escritório e escolares, a planta da fábrica se situa em Sarandi no interior do estado do Paraná, todos os dados utilizados foram coletados no local sempre contando com o apoio da diretoria da empresa.

A Quantidade de dados coletados foi bastante significativa, o que proporcionou um bom ponto de partida para esse trabalho.

3.2 Materiais e Métodos

A metodologia empregada para estudo, elaboração e implantação de re-arranjo físico, da empresa Cadeiras S.A., compreendeu revisão bibliográfica, observação direta e coleta de dados no local, ajustes através de ferramentas computacionais com o programa auto-cad.

Considerou-se o mix de produtos e a tecnologia de produção, definindo-se famílias de produtos com processos semelhantes.

Passou-se então para a construção dos templates dos centros de produção, que tem por objetivo a obtenções de representações das demandas espaciais dos mesmos. Essa etapa foi considerada fundamental, uma vez que dela depende a qualidade final do projeto em termos de ocupação de espaços bem como as boas condições de trabalho e de gestão de operações que irão ocorrer.

Na fase de elaboração de novas propostas de re-arranjo do layout foram analisadas diferentes possibilidades de estratégias de produção, usando para isso vários métodos para desenvolvimento do layout e seus respectivos diagramas de blocos, para assim, com base no conceito da mínima distância de movimentação de materiais, questões de obediência de fluxo, e de conveniências de projeto escolher o mais apropriado e agrupar áreas produtivas e não produtivas.

Por fim apresentou-se o detalhamento do layout que envolve a especificação de todos os elementos que irão contribuir para o funcionamento da unidade industrial.

3.3 Identificação dos Problemas Enfrentados Pela: Cadeiras S.A.

Inicialmente o layout apresentava-se de forma desordenada, a Figura 3.1 apresenta o layout quando do início dos trabalhos.

A legenda respectiva aos templates usados nas representações a seguir está detalhada na Tabela 3.1

Tabela 3.1: Legenda das cores e sua áreas correspondentes nos templates.

Cor	Área correspondente
Amarelo	Acessos
Cinza	Equipamentos e Dispositivos
Verde	Manutenção
Vermelho	Matéria Prima
Verde-oliva	Operadores
Azul	Processo
Magenta	Segurança
Ciano	Serviços

Com o uso desse layout, observou-se que o fluxo de materiais e pessoas se apresentava de forma demasiadamente confusa, como se pode observar no diagrama de blocos apresentado a seguir na Figura 3.2.

Tendo como escopo tais problemas, iniciou-se o desenvolvimento do projeto.

3.4 Mix de Produção e Tecnologia

O mix de produtos da Cadeiras S.A. compreende produtos de uso em escritórios e também uso escolar, para essa trabalho os produtos foram agrupados e 6 (seis) famílias, com base na semelhança dos processos de produção dos mesmo. Os códigos das cadeiras agrupadas em cada família encontram-se detalhados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Relação de produtos agrupados a cada família

Família de cadeiras 01	
3106 - S 3106 - T 3106 - 4 3108 - S 3104 - T 3104 - 4	4108 - S 4108 - 4 3108 - 4 2104 - S 4104 - T 4104 - 4
Família de cadeiras 02	
3104 - PA3 4104 - PA3 3104 - PA2M 4104 - PA2M	3106 - PA2M 3106 - PA3 3106 - PA4
Família de cadeiras 03	
3105 - D-BK 3105 - R-BK 3105 - C-BK 3105 - C 3107 - C	4107 - C 4107 - CX 3107 - D 4107 - D 3107 - CX
Família de cadeiras 04	
3101 3102 2101	4101 4102 2102
Família de escolares 05	
514 513 515 407 - I 512 517 501 508	510 504 505 506 511 502 503 507 508
Família de escolares 06	
404 - U 516 416 - A 416 - R 403 - PA1 405	404 403 408 403 - PA3 411 402

3.4.1 Fluxograma de processos

Definiu-se o fluxo de produção para cada família separadamente, os fluxos de produção de todas as famílias estão contidos no anexo A

3.5 Templates dos Centros Produtivos

Pode-se definir template como uma representação gráfica do centro de produção, ou seja, um arranjo no plano ou no espaço, do equipamento e demais operações necessárias à uma determinada atividade produtiva. Nesta fase do desenvolvimento do projeto, um template é tratado de forma independente.

O arranjo dos diversos templates, levando-se em consideração seus inter-relacionamentos, compartilhamento de áreas comuns, necessidades de corredores para deslocamentos, entrada e saída de pessoas ou equipamentos e produtos em processos entre os centros produtivos gera o block layout, que pode ser considerado um modelo inicial do layout final a ser proposto.

Os desenhos de todos os centros produtivos estão apresentados no Anexo B.

3.5.1 Caracterização dos centros produtivos

Um centro de produção é uma unidade de funcionamento independente da fábrica que colabora diretamente para a transformação de qualquer matéria prima em produto acabado. Para o desenvolvimento dos templates da Cadeiras S.A. se atentou para o fato desses templates levarem em conta as seguintes entidades:

- a) Equipamentos: é a projeção ortogonal do equipamento sobre o plano horizontal;
- b) Operador: é a área necessária para o operador realizar a operação. Os operadores trabalham tanto em pé, como sentados na operação das máquinas corte, solda, dentre outras;

- c) Manutenção: é a área para a realização de serviços de manutenção preventiva e corretiva. Considerou-se os diferentes pontos que podem ocorrer serviços de manutenção e os espaços necessários para a remoção de componentes do equipamento;
- d) Processo: são todas as áreas indispensáveis para que se possa executar perfeitamente, e sem limitações as operações de processamento. Considerou-se os espaços para alimentação e descarga das máquinas, deslocamentos de partes móveis, instalação e retirada de dispositivos e áreas para preparação do equipamento;
- e) Refugos: é a área considerada para as sobras de tecidos decorrentes do processo produtivo. Foi considerado o volume de tecido e sua frequência;
- f) Movimentação e Transporte: área necessária para que as empilhadeiras e os carrinhos-de-mão acessem o centro de produção. Considerou-se a carga e descarga e as operações de manobra;
- g) Serviços: área destinada aos serviços que atendam ao centro de produção. Foi considerado serviços de água, ventilação, e energia elétrica fornecida por barramento aéreo;
- h) Acesso: área interna para o operador e outras pessoas acessarem o centro de produção, permitindo a livre movimentação com segurança e rapidez. Operador com acesso às laterais esquerda e direita;
- i) Dispositivos Legais: área necessária para o atendimento das recomendações legais considerando o conforto e segurança.

A Tabela 3.3 apresenta as áreas reais que cada centro produtivo ocupa, incluindo todas as áreas necessárias para o bom desenvolvimento das tarefas.

Tabela 3.3: Centros produtivos e suas respectivas áreas

EQUIPAMENTO	ÁREA (m ²)
Furadeira de bancada	15,17
Furadeira de coluna	14,61
Prensa excêntrica 15Tn	23,47
Serra	27,42
Prensa excêntrica 25Tn	32,60
Esmeril	10,33
Dobradeiras	53,41
Prensa/dobra	15,50
limpeza	21,24
Estoque de material acabado	56,74
Solda	25,00
Pintura e secagem	73,48
Estoque de matéria prima (metalúrgica)	43,88
Estoque de matéria prima (tapeçaria)	51,49
Corte de tecido	42,83
Costura	22,15
Furo e colocação de rosca na chapa	31,02
Montagem da tapeçaria	31,85
Posto padrão da tapeçaria	9,00

3.6 Construção do Layout

Para a definição do posicionamento dos componentes, foram utilizados alguns métodos para avaliação das estratégias de produção – arranjo físico por processo e celular – estratégias essas condizentes com o mix de produtos e o tipo de processo considerado em nosso estudo de caso.

3.6.1 Método das seqüências fictícias

O método da seqüência fictícia se baseia numa produção em linha, na qual os produtos seguem uma seqüência de máquinas e operações pré-determinadas.

Todo o desenvolvimento e conclusões relacionadas a esse método encontram-se no Anexo C.

3.6.2 Método da tecnologia de grupo

Tecnologia de grupo é uma estratégia de fabricação na qual peças similares são identificadas e agrupadas para que essas semelhanças possam se tornar uma vantagem em projeto de fabricação.

O arranjo físico em grupos ou em células facilita o fluxo de materiais e homens, no caso em questão, não se fez necessário o desenvolvimento da tecnologia de grupo, pois já se tinha bem caracterizado duas células de produção que por questões de segurança contra incêndio e também por limitações estruturais do barracão da empresa. Outro fator que limita o uso do arranjo físico celular no respectivo caso, pois os equipamentos não se encontram em quantidade suficiente para tal fim.

3.6.3 Método dos elos

O método dos elos é uma técnica de estudo de layout, em que os principais pares de postos de trabalho envolvidos no processo são identificados e os mais solicitados são alocados nas posições centrais.

A seqüência de procedimento usado no método dos elos foi a seguinte:

- a) Identificou-se os tipos de processamento, definindo os postos de trabalho e as respectivas médias, por processo de trabalho, no tempo estudado;
- b) Definiu-se a seqüência dos postos de trabalho;
- c) Elaborou-se o quadro das solicitações.

Buscou-se agregar aos relacionamentos variáveis, de tal modo que foram indicados e quantificados os esforços envolvidos no processo produtivo.

Todos os procedimentos realizados nessa técnica também estão descritos no Anexo C

3.6.4 Diagrama de blocos

Após a fundamentação de alguns arranjos físicos possíveis, através das técnicas já apresentadas, fez-se necessária a visualização destes arranjos em forma de diagramas para se tomar decisões sobre o melhor posicionamento dos centros produtivos. Os diagramas foram construídos com blocos representativos das diferentes áreas presentes para cada estratégia.

A Figura 3.3 é uma representação do diagrama de blocos desenvolvido a partir de cálculos segundo o método das seqüências fictícias, juntamente com a legenda, que traz a informação de que cada cor corresponde ao fluxo de produção de uma família de produtos.

A Figura 3.4 é uma representação do diagrama de blocos desenvolvido a partir de cálculos segundo o método dos elos, juntamente com a legenda, que traz a informação de que cada cor corresponde ao fluxo de produção de uma família de produtos.

3.6.5 Concepção das propostas de layout apresentadas

Observou-se um melhor fluxo de pessoas e materiais na aplicação do método das seqüências fictícias quando comparado com o método dos elos.

Contudo, devido á limitações encontradas, sejam elas relacionadas ao espaço físico, ou ainda por limitações de recursos disponíveis para implantação das mudanças, fizeram-se necessárias algumas modificações no layout obtido através do método das seqüências fictícias.

Um fator importante que influenciou no processo de modificação do layout obtido através do método das seqüências fictícias, foi a análise feita através do método dos momentos ou torques, apresentado em detalhes no Anexo C.

Foram desenvolvidas 02 (duas) propostas distintas para serem analisadas em conjunto com o pessoal da diretoria da empresa, para aprovação dos mesmos.

A Figura 3.5 apresenta a primeira proposta apresentada, que traz algumas alterações na estrutura do barracão atual, tais como, aumento de uma sala para o presidente da empresa, mudanças da localização de algumas portas e também de algumas instalações elétricas e de ar comprimido.



Figura 3.5: Representação gráfica da proposta 01 de re-layout da Cadeiras S.A

A partir dessa proposta desenvolveu-se um diagrama de blocos para se analisar os fluxos existentes a partir dessa proposta e também compará-los com outras propostas.

A Figura 3.6 traz o diagrama de blocos desenvolvido a partir da proposta 01 de layout final.

A Figura 3.7 apresenta a segunda proposta apresentada, que traz menos alterações na estrutura do barracão atual, a única alteração proposta é o aumento de uma sala para a gerência, não havendo nenhuma alteração nas instalações elétricas ou de ar comprimido da empresa.



Figura 3.7: Representação gráfica da proposta 02 de re-layout da Cadeiras S.A.

A partir dessa proposta desenvolveu-se um diagrama de blocos para se analisar os fluxos existentes a partir dessa proposta e também compará-los com outras propostas.

A Figura 3.8 traz o diagrama de blocos desenvolvido a partir da proposta 02 de layout final.

Desenvolvidas as propostas do layout passou-se para a fase de análise das mesmas, onde se tomou como premissa o conceito da mínima distância a ser percorrida no processo produtivo, através dos recursos da ferramenta CAD, obteve-se as distâncias percorridas por cada família de produtos e seus respectivos percentuais de melhoria, todos os dados encontram-se detalhados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Distâncias percorridas pelo produto no decorrer do processo produtivo

	Layout Inicial	Proposta de Layout 01		Proposta de Layout 02	
Família de Produtos	Distância Percorrida	Dist. Percorrida	% de melhoria	Dist. Percorrida	% de melhoria
Família 01	218,61 m	151,78 m	30,57%	166,67 m	23,76%
Família 02	189,93 m	91,16 m	52,00%	99,58 m	47,57%
Família 03	61,16 m	57,62 m	5,79%	52,31 m	14,47%
Família 04	61,16 m	57,62 m	9,42%	52,31 m	14,47%
Família 05	202,26 m	123,14 m	39,12%	139,94 m	30,81%
Família 06	218,61 m	151,78 m	30,57%	166,67 m	23,76%
Total	951,73 m	633,10 m	33,48%	677,48 m	28,82%

4. CONCLUSÃO

Apesar da proposta 01 (um) apresentar um percentual de melhoria superior, a proposta aprovada pela diretoria da empresa foi a proposta 02 (dois). Essa decisão foi tomada em conjunto, entre o projetista e alta direção da empresa, alguns fatores dos quais influenciaram na decisão de se adotar essa proposta encontram-se explicados abaixo:

- a) Menos modificações na estrutura do prédio, por ser o mesmo alugado.
- b) Existem planos dos proprietários da empresa em construir um barracão próprio num prazo relativamente curto, daí a idéia de se mexer o mínimo possível agora na estrutura do barracão.
- c) Nessa proposta há um espaço maior para circulação de materiais e pessoas, e também para estoques de produtos acabados que eventualmente precisam ser estocados por um curto período de tempo, tendo em vista a extensão muito limitada do barracão da empresa.
- d) Com a implantação das melhorias da proposta 02, iriam diminuir em aproximadamente 28,82% a movimentação de materiais e pessoas total dentro do processo produtivo, o que pode se considerar uma redução excelente em termos de diminuição de movimentação.

A proposta apresentada foi implantada no mês de Julho, e muitos benefícios já foram obtidos.

Além das vantagens mensuráveis já apresentadas, existem ainda vantagens não mensuráveis, como por exemplo, o aumento no moral dos funcionários, devido ao ambiente de trabalho mais claro e melhor organizado.

Esse e outros fatores ditos não mensuráveis puderam ser contatados em entrevistas feitas com funcionários tanto do chão de fábrica como do setor administrativo, após a implantação das melhorias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORBA, M. 1998. Apostila de Arranjo Físico. Florianópolis. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

KONZ, S; 1985. Facility Design. New York: John Wiley & Sons.

MENEGON, N.L.; CAMAROTO, J. A; 2004. Apostila de Projeto de Instalações Industriais. São Carlos. Departamento de Engenharia de produção, Universidade Federal de São Carlos.

OLIVÉRIO, J. L; 1985. Produtos, Processos e Instalações Industriais. São Bernardo do Campo: Ivan Rossi Editora.

SLACK, N. et al; 1997. Administração da Produção. São Paulo: Ed. Atlas.

MUTHER, R; 1978. Planejamento do layout: Sistema SLP. Vários Tradutores. São Paulo: Edgard Blucher.

TOMPKINS, J. A; WHITE, J.A; 1984. Facilities Planning. New York: John Wiley & Sons.

TORRES I.; 2001. Integração de Ferramentas Computacionais Aplicadas ao Projeto e Desenvolvimento de Arranjo Físico de Instalações Industriais. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

VALLE, C. E; 1975. Implantação de Indústrias. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos.

6. BIBLIOGRAFIA

BORBA, M. 1998. Apostila de Arranjo Físico. Florianópolis. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

DALMAS V.; 2004. Avaliação de um Layout Celular Implementado: Um Estudo de caso Em uma Indústria de Auto Peças. Porto Alegre – RS.

GENARO, T.F.; CALDEIRA, M. A. C.; 2003. Estudo do Layout em uma Indústria Eletro-Mecânica. Bauru – SP.

GÓES, M. L.; 2001. Proposta de um Novo Layout Para o Setor de Estamparia de uma Empresa de Autopeças. Itajubá – MG.

KONZ, S; 1985. Facility Design. New York: John Wiley & Sons.

MARTINS, P. G; 1998. Administração da produção. 1ª ed. São Paulo – SP: Editora Saraiva.

MENEGON, N.L.; CAMAROTO, J. A; 2004. Apostila de Projeto de Instalações Industriais. São Carlos. Departamento de Engenharia de produção, Universidade Federal de São Carlos.

MOREIRA, D. A; 1998. Introdução á administração da produção e operações. São Paulo – SP: Editora Pioneira.

MÜLLER, M. S.; 1999. Normas e Padrões para Tese, Dissertações e Monografias. 2ª ed. Londrina – PR: UEL.

NUNES, A. L. R.; 2000. Manual da Monografia: Como se faz uma Monografia, uma Dissertação, uma Tese. 1ª ed. São Paulo – SP: Editora Saraiva.

OLIVÉRIO, J. L.; 1985. Produtos, Processos e Instalações Industriais. São Bernardo do Campo: Ivan Rossi Editora.

SILVA A. R.; 2003. Análise da implantação do Sistema de Times Integrados de uma Manufatura em uma Empresa Automobilística. Taubaté – SP.

SLACK, N. et al; 1997. Administração da Produção. São Paulo: Ed. Atlas.

TOMPKINS, J. A; WHITE, J.A; 1984. Facilities Planning. New York: John Wiley & Sons.

TORRES I.; 2001. Integração de Ferramentas Computacionais Aplicadas ao Projeto e Desenvolvimento de Arranjo Físico de Instalações Industriais. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

VALLE, C. E; 1975. Implantação de Indústrias. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos.

7. ANEXO A: Fluxograma de Processos

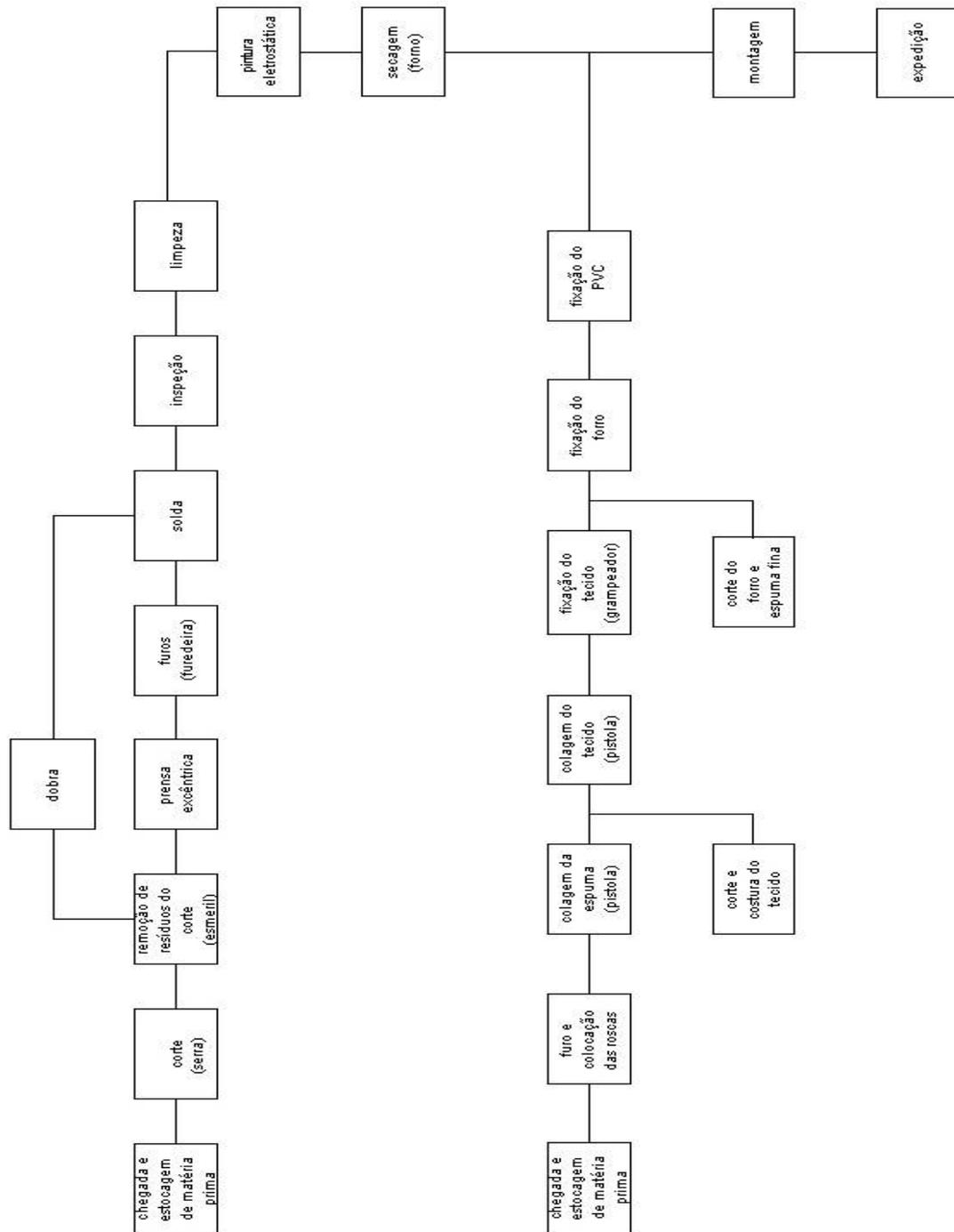


Figura 7.1: Fluxograma de processos – Família de produtos 01

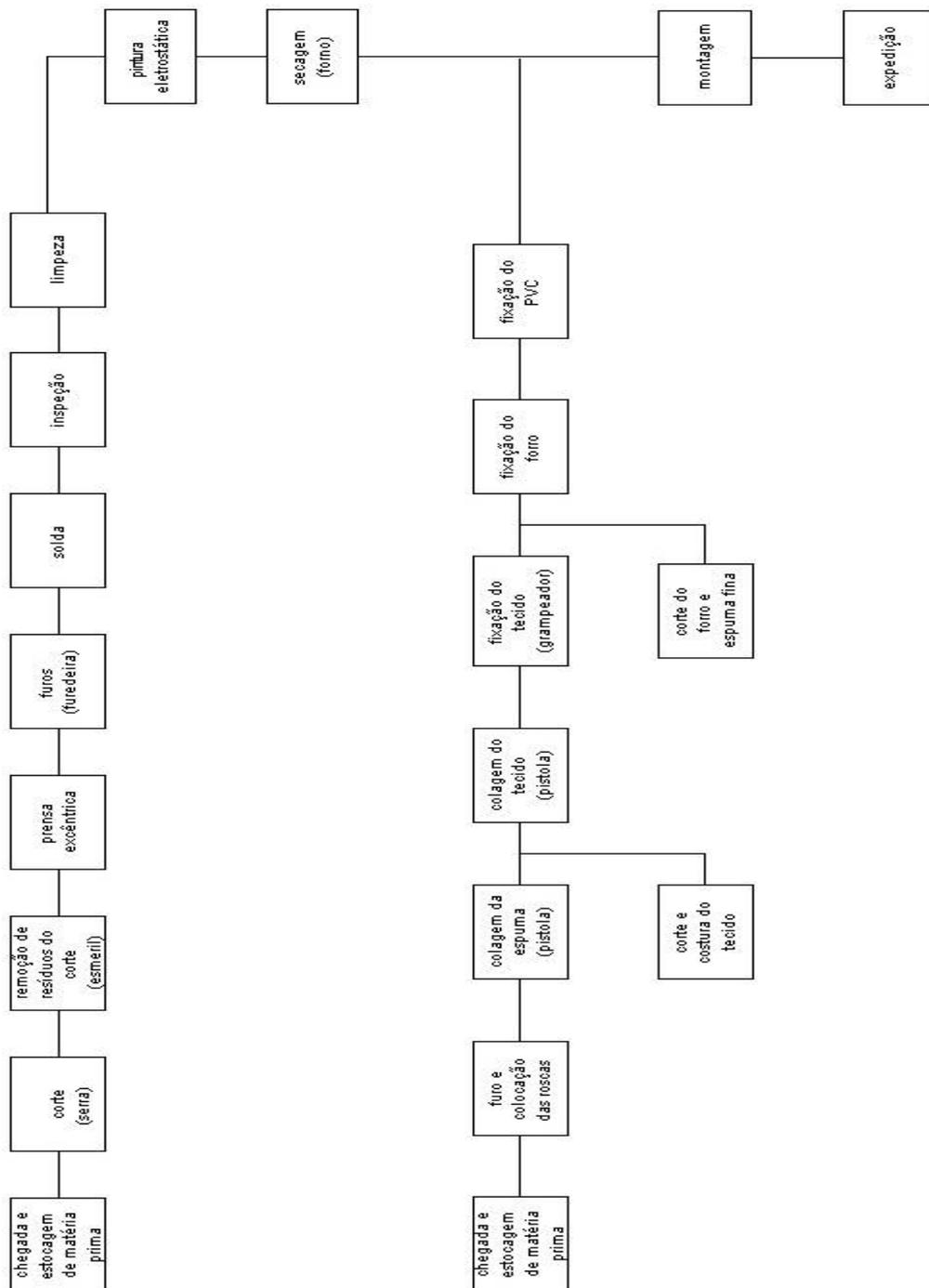


Figura 7.2: Fluxograma de processo – Família de produtos 02

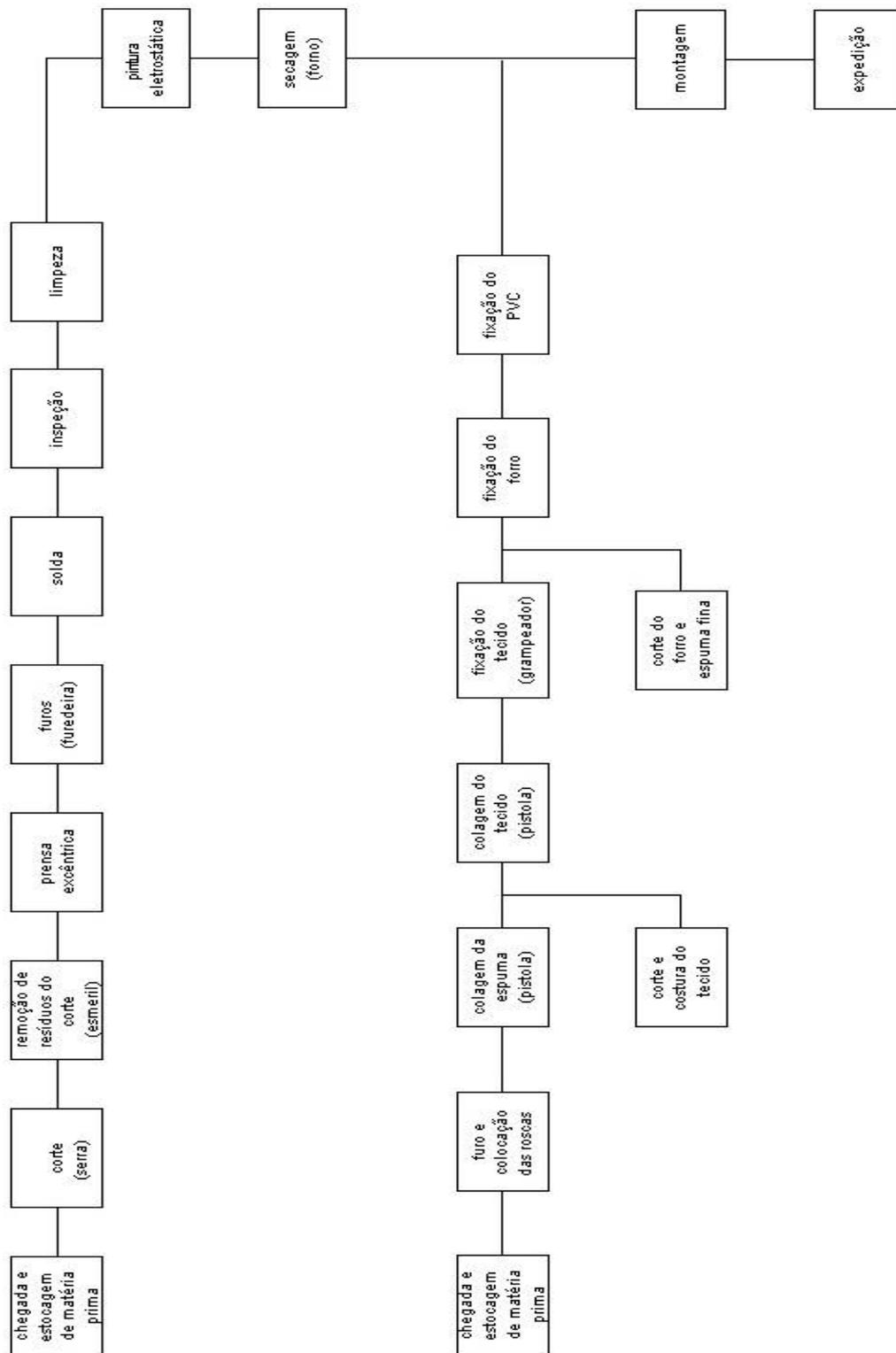


Figura 7.3: Fluxograma de processo – Família de produtos 03

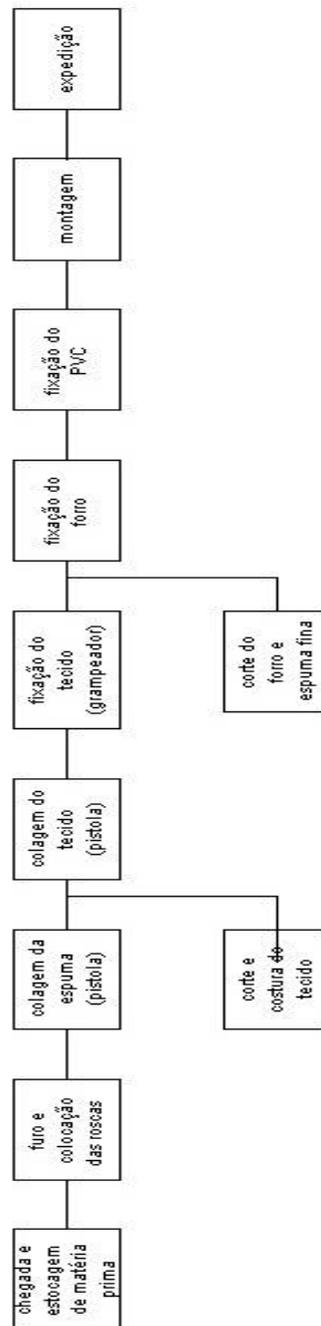


Figura 7.4: Fluxograma de processo – Família de produtos 04

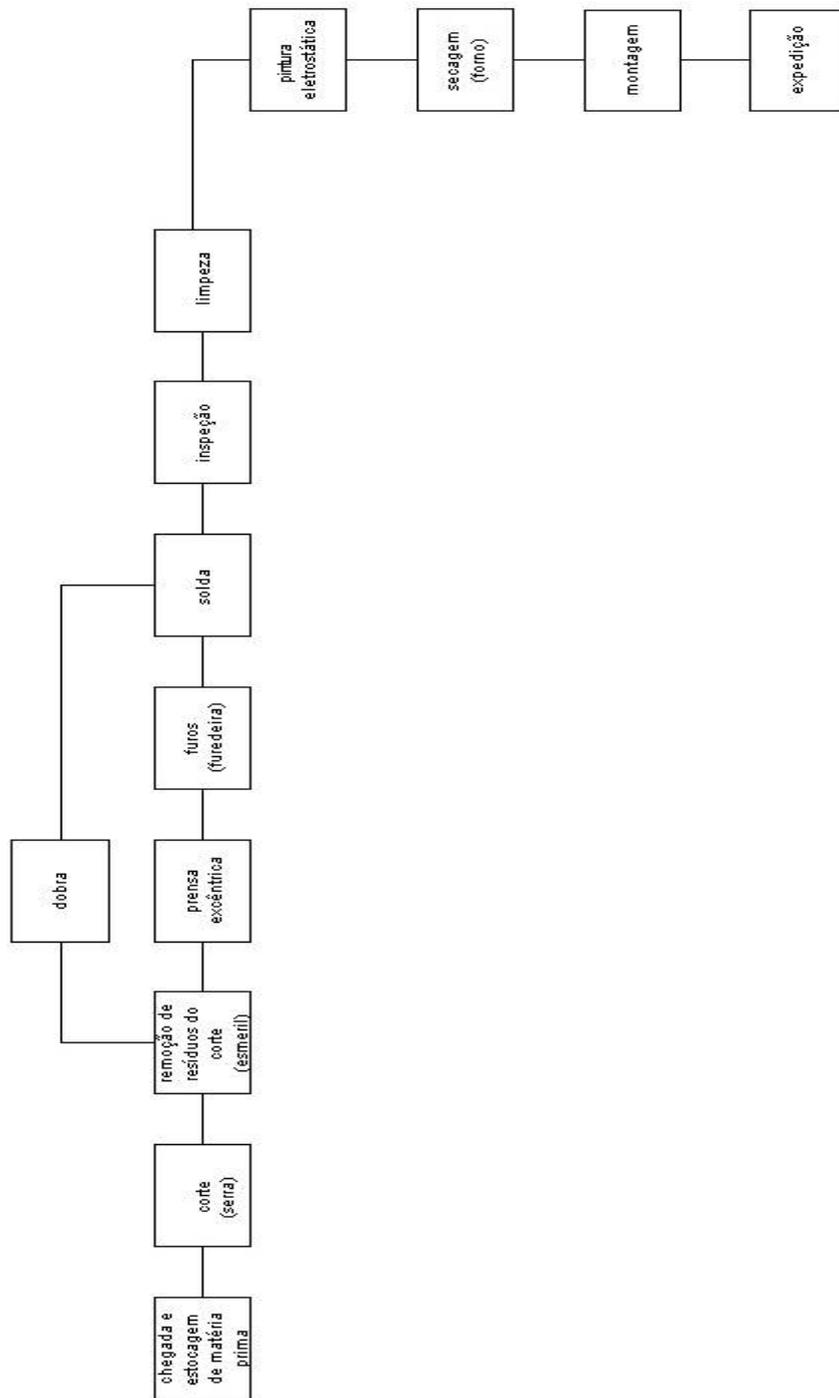


Figura 7.5: Fluxograma de processo – Família de produtos 05

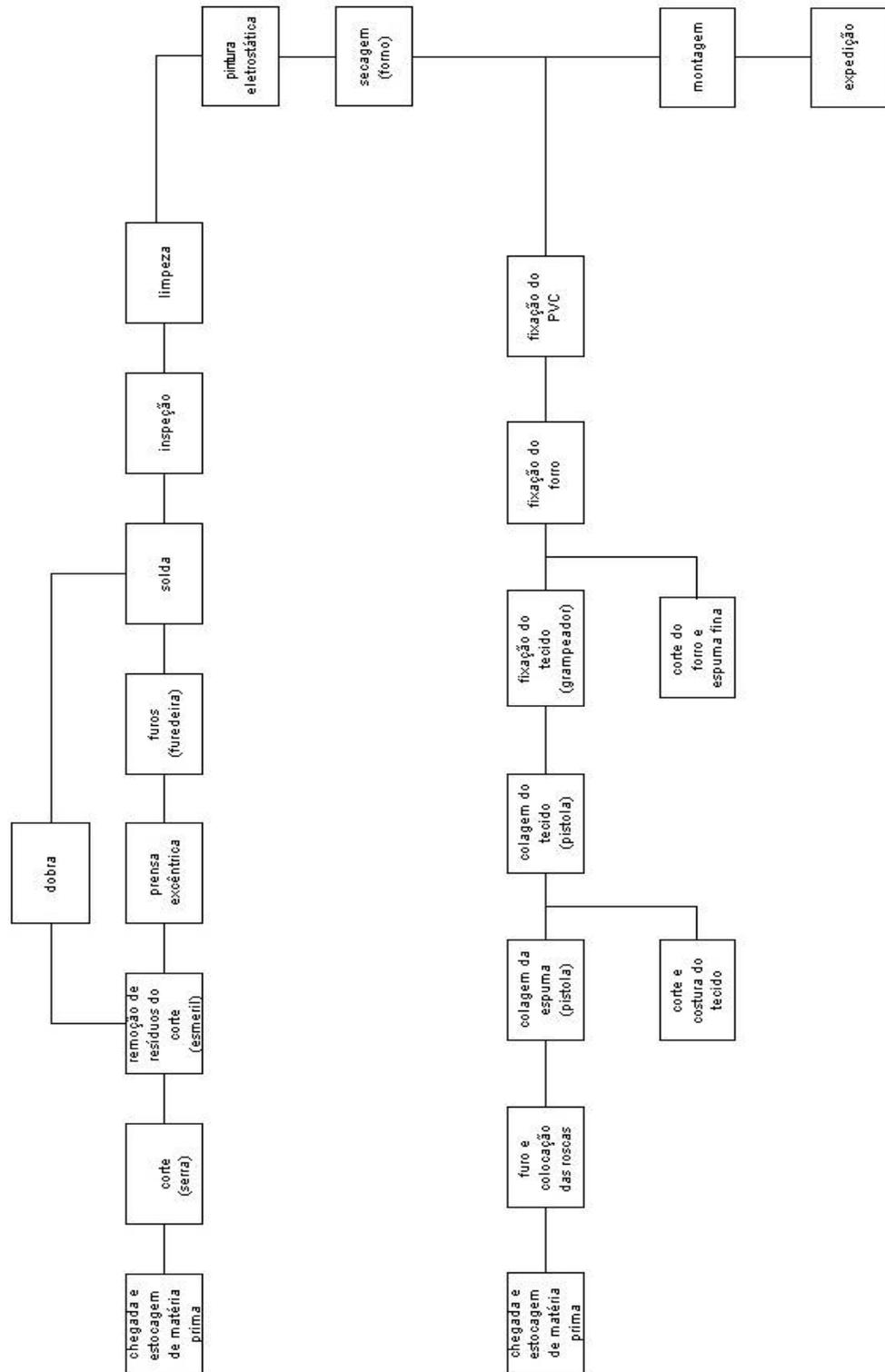


Figura 7.6: Fluxograma de processo – Família de produtos 06

8. ANEXO B: Templates dos Centros Produtivos

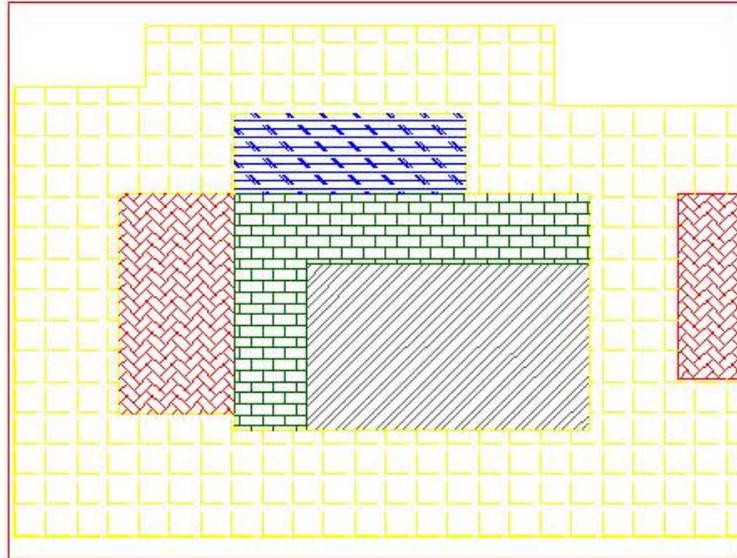


Figura 8.1: Template do centro produtivo: Corte do tecido

Área: 42,83 m²

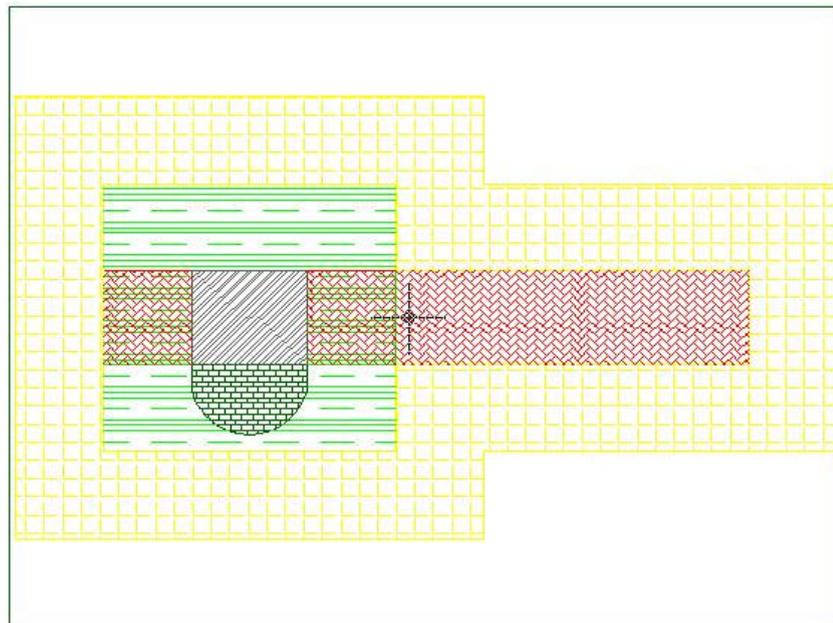


Figura 8.2: Template do centro produtivo: Prensa excêntrica 25 Tn.

Área: 32,60 m²

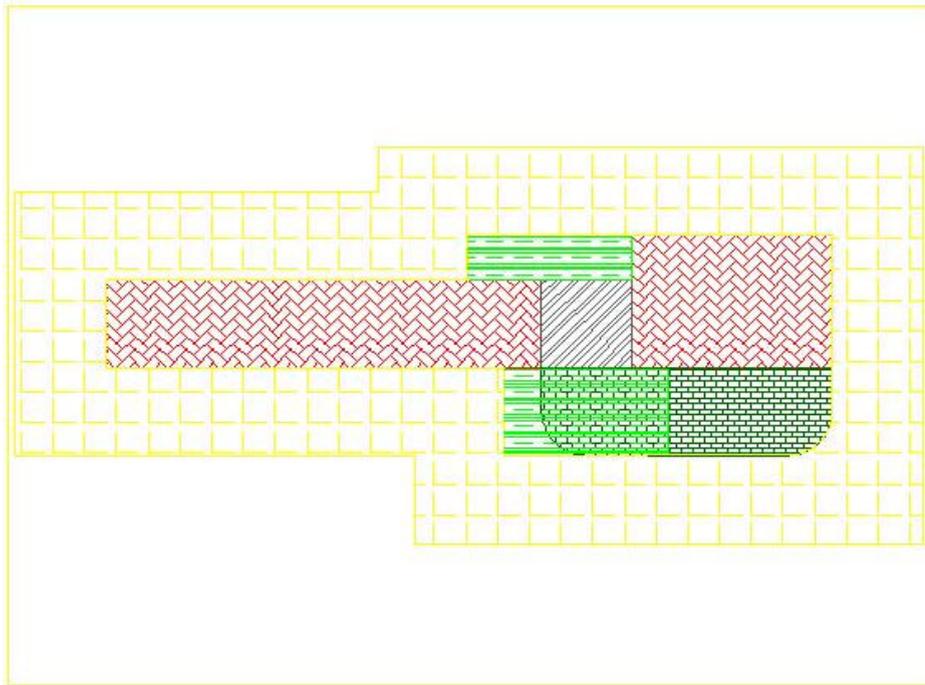


Figura 8.3: Template do centro produtivo: Serra circular

Área: 27,42 m²

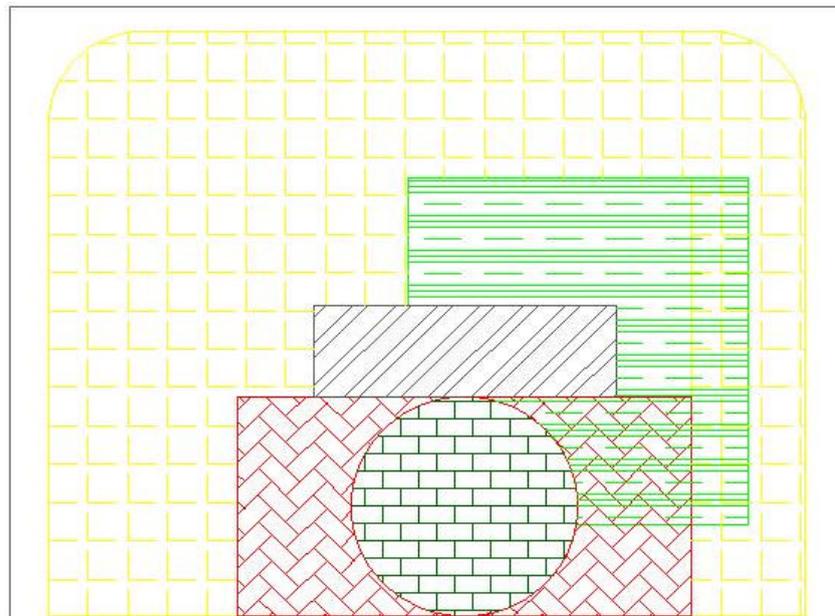


Figura 8.4: Template do centro produtivo: Costura

Área: 22,15 m²

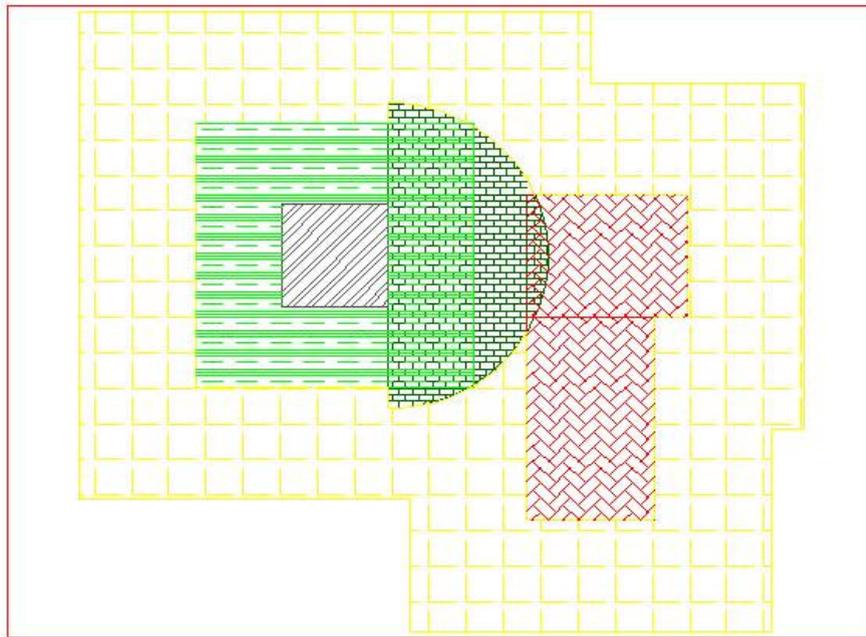


Figura 8.5: Template do centro produtivo: Dobradeira

Área: 26,75 m²

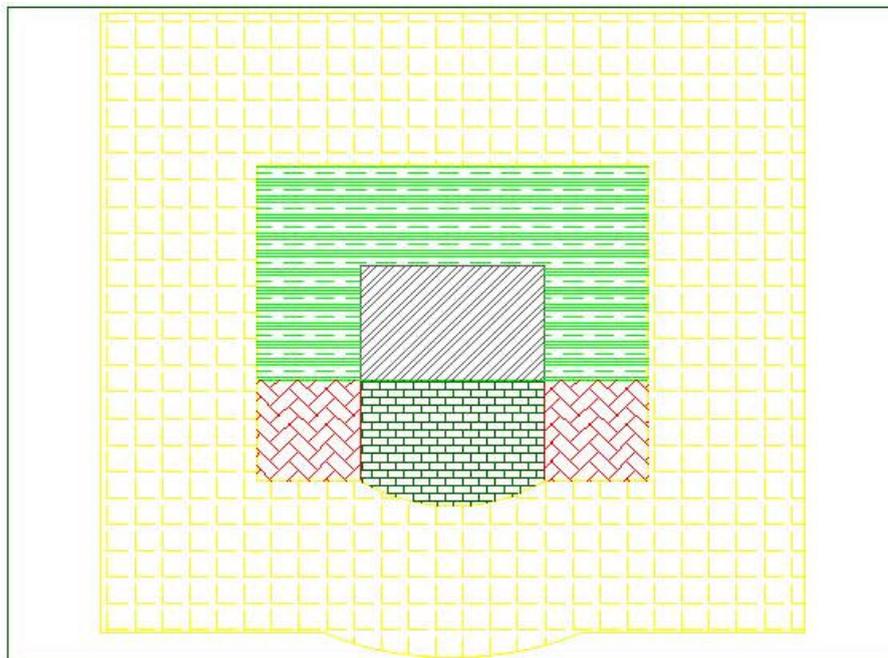


Figura 8.6: Template do centro produtivo: Prensa - Dobra

Área: 15,50 m²

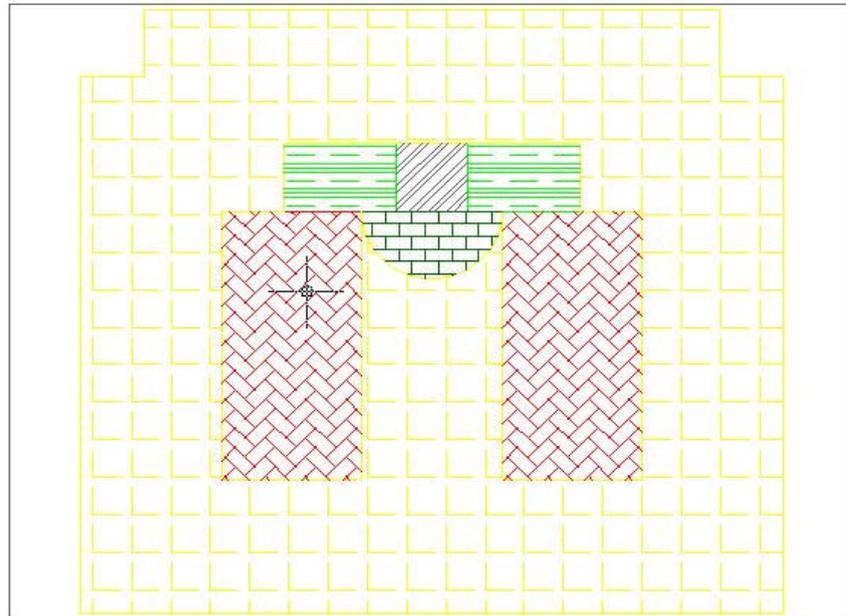


Figura 8.7: Template do centro produtivo: Esmeril

Área: 10,33 m²

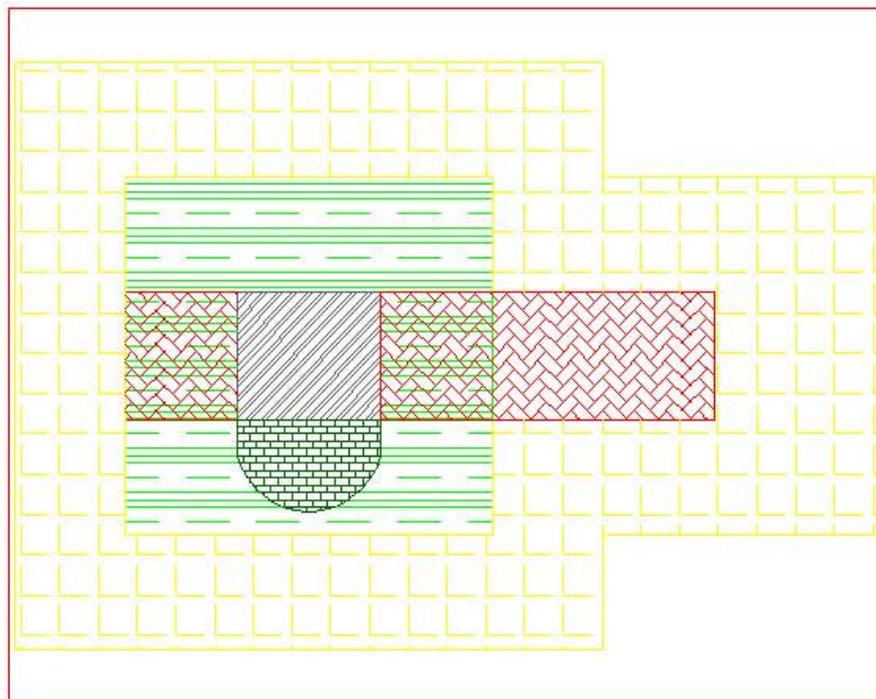


Figura 8.8: Template do centro produtivo: Prensa excêntrica 15 Tn

Área: 23,47 m²

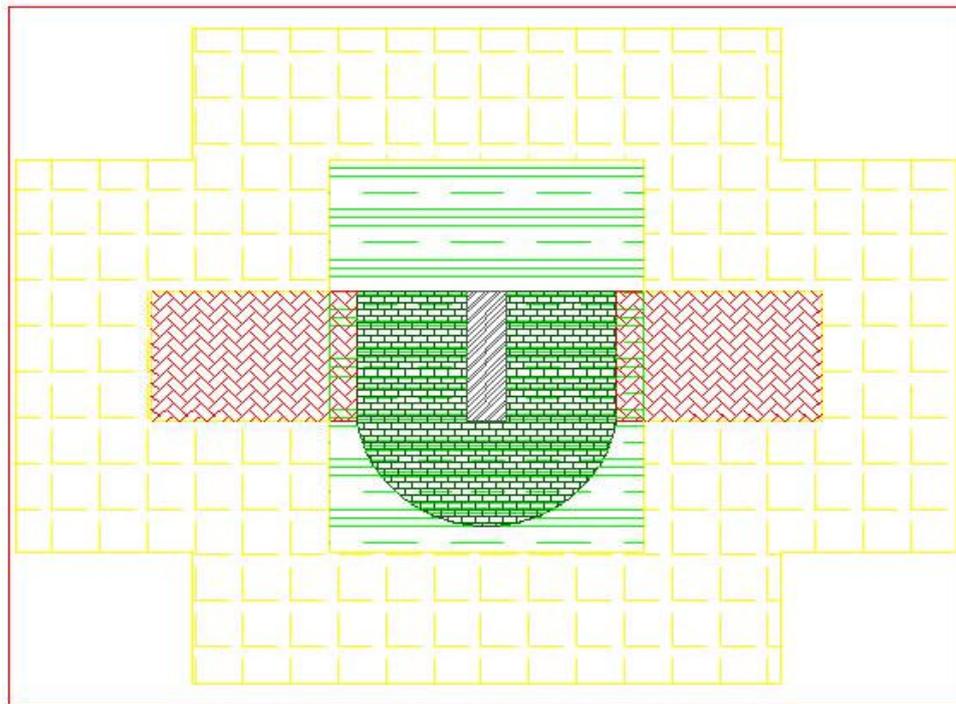


Figura 8.9: Template do centro produtivo: Furadeira de coluna
Área: 15,17 m²

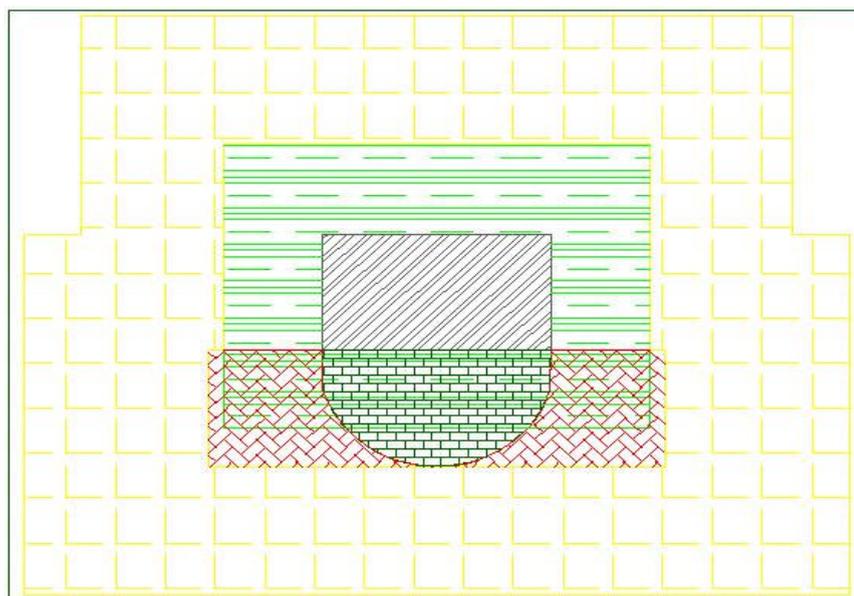


Figura 8.10: Template do centro produtivo: Furadeira de bancada
Área: 14,61 m²

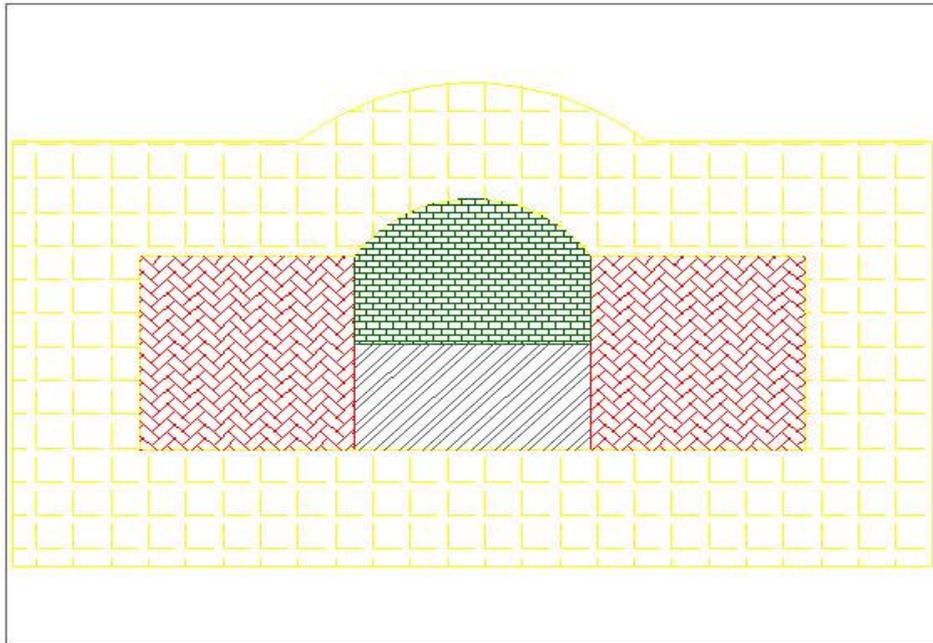


Figura 8.11: Template do centro produtivo: Furo colocação de rosca na chapa de madeira
Área: 31,02 m²

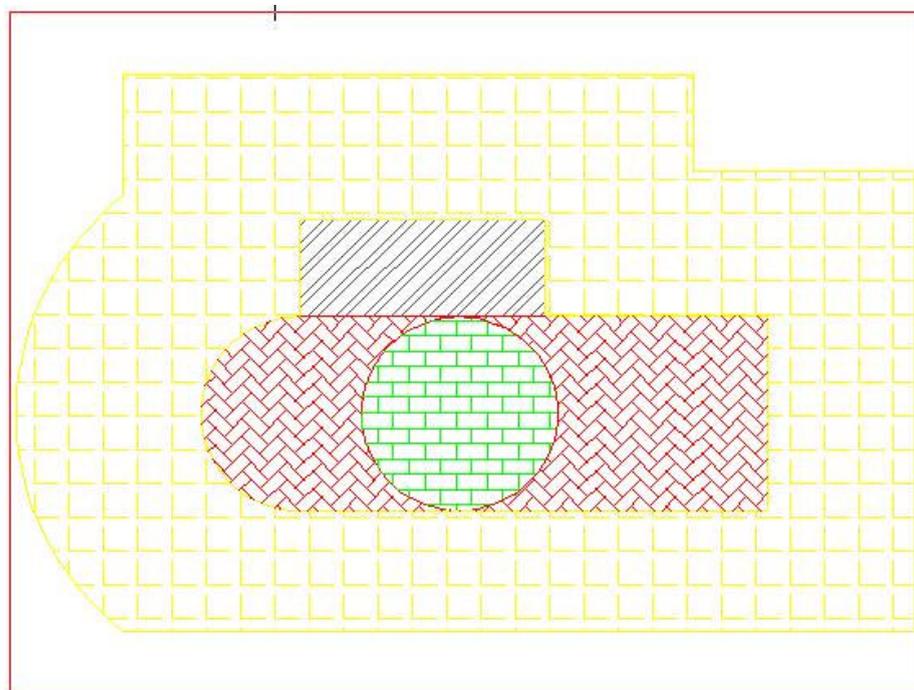


Figura 8.12: Template do centro produtivo: Limpeza das cadeiras
Área: 21,24 m²

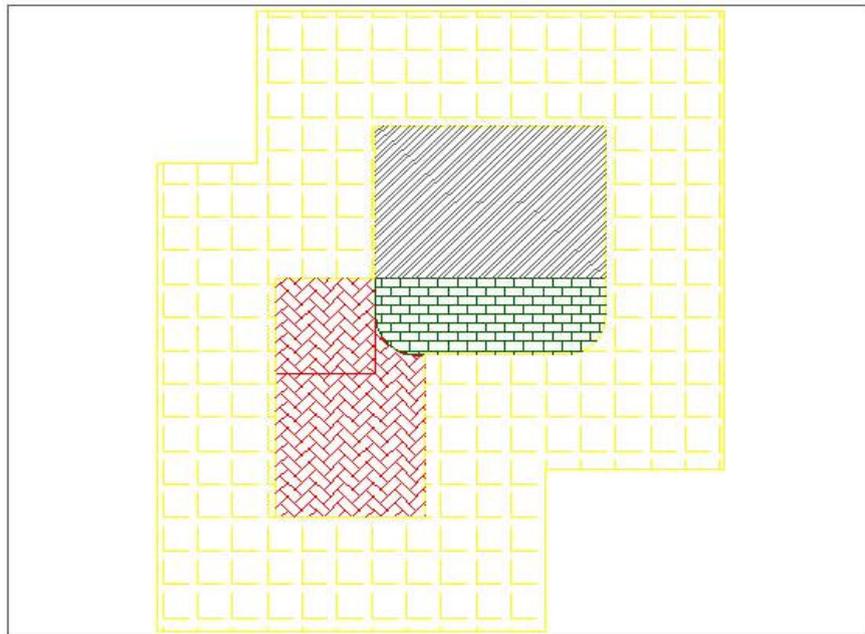


Figura 8.13: Template do centro produtivo: Montagem da tapeçaria
 Área: 31,85 m²

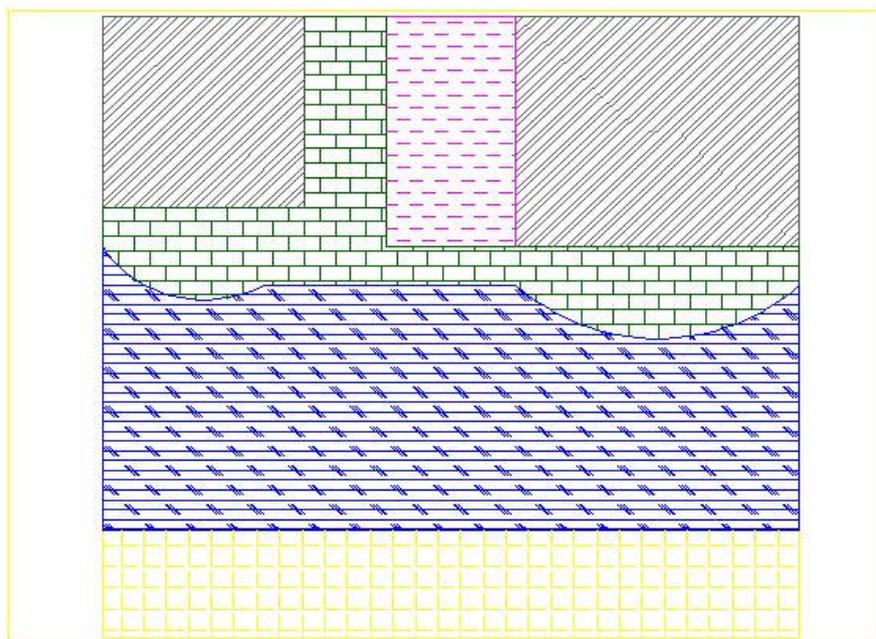


Figura 8.14: Template do centro produtivo: Pintura e secagem
 Área: 73,48 m²

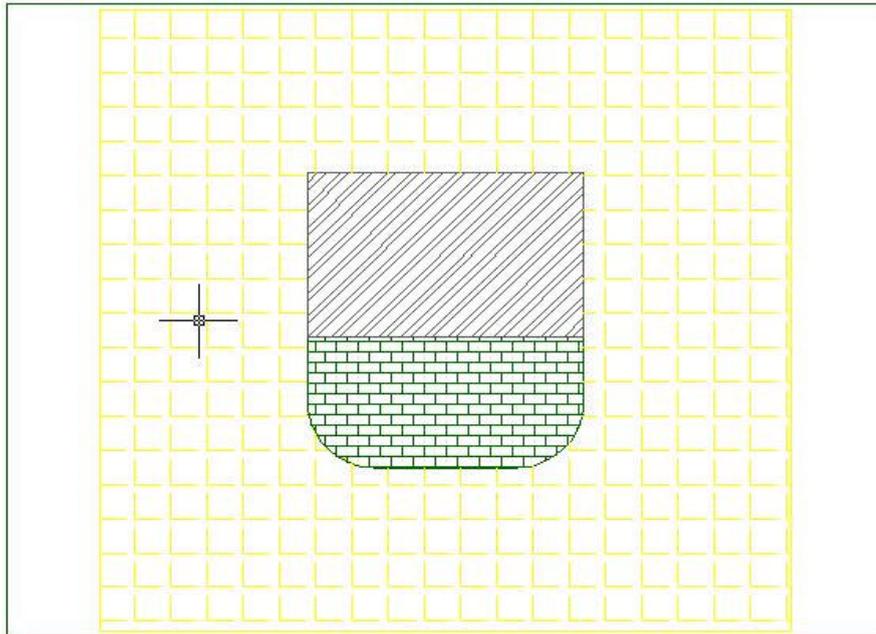


Figura 8.15: Template do centro produtivo: Posto padrão da tapeçaria
Área: 9,00 m²

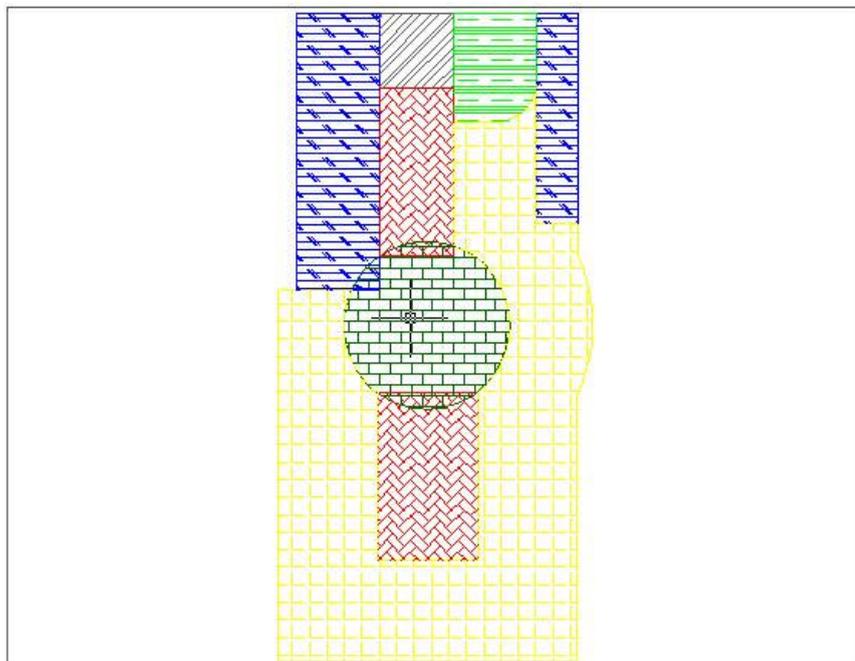


Figura 8.16: Template do centro produtivo: Posto de solda
Área: 25,00 m²

A legenda respectiva aos templates apresentados está detalhada na Tabela 8.1

Tabela 8.1: Legenda das cores e sua áreas correspondentes nos templates.

Cor	Área correspondente
Amarelo	Acessos
Cinza	Equipamentos e Dispositivos
Verde	Manutenção
Vermelho	Matéria Prima
Verde-oliva	Operadores
Azul	Processo
Magenta	Segurança
Ciano	Serviços

9. ANEXO C: Métodos Utilizados Para Desenvolvimento do layout

9.1 Método das Sequências Fictícias

Para desenvolvimento desse método, primeiramente as operações receberam códigos correspondentes, para melhorar a formatação dos trabalhos, essas operações e seus respectivos códigos são apresentados na Tabela 9.1.

Tabela 9.1: Operações realizadas na linha de produção.

EQUIPAMENTOS / OPERAÇÃO	SÍMBOLO CORRESPONDENTE
Serra	A
Esmeril	B
Prensa excêntrica	C
Dobradeira	D
Furadeira	E
Solda	F
Inspeção/Ajuste	G
Limpeza	H
Pintura eletrostática	I
Forno	J
Montagem/Embalagem	L
Expedição	M
Furadeira	N
Rosqueadeira	O
Pistola	P
Grampeador	Q
Corte	R

Logo a seguir foram determinados os ciclos de produção de cada família de produtos, divididos nas células de serviços metalúrgicos e células de serviços de tapeçaria, os ciclos de produção de cada família de produtos, da célula de serviços metalúrgicos são apresentados na Tabela 9.2.

Tabela 9.2: Ciclo de produção de cada família de produtos dentro da célula de serviços metalúrgico.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	A B C D E F G H I J
2	A B C E F G H I J
3	A B C E D H I J
4	
5	A B C D E F G H I J
6	A B C D E F G H I J

Seqüência geral fictícia de operação: A B C E D E D H F G H I J.

Os ciclos de produção de cada família de produtos da célula de serviços de tapeçaria são apresentados na Tabela 9.3.

Tabela 9.3: Ciclo de produção de cada família de produtos dentro da célula de serviços de tapeçaria.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	N O P R P Q R Q Q
2	N O P R P Q R Q Q
3	N O P R P Q R Q Q
4	N O P R P Q R Q Q
5	
6	N O P R P Q R Q Q

Seqüência geral fictícia de operação: N O P R P Q R Q

9.2 Método dos Elos

Como no método das seqüências fictícias para desenvolvimento do método dos elos, primeiramente as operações receberam códigos correspondentes, para melhorar a formatação dos trabalhos, essas operações e seus respectivos códigos são apresentados na tabela 00.

Em seguida foram definidas as seqüências de operações de cada família de produtos, dentro de cada célula separadamente, a Tabela 9.4 apresenta cada família seguida de sua respectiva seqüência de operações dentro da célula de serviços metalúrgicos.

Tabela 9.4: seqüência de operações das famílias de produtos na célula de serviços metalúrgicos.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	A? B? C? D? E? F? G? H? I? J
2	A? B? C? E? F? G? H? I? J
3	A? B? C? E? D? H? I? J
4	
5	A? B? C? D? E? F? G? H? I? J
6	A? B? C? D? E? F? G? H? I? J

A Tabela 9.5 apresenta cada família seguida de sua respectiva seqüência de operações dentro da célula de serviços de tapeçaria.

Tabela 9.5: seqüência de operações das famílias de produtos na célula de serviços de tapeçaria.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	N? O? P? R? P? Q? R? Q? Q
2	N? O? P? R? P? Q? R? Q? Q
3	N? O? P? R? P? Q? R? Q? Q
4	N? O? P? R? P? Q? R? Q? Q
5	
6	N? O? P? R? P? Q? R? Q? Q

A seguir foram definidos os elos, com base apenas na quantidade de vezes que a operação é solicitada no decorrer do processo produtivo.

O Quadro 9.1 apresenta a determinação dos elos na célula de serviços metalúrgicos.

Quadro 9.1: determinação dos elos na célula de serviços metalúrgicos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
J									////	5
I								////	10	
H				/			///	10		
G						///	8			
F					///	8				
E				///	8					
D			///	8						
C		////	8							
B	////	10								
A	5									

O Quadro 9.2 apresenta a determinação dos elos na célula de serviços de tapeçaria.

Quadro 9.2: determinação dos elos na célula de serviços de tapeçaria

	N	O	P	Q	R
R			////////	////////	20
Q			////	15	
P		////	20		
O	////	10			
N	5				

Para a determinação das propostas finais de layout, foi utilizado o método dos momentos ou torques. Como no método das seqüências fictícias e no método dos elos, para desenvolvimento do método dos momentos ou torques, primeiramente as operações receberam códigos correspondentes, para melhorar a formatação dos trabalhos, essas operações e seus respectivos códigos são apresentados na Tabela 9.1.

Em seguida foram definidas as seqüências de operações de cada família de produtos, dentro de cada célula separadamente, a Tabela 9.6 apresenta cada família seguida de sua respectiva seqüência de operações dentro da célula de serviços metalúrgicos.

Tabela 9.6: Seqüências de produção de cada família de produtos, dentro da célula de serviços metalúrgico.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	A B C D E F G H I J
2	A B C E F G H I J
3	A B C E D H I J
4	
5	A B C D E F G H I J
6	A B C D E F G H I J

Os ciclos de produção de cada família de produtos da célula de serviços de tapeçaria são apresentados na tabela 9.7.

Tabela 9.7: Ciclo de produção de cada família de produtos dentro da célula de serviços de tapeçaria.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	OPERAÇÕES
1	N O P R P Q R Q Q
2	N O P R P Q R Q Q
3	N O P R P Q R Q Q
4	N O P R P Q R Q Q
5	
6	N O P R P Q R Q Q

Em seguida foram desenvolvidos diagramas de transporte, separadamente para cada célula. O quadro 9.3 apresenta o diagrama de transportes para a célula de serviços metalúrgicos, através da análise dos resultados desse método se definiu algumas mudanças necessárias no projeto.

Quadro 9.3: Diagrama de transportes para a célula de serviços metalúrgicos

		DESTINOS										
O R I G E N S		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
	A		6									
	B			5								
	C				3	2						
	D					3			1			
	E				1		4					
	F							4				
	G								4			
	H									5		
	I										5	
	J											

O Quadro 9.4 apresenta o diagrama de transportes para a célula de serviços de tapeçaria

Quadro 9.4: Diagrama de transportes para a célula de serviços de tapeçaria

		DESTINOS					
O R I G E N S		N	O	P	Q	R	
	N		5				
	O			5			
	P				5	5	
	Q						5
	R				5	5	