

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

**ARRANJO FÍSICO EM UMA INDÚSTRIA DE MÓVEIS PARA
ESCRITÓRIOS**

AUTOR: EDUARDO OSAMU TSUJIMURA

ORIENTADOR: PROFESSOR MÁRIO SÉRGIO SALERNO

1994

*X 1764
T 7882*



A minha familia

Agradecimentos

Ao professor Mário Sérgio Salerno pela orientação, correções e apoio para a realização deste trabalho.

Aos amigos da Empresa pelo apoio e discussões a respeito do trabalho.

A todos que de alguma forma colaboraram para execução do trabalho.

Este é um trabalho sobre arranjo físico (layout) realizado em uma indústria de móveis para escritórios. O trabalho esteve focado no rearranjo do layout do setor de metalúrgica e pintura da indústria.

Para a elaboração do layout foi utilizado o sistema SLP (Systematic Layout Planning). Para medir a intensidade do fluxo, foi utilizada uma unidade que mede o grau de transportabilidade do material segundo determinadas condições que variam durante as diversas etapas do processo de fabricação.

A alternativa selecionada procurou resolver os problemas provocados pelo layout atual. Estes problemas estão relacionados com o fluxo produtivo, distância entre operações e adequação aos trabalhadores.

Índice

Resumo.....	1
Capítulo 1 - Introdução	
1.1 Descrição da empresa.....	3
1.2 Mercado de atuação e sistema de vendas.....	4
1.3 Produtos.....	4
1.4 Os setores produtivos da empresa.....	7
1.4.1 Layout geral da empresa	9
Capítulo 2 - Tema do trabalho	
2.1 Tema do trabalho	12
2.1.1 Princípios do arranjo físico	13
2.2 Restrições do trabalho.....	15
2.3 Objetivos do trabalho.....	15
2.4 Metododologia empregada	16
2.4.1 Fases de um projeto de layout	16
2.4.2 Roteiro para a realização do projeto.....	17
Capítulo 3 - Descrição do setor em estudo	
3.1 Descrição do setor.....	18
3.1.1 Processos de fabricação envolvidos	18
3.2 Layout atual e seus problemas.....	22
Capítulo 4 - Levantamento e análise dos dados	
4.1 Análise de volume-variedade.....	25
4.1.1 Levantamento da quantidade de cada peça.....	28
4.2 Curva ABC	28
4.3 Áreas de atividades	32
4.4 Projeções para o futuro.....	34

Capítulo 5 - Análise dos fluxos de materiais	
5.1 Análise do fluxo	36
5.2 Medida de intensidade de movimentos	36
5.2.1 O método Mag de análise de fluxo.....	36
5.2.2 Forma de cálculo do valor da unidade Mag.....	39
5.2.3 Limitações do método Mag	42
5.2.4 Como foi utilizado o método Mag	42
5.3 Determinação dos fluxos entre as atividades.....	46
Capítulo 6 - Determinação de espaços	
6.1 Metodologia de determinação de espaços.....	54
6.2 Determinação de espaços	55
Capítulo 7 - Diagrama de inter-relações e alternativas elaboradas	
7.1 Diagrama de inter-relações	58
7.2 Diagrama de inter-relações entre espaços	61
7.3 Considerações sobre o prédio.....	63
7.4 Alternativas de layout.....	64
Capítulo 8 - Seleção das alternativas	
8.1 Metodologia e fatores utilizados para a seleção de alternativas.....	71
8.2 Fatores utilizados na seleção das alternativas	72
8.3 Avaliação e Seleção das alternativas	73
8.4 Benefícios da alternativa selecionada.....	75
8.5 Implantação do layout	75
Capítulo 9 - Conclusão	
9.1 Conclusão	77
Bibliografia.....	78

Apêndice A - Cartas de processo.....	79
Apêndice B - Cálculo dos valores do método Mag	91
Apêndice C- Relação de máquinas	106
Apêndice D- Cálculo dos momentos de transporte.....	117

Índice de figuras e tabelas

Figura 1.1. Principais produtos da empresa.....	6
Figura 1.2. Layout geral da empresa.....	11
Figura 3.1. Layout atual da metalúrgica e pintura.....	23
Figura 3.2. layout detalhado da metalúrgica e pintura.....	24
Figura 4.1. Principais peças produzidas na metalúrgica.....	27
Tabela 4.1. Quantidades de peças produzidas.....	29
Figura 4.2. Classificação ABC das peças da metalúrgica	29
Tabela 4.2. Quantidade de peças dos agrupamentos	31
Tabela 5.1. Fatores modificadores.....	40
Figura 5.1. Gráfico fator tamanho A.....	38
Tabela 5.2. Exemplo de utilização do método Mag	45
Tabela 5.3. Fluxo de materiais entre pares de atividades	48
Figura 5.2. Carta de interligações preferenciais	50
Figura 5.3. Legenda utilizada na Carta de interligações preferenciais	51
Tabela 5.4. Inter-relações combinadas.....	52
Tabela 6.1. Tabela de determinação de espaços.....	57
Figura 7.1. Simbologias para a diagramação das inter-relações entre atividades	59
Figura 7.2. Diagrama de inter-relações.....	60
Figura 7.3. Diagrama de inter-relações entre espaços	62
Figura 7.4. Inter-relações no layout atual.....	65
Figura 7.5. Alternativa A	66
Figura 7.6. Alternativa B.....	68
Figura 7.7. Alternativa C.....	70

Tabela 8.1. Classificação das vogais	72
Tabela 8.2. Folha de avaliação de alternativas.....	74
Figura A.1. Carta de processo do quadro divisório de alumínio.....	80
Figura A.2. Carta de processo da cruzeta.....	81
Figura A.3. Carta de processo da estrutura de painel	82
Figura A.4. Carta de processo da travessa	83
Figura A.5. Carta de processo da cadeira tubular.....	84
Figura A.6. Carta de processo da longarina auditório	85
Figura A.7. Carta de processo das gavetas.....	86
Figura A.8. Carta de processo da coluna	87
Figura A.9. Carta de processo da poltrona fixa.....	88
Figura A.10. Carta de processo da prateleira de biblioteca	89
Figura A.11. Carta de processo do montante e travessa de biblioteca	90
Tabela B.1. Valores base A das peças analisadas	91
Tabela B.2. Unidades em Mag das peças analisadas	93
Tabela D.1. Momentos de transporte do layout atual	117
Tabela D.2. Momentos de transporte das alternativas.....	119

Resumo

O tema deste trabalho é o rearranjo do layout da metalúrgica e do setor de pintura de uma indústria de móveis para escritórios.

O método utilizado para realizar o layout foi o sistema SLP (Systematic Layout Planning) descrito no livro "Planejamento do layout: Sistema SLP" de Richard Muther. Para a determinação dos fluxos dos materiais foi utilizado o método Mag. Este método considera as transformações sofridas pelos materiais durante os seus processos de fabricação.

Os principais resultados deste trabalho foram: melhoria no fluxo produtivo, redução das distâncias entre operações e uma melhor adequação aos trabalhadores.

O trabalho foi desenvolvido do seguinte modo:

No capítulo I, estão a descrição da empresa, a apresentação dos principais produtos e a descrição dos setores da empresa.

O tema do trabalho, os objetivos do trabalho, revisão bibliográfica e a descrição da metodologia utilizada estão no capítulo II.

No capítulo III está a descrição do setor onde foi realizado o trabalho. Neste capítulo também estão descritos os processos de fabricação utilizados no setor.

No capítulo IV foi realizada a análise dos dados relevantes para a elaboração do layout. Além disso, foram definidas as áreas de atividades consideradas neste trabalho.

No capítulo V estão apresentados a definição da unidade de medida de fluxo de materiais e a utilização desta unidade no trabalho.

A determinação das necessidades de espaço de cada atividade da metalúrgica e da pintura está apresentada no capítulo VI.

No capítulo VII foram reunidos os dados desenvolvidos no capítulo V e VI. Assim, foram elaborados o diagrama de inter-relações e o diagrama de inter-relações entre espaço. A partir deste último diagrama, foram elaboradas as alternativas de layout.

O capítulo VIII trata da seleção das alternativas. Assim, estão descritas a metodologia utilizada, a seleção da alternativa e seus benefícios, bem como os procedimentos para a implantação.

No capítulo IX temos a conclusão deste trabalho.

Nos apêndices estão as cartas de processos das peças produzidas pela metalúrgica, os resultados dos cálculos do método Mag, os resultados dos cálculos de momentos de transporte e a relação das máquinas do setor em estudo.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Descrição da empresa

A empresa onde foi realizado o trabalho de formatura é uma indústria de móveis para escritórios. O nome da empresa será omitido, mas para citá-la neste trabalho foi utilizada a palavra "Empresa".

A Empresa foi fundada em 1962 com capital totalmente nacional e possui uma estrutura familiar. Atualmente a Empresa conta com aproximadamente 210 funcionários no total.

Desde o princípio, a Empresa atuou no segmento de móveis para escritório. As atividades da Empresa iniciaram-se em uma marcenaria localizada no bairro do Itaim-Bibi. Com o crescimento da Empresa, em 1968 houve a mudança para um terreno localizado no município de Taboão da Serra, onde está situada atualmente a fábrica e a área de vendas.

A maior parte dos produtos da Empresa destina-se ao mercado nacional, embora a Empresa já tenha exportado os seus produtos para países como Argentina e Alemanha.

A Empresa está posicionada entre os cinco principais fabricantes do setor de móveis para escritórios. Os principais concorrentes da Empresa são pequenas e médias empresas nacionais que estão localizadas na região da Grande São Paulo.

Uma das principais matérias-primas utilizada pela Empresa para a fabricação dos móveis é a madeira. As madeiras utilizadas são divididas em três tipos: madeira maciça, madeira compensada (folhas de madeira coladas e prensadas) e madeira aglomerada (serragem de madeira e cola que são prensadas). Além da madeira, são utilizados chapas e tubos de aço, perfis de alumínio, plásticos e espumas na fabricação dos móveis.

1.2 Mercado de atuação e sistema de vendas

A venda dos produtos da Empresa não é realizada em lojas especializadas. A Empresa vende os produtos diretamente através de pedidos realizados pelos clientes. Desse modo, o cliente efetua o pedido para mobiliar uma determinada área (um andar, uma loja) e a Empresa produz os móveis em função da mobília solicitada pelo cliente.

Para atender as preferências dos clientes com relação às medidas, cor, acabamento e revestimento dos móveis, a Empresa possui um catálogo com um número elevado de produtos (mais de 1000 produtos). Esta quantidade elevada de produtos deve-se à variações de produtos principais. Assim, por exemplo, uma cadeira pode ter um revestimento em tecido (em diversas cores) ou em vinil e a estrutura metálica da cadeira pode ser pintada em epóxi ou cromada. As encomendas são, portanto, bastante "abertas".

A Empresa conta também com um serviço de assistência técnica para o conserto e instalação dos móveis.

Os principais clientes da Empresa são bancos de investimentos, empresas de informática, escritórios de empresas em geral.

1.3 Produtos

A Empresa tem uma linha diversificada de produtos visando atingir com grande amplitude os segmentos de móveis para escritório. Desse modo, a linha é composta desde uma simples cadeira até um conjunto completo de elementos modulados e componíveis. Esses produtos estão agrupados em famílias definidas de acordo com as características funcionais. Por sua vez, cada família é composta por produtos que podem variar segundo as dimensões e acabamentos. As famílias de produtos produzidas atualmente pela Empresa são:

Superfícies de trabalho

- escrivaninha com estrutura de aço
- mesas de reunião
- mesas para informática

Arquivos

estantes
arquivos
volantes

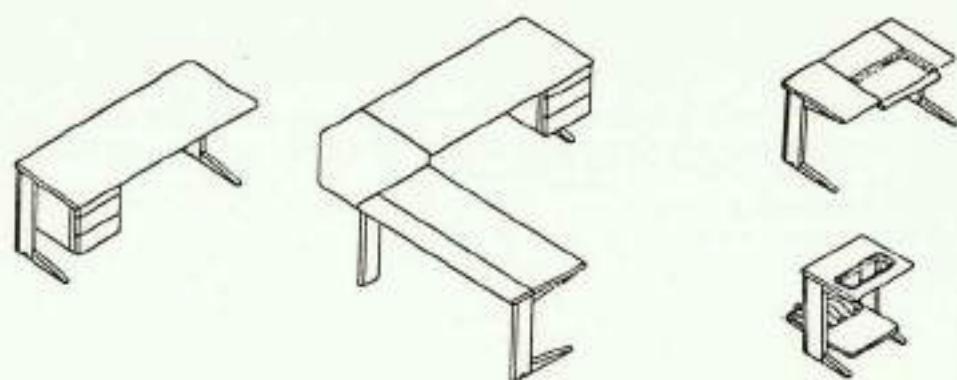
Assentos

poltronas
cadeiras giratórias
cadeiras de múltiplo uso
poltronas para auditório
sofás

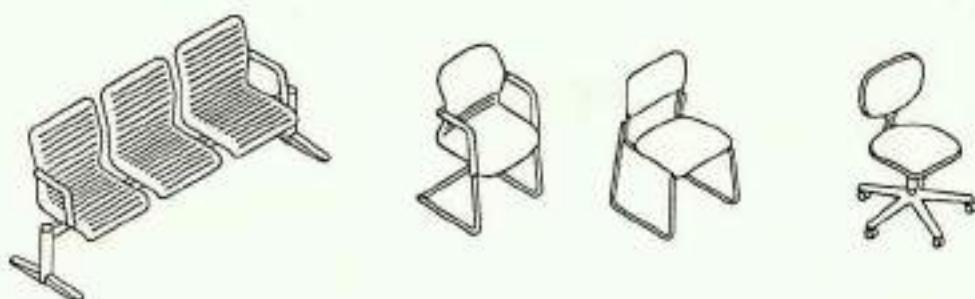
Painéis divisórios

Biombos
Painéis baixos
Painéis piso-teto

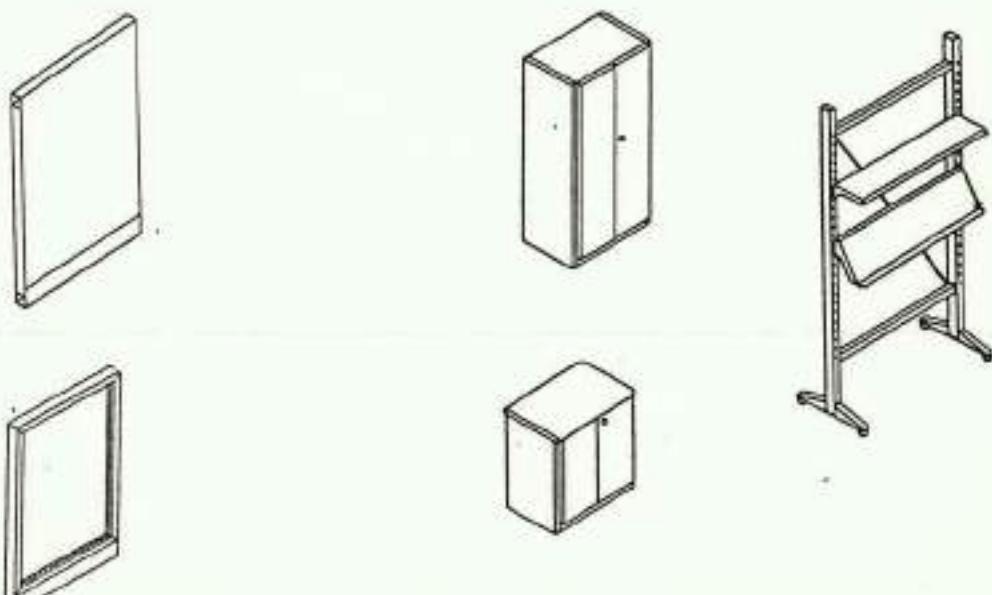
Na figura 1.1 estão apresentados os principais produtos de cada família.



Superfícies de trabalho



Assentos



Arquivos

Painéis divisórios

Figura 1.1. Principais produtos da empresa
Adaptado de material da Empresa

1.4 Os setores produtivos da empresa

O tipo de produção da Empresa pode ser classificado como intermitente por encomenda devido às características de seus produtos e devido ao segmento de mercado em que atua.

Existem 8 setores produtivos na Empresa que são:

- maciço
- máquinas
- folhação
- lustração
- montagem
- tapeçaria
- metalúrgica
- espumas

Nestes setores são processados as cinco linhas de fabricação de componentes dos móveis. Essas cinco linhas são:

- linha de maciços
- linha de folhação
- linha de aglomerado
- linha metálica
- linha de estofados

A seguir, serão descritos os processos de cada linha de fabricação.

Linha de maciço

A madeira maciça é recebida na forma de toras serradas (tábuas de Freijó, Louro escuro e Marfim). Estas toras são colocadas em uma estufa a fim de sofrer um processo de secagem. Após a secagem, as madeiras são serradas e vão para a moldureira automática que uniformiza os elementos ao longo do comprimento e também forma canais.

A seguir, as madeiras são cortadas no comprimento e seguem para a furação ou formação de topes. Por fim, os elementos são lixados e lustrados.

Linha de aglomerado

As chapas de aglomerado (serragem de madeira agregada com cola) são cortadas nas dimensões especificadas por uma serra vertical. O processo seguinte é a uniformização da espessura do aglomerado realizada por uma lixadeira calibradeira. Em seguida, as chapas vão para uma calandra passadeira de cola e logo em seguida recebem as folhas de revestimento (lâminas de madeira) ou então folhas de laminado melamínico (mais conhecidas como fórmica). A colagem final é realizada em uma prensa hidráulica.

Após o revestimento, as chapas passam por uma perfiladeira onde são esquadradados os 4 cantos e são feitos os canais através de serras e fresas. Em seguida, as chapas recebem o revestimento lateral em uma operação denominada encabeçamento dos topes. Logo depois, as chapas são furadas e lixadas e seguem para o setor de lustração para realizar o acabamento com verniz.

As chapas de aglomerado revestidas com laminado plástico (superfície coberta com tinta resistente) são compradas prontas. Estas chapas são cortadas nas dimensões e seguem para as operações com serras, fresas e para o encabeçamento dos topes. Posteriormente as superfícies são limpas na lustração.

Linha de folhação

Nesta linha, as lâminas de madeira passam por uma seleção de acordo com critérios de dimensão, qualidade e padrão. Essas lâminas de madeira, geralmente folhas de Freijó, fornecem o acabamento das superfícies da madeira, dando a impressão de que a chapa é de madeira maciça.

Em seguida, as lâminas vão para o corte nas dimensões desejadas.

Linha metálica

Os componentes metálicos dos móveis são processados na metalúrgica. A maior parte dos móveis possui componentes metálicos na sua composição. Esses componentes são obtidos através do processamento de chapas, tubos de aço e perfis de alumínio. A maior parte das peças da linha metálica é pintada em uma área adjacente. A metalúrgica será descrita em maiores detalhes posteriormente, pois é o setor em estudo neste trabalho.

Linha de estofados

Na linha de estofados são fabricados os assentos e encostos que serão utilizados nas cadeiras e poltronas. O assento e o encosto são obtidos através de uma estrutura de madeira compensada moldada, espuma moldada e o revestimento em tecido ou outro material.

As estruturas de madeira compensada moldada são processadas na marcenaria. A espuma utilizada no estofamento é obtida através da injeção de produtos químicos em moldes, dando a forma final do assento e do encosto. Posteriormente, as espumas já moldadas são coladas nas estruturas de madeira compensada. A seguir, é realizado o revestimento da espuma. Neste revestimento são utilizados tecidos, couro ou vinil, que são cortados nas dimensões especificadas.

Após o revestimento, o assento e o encosto são montados na estrutura do assento, obtendo assim, a cadeira ou poltrona.

A maior parte dos móveis são montados na fábrica e posteriormente são enviados aos clientes. Todos os móveis com exceção das cadeiras e poltronas são montados no setor de montagem. A montagem das cadeiras e poltronas é realizada na tapeçaria.

Pela descrição dos setores produtivos, nota-se que a Empresa está extremamente verticalizada, produzindo praticamente todos os componentes que fazem parte dos móveis.

Devido às características dos pedidos (cor, acabamento) a Empresa não possui estoque de produtos acabados. Os estoques existentes são de matérias-primas e de peças semi-acabadas.

1.4.1 Layout geral da empresa

O terreno onde está a Empresa tem uma área de aproximadamente 23 000 m², sendo a área construída de 13 000 m². O formato do terreno é retangular e é inclinado. Os 8 setores produtivos da Empresa estão localizados em 4 prédios.

Na parte superior do terreno está localizado o prédio da metalúrgica. No nível inferior estão os demais prédios, sendo que o prédio da marcenaria possui dois andares. A expedição está no local mais inferior do terreno da Empresa.

No prédio da metalúrgica estão localizadas a pintura e a metalúrgica. Neste prédio localiza-se também a ferramentaria e o setor de vendas e arquitetura. Estes dois últimos setores não possuem acesso direto à metalúrgica.

O setor de maciço ocupa um prédio onde também está localizado a caldeira e a estufa de secagem de madeira.

Em um outro prédio estão localizados a folhação, o setor de máquinas, a lustração e a montagem. Neste prédio também estão o setor administrativo da Empresa onde se localizam a diretoria, contabilidade, engenharia industrial, o planejamento da produção, o setor de compras, o setor de recursos humanos e a assistência técnica.

No prédio onde está localizada a marcenaria, o pavimento superior é ocupado pela tapeçaria e o setor de espumas, além do refeitório.

Na figura 1.2 estão representados o layout geral da fábrica e a disposição dos 4 prédios. Estes prédios estão arranjados de modo que os processos iniciais estão na parte mais alta do terreno ou no mesmo nível dos processos finais. Ou seja, os fluxos das peças e produtos são no sentido de "descer" ou dirigir-se para as etapas finais de fabricação. Nesta disposição dos prédios, dificilmente ocorre a subida de matérias-primas ou peça para setores que estão localizados em locais mais altos, como é o caso da metalúrgica.

A maior parte do sistema de movimentação entre os setores é realizado através de 3 elevadores industriais (monta carga). Um elevador liga o prédio da metalúrgica com o prédio da marcenaria. O segundo elevador serve apenas o prédio da marcenaria, interligando os seus dois pavimentos. O último elevador liga o setor de montagem com a expedição. A utilização desse sistema de movimentação se deve às condições de terreno onde estão os prédios da Empresa. Apesar da inclinação do terreno e do fato que os materiais descem para os demais setores, não há o aproveitamento da gravidade como meio de movimentação.

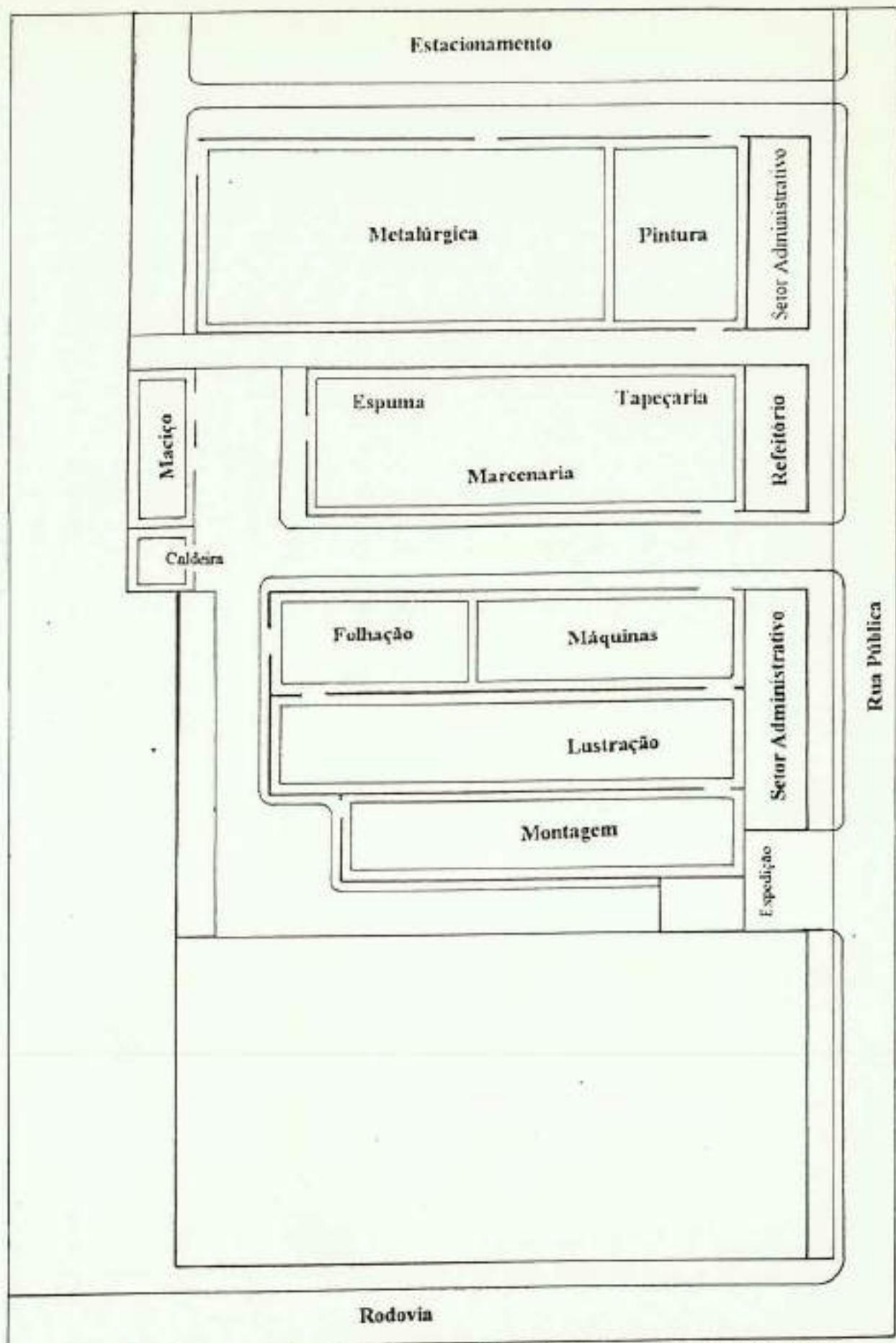


Figura 1.2. Layout geral da empresa
Elaborado pelo autor.

Nota: fora de escala.

CAPÍTULO 2

TEMA DO TRABALHO

2.1 Tema do trabalho

O tema do trabalho de formatura é o recarranjo do layout da metalúrgica e do setor de pintura da empresa de móveis. A metalúrgica tem um papel importante na Empresa pois uma grande parte dos móveis utiliza peças fabricadas a partir do processamento de chapas, perfis de alumínio e de tubos de aço. Apesar dessa importância, a Empresa possui certas dificuldades com os processos metalúrgicos, pois domina mais o processamento de madeiras. Uma das principais dificuldades está relacionada com o fluxo dos materiais provocado pelo layout do setor.

O tipo de layout predominante na metalúrgica é o funcional, ou seja, as máquinas estão agrupadas por função, em seções ou departamentos especializados. Desse modo, temos, no layout atual, as seguintes seções: corte de tubos e perfis, corte de chapas, prensa, solda, furadeira, dobra de tubos, usinagem (fresa e torno), esquadro, dobradeira, lixadeira, preparação para pintura, pintura, montagem e embalamento.

O layout funcional é recomendado nos casos em que os lotes de produção não são grandes, quando há uma variedade grande de produtos, quando há frequente mudança de produtos. Desse modo, cada produto segue o seu roteiro de produção, e, consequentemente o volume de movimentação é elevado.

O layout do setor de pintura é linear, isto é, o produto passa pelas máquinas colocadas na seqüência de operações.

O layout atual da metalúrgica apresenta deficiências relacionadas com os seguintes aspectos:

- fluxo produtivo: no layout atual ocorre o cruzamento e retornos de materiais, provocando interferências e congestionamento.
- distâncias entre operações: as distâncias percorridas pelos materiais são muito grandes.
- adequação aos trabalhadores: a metalúrgica e a pintura estão localizados em um mesmo prédio. Isso acaba trazendo problemas com pó utilizado na pintura. Esse pó espalha-se por todo prédio, pois não há um isolamento da área de pintura. Assim, o pó

acaba prejudicando as máquinas e há riscos à saúde dos trabalhadores da metalúrgica. Além disso, próximo de uma das paredes do lado maior, há uma fonte de calor (exposição da parede ao sol) que incomoda os trabalhadores que estão próximos.

2.1.1 Princípios do arranjo físico

Os princípios do arranjo físico são algumas recomendações de caráter geral, que devem ser seguidas na elaboração de um projeto de arranjo físico e servem também para a avaliação de arranjos físicos existentes ou para a seleção de alternativas.

A seguir serão listados estes princípios conforme Iida e Kehl [2].

Princípio do fluxo de operações - A disposição das áreas e locais de trabalho deve obedecer às exigências das operações, de modo que os homens, materiais e equipamentos sejam organizados de uma forma lógica, de acordo com os processos de fabricação e montagem dos produtos. Os cruzamentos e retornos dos materiais devem ser reduzidos ou eliminados ao máximo, pois provocam interferências e congestionamento do fluxo produtivo.

Princípio da mínima distância - As distâncias entre as operações devem ser reduzidas ao mínimo necessário, pois o transporte de materiais nada produz e não agrega valor ao produto. Portanto, quando for possível, os transportes devem ser eliminados.

Princípio do uso do espaço - As três dimensões devem ser aproveitadas. Em alguns casos, o aproveitamento do subsolo ou do espaço aéreo para suprimentos, transportes ou armazenamentos podem contribuir para "limpar" o piso e melhorar o arranjo.

Princípio da flexibilidade - A produção moderna é altamente competitiva e dinâmica, levando a constantes mudanças do volume de produção, do produto ou do processo produtivo. Tal fato é provocado pelas expansões do mercado, novas necessidades do consumidor, novas invenções e descobertas, concorrências de outras empresas e modernizações do processo produtivo. No projeto de fábrica, essas possibilidades de mudança devem ser identificadas e incorporadas ao mesmo, de forma que as mudanças possam ser feitas com facilidade e com baixo custo, quando forem necessárias. Essa

flexibilidade do arranjo físico, para se adaptar a novas condições, talvez seja uma das características mais importantes de um bom projeto.

Princípio da adequação ao homem - Um bom arranjo físico deve considerar adequadamente os fatores físicos, fisiológicos e psicológicos do ser humano, de modo que os espaços de trabalho estejam bem dimensionados, atendendo às características antropométricas do homem. Isto significa que as máquinas, ferramentas, materiais devem estar posicionados dentro de um espaço de fácil alcance, que exija um mínimo de movimentos. A bancada de trabalho e o assento devem ser dimensionados para permitir uma postura correta e reduzir a fadiga. O calor, ruído, ofuscamento, umidade excessiva, gases ou poeiras prejudiciais à saúde e condições perigosas devem ser evitados. As máquinas e equipamentos responsáveis por essas condições inadequadas devem ser isoladas em locais afastados ou confinados em salas especiais, de modo que os efeitos para o resto do ambiente possam ser reduzidos.

Princípio da integração - Um bom arranjo físico compõe-se de um conjunto harmônico de elementos, homens, máquinas e materiais integrados entre si, de tal maneira que a fábrica toda funcione com uma "macro-máquina", com todas as "engrenagens" entrosadas entre si. Isso significa que não deve haver pontos de "estrangulamentos" que provoquem acúmulos de materiais em determinados pontos da fábrica.

Princípio do dimensionamento - A capacidade produtiva de cada unidade ou setor deverá estar adequadamente dimensionada de acordo com as necessidades da produção. Numa linha de produção composta de diversas máquinas de diferentes capacidades, a capacidade da linha toda será determinada por aquela máquina de menor capacidade.

2.2 Restrições do trabalho

O rearranjo do layout está restrito ao setor de metalúrgica e pintura da Empresa. O novo layout deverá ser realizado no prédio que abriga atualmente estes dois setores. A Empresa pretende melhorar os fluxos de materiais de todos os seus setores produtivos. Para isto, ela pretende analisar proposições de layout para as diversas áreas, verificando as melhorias e a viabilidade de implantação. Como existem inúmeros setores produtivos e devido a limitação de tempo, foi proposto que este trabalho fosse restrito em um setor que é importante para a Empresa. O setor indicado foi a metalúrgica, incluindo o setor de pintura.

Este trabalho ficará mais restrito ao arranjo físico geral, embora seja necessário, em algumas situações, abordar o arranjo físico detalhado.

2.3 Objetivos do trabalho

O objetivo do trabalho é elaborar um novo layout para a metalúrgica e o setor de pintura de modo a obter um mínimo de espaço ocioso, transporte interno e estoques intermediários.

Neste novo layout, os materiais deverão fluir de modo contínuo, com um mínimo de retorno e cruzamento.

Além disso, o novo layout deverá proporcionar boas condições ambientais e de segurança para os trabalhadores.

Os objetivos citados visam atender o princípio do fluxo do processo, o princípio da mínima distância, o princípio do uso de espaço e o princípio da adequação ao homem. Porém, na medida do possível, procuraremos um novo layout que atenda os demais princípios do arranjo físico citados em 2.1.1 .

2.4 Metododologia empregada

A metodologia de arranjo físico utilizada neste trabalho é denominada sistema SLP (Systematic Layout Planning). Esta metodologia está descrita no livro de Muther [1].

Conforme Muther, o sistema SLP consiste de:

- uma estruturação de fases através das quais passa qualquer projeto de layout.
- um modelo de procedimentos para a realização do projeto, passo a passo.
- convenções para a identificação, visualização e classificação das várias atividades, inter-relações e alternativas envolvidas em todo em todo o projeto de arranjo físico.

2.4.1 Fases de um projeto de layout

Segundo a metodologia SLP, qualquer projeto de layout passa por 4 fases distintas que são:

Fase I - Localização: determinação da localização da área para a qual será realizado o planejamento das instalações.

Fase II- Arranjo físico geral: estabelecimento da posição relativa entre as áreas. Nesta fase, as áreas e as inter-relações são estabelecidas a um nível mais agregado. Os planos obtidos nesta fase são denominados de arranjo de blocos, "block-layout", ou localização relativa de áreas.

Fase III- Arranjo físico detalhado: nesta fase cada máquina ou equipamento é localizado, levando em conta as características físicas e incluindo todos os serviços e suprimentos necessários.

Fase IV - Implantação: planejamento das etapas de implantação do projeto de layout. Este planejamento deve envolver o estudo de custos, formas de movimentação de máquinas e equipamentos, instalações necessárias para a implantação do arranjo físico.

Essas 4 fases estão estruturadas de forma que elas se sucedem e para um melhor resultado elas devem se superpor umas às outras.

2.4.2 Roteiro para a realização do projeto

O sistema SLP estabelece um procedimento para a realização de projetos de arranjo físico. Este procedimento é aplicado na fase II (arranjo físico geral) e é repetido na fase III (arranjo físico detalhado).

O procedimento tem inicio com a análise das informações sobre o produto, quantidade, roteiro (processos e equipamentos), serviços de suporte, tempo e atividades envolvidas. Essas informações são utilizadas para estudo dos fluxos de materiais e o estabelecimento das inter-relações de atividades.

A etapa seguinte consiste em combinar o estudo dos fluxos e o estabelecimento das inter-relações de atividades. Como resultado teremos o diagrama de inter-relações entre atividades. Neste diagrama, as áreas estão geograficamente relacionadas entre si, mas não é considerado a necessidade de espaço de cada área.

Com as informações do espaço necessário para cada área e as informações do espaço disponível é estabelecido o diagrama de inter-relações entre espaços. Este diagrama é o arranjo físico "ideal", ou seja, é o melhor arranjo obtido com a aplicação do procedimento, mas que não considera as restrições e limitações práticas.

A combinação do arranjo "ideal" com as restrições e limitações práticas levará à elaboração de várias alternativas de arranjo físico. A seguir, as alternativas de arranjo serão avaliadas com base em critérios estabelecidos. Depois que a alternativa for selecionada passa-se para a fase seguinte que pode ser o arranjo físico detalhado ou a implantação.

CAPÍTULO 3

DESCRIÇÃO DO SETOR EM ESTUDO

3.1 Descrição do setor

No setor de metalúrgica da Empresa são fabricados os componentes metálicos dos móveis. Os principais componentes fabricados são: estruturas de cadeiras, estruturas de suporte da mesa ("pé de mesa", travessas de mesas), estruturas de painéis divisórios e gavetas. Esses componentes são obtidos a partir do processamento de chapas e tubos de aço e perfis de alumínio.

Os processos de fabricação envolvidos são o corte (guilhotina ou serra), a rebarbação, a dobra, a estampagem, a usinagem (torno, fresa, furação e lixamento) e soldagem (solda Mig ou solda ponto). Após o processamento nas máquinas, as peças passam pelo processo de preparação para a pintura (banhos em soluções desengraxantes, desoxidantes e fosfatizantes). Em seguida, as peças são secadas e enviadas para as cabines de pintura.

Os tipos de pintura utilizados são a pintura epóxi a pó e pintura líquida. A pintura das peças metálicas é realizada em um local adjacente à metalúrgica, sendo que os dois setores estão localizados no mesmo prédio.

3.1.1 Processos de fabricação envolvidos

A seguir, serão descritos com maior detalhe os processos de fabricação utilizados na metalúrgica.

Estampagem

É um conjunto de operações de conformação mecânica que visa dar forma geométrica, plana ou oca, à uma chapa plana.

As operações de conformação mecânica são obtidas com o emprego de prensas e com o auxílio de ferramentas denominadas estampos ou matrizes.

A estampagem compreende as seguintes operações:

- corte.
- dobramento e encurvamento.
- estampagem profunda.

Para dobras mais simples como, por exemplo, dobras na forma de "L", são utilizadas prensas viradeiras. As prensas excêntricas são utilizadas para o corte, encurvamento e estampagem profunda.

A dobragem de tubos para a formação de estruturas de cadeiras é realizada em uma máquina específica. Esta máquina é denominada de Dobra tubos e é capaz de realizar dobras com ângulos superiores a 90 graus.

Soldagem

A soldagem utilizada é do tipo a arco. Este tipo de soldagem é denominada de autógena, ou seja, no processo o material-base participa por fusão na constituição da solda. A fonte de calor é um arco elétrico. O arco elétrico é formado ao passar uma corrente de uma barra de metal, que constitui o eletrodo, e o metal original. A soldagem do tipo Mig (sigla de Metal Inerte Gás) é uma soldagem a arco com proteção da zona do arco elétrico realizada pelo emprego de uma cobertura gasosa (gás carbônico, argônio, oxigênio).

Um outro tipo utilizado é a soldagem a ponto ou soldagem por resistência. O processo consiste na passagem de corrente através de dois elementos a serem unidos, pressionados um contra o outro por meios de eletrodos. A soldagem ocorre pela aplicação simultânea de pressão e calor: a alta densidade de corrente vence a resistência na superfície de contato das peças, gerando uma temperatura logo abaixo do ponto de fusão dos metais.

Pintura

Os processos de pintura utilizados são a pintura a pó e a pintura com tinta líquida. A tinta em pó proporciona uma pintura com uma resistência mecânica e química superior às tintas líquidas. Dessa forma, a pintura a pó é aplicada nas peças metálicas dos móveis que ficam mais expostas e sujeitas a danos como, por exemplo, as cruzetas de cadeiras. As peças que ficam menos sujeitas a danos são pintadas com tinta líquida (tinta poliuretano).

Pintura com tinta a pó

O processo de pintura a pó é baseado no princípio eletrostático de que as partículas com cargas opostas se atraem. A tinta em pó é colocada em um recipiente e transportada para uma pistola de aplicação através de ar comprimido. Na pistola, o pó é carregado eletrostaticamente e adere na peça em que for aplicada devido à carga que carrega. Em seguida, as peças pintadas são levadas para a estufa onde o pó é polimerizado, ou seja, ele é "fundido" adquirindo assim, o acabamento final. A aplicação do pó é realizada em cabines e parte do pó que não adere na peça é recuperada para evitar o seu desperdício.

Pintura com tinta líquida

Neste processo de pintura, a tinta líquida é aplicada nas peças através de uma pistola. A aplicação da tinta é realizada em cabines e não há a recuperação de tinta como ocorre no processo de pintura a pó. Outra diferença, em relação à pintura a pó, é que as peças pintadas não precisam ser secadas na estufa.

Preparação para pintura

Todas as peças que serão pintadas precisam passar primeiro pelo processo de tratamento para que não haja impurezas nas peças que dificultem a pintura. Este processo de tratamento é realizado através da imersão das peças em banhos preparados para a remoção de óleo, óxidos e outras impurezas. Os banhos utilizados são os seguintes: desengraxantes, desengraxante alumínio, desoxidantes, fosfatizantes e passivador. As peças não passam necessariamente por todos esses banhos.

Corte de chapas e tubos

As chapas de aço são cortadas em chapas de dimensões menores através de tesouras guilhotinas. O corte das chapas é obtido através de cisalhamento.

Os tubos e perfis são cortados através de processos de serramento. Nestes processos, as peças são seccionadas com o auxílio de ferramentas multicortantes de pequena espessura denominadas serras. Na metalúrgica são utilizadas serras circulares onde a serra gira e a peça fica parada. O processo de serragem dos perfis de alumínio é o mesmo, porém é utilizada uma serra específica para alumínio.

O corte de alguns tubos de aço é realizado no torno revólver. Neste caso, o tubo gira em torno de um eixo e a ferramenta de corte avança sobre o tubo.

A rebarbação consiste em eliminar as rebarbas devido ao corte de tubos. Este processo é realizado em máquinas denominadas esmeril. Normalmente é um processo posterior ao corte de tubos e perfis.

Usinagem

Dentro do processo de usinagem, foram considerados o fresamento, a furação e o lixamento. O fresamento é um processo destinado à obtenção de superfícies variadas mediante o emprego de ferramentas denominadas fresas. As fresas são ferramentas com um determinado número de arestas de corte equidistantes e dispostas simetricamente em relação a um eixo de rotação.

As peças fresadas são as estruturas de cadeiras tubulares ou então as cruzetas. No caso das estruturas, as pontas dos tubos são fresadas para que a conexão com outro tubo seja realizada sem interferência. Para as cruzetas, as patas são fresadas no local de união delas com o tubo central. Dessa forma, não há interferência nessa união da pata com o tubo central.

A furação é um processo para obtenção de furos geralmente cilíndricos. Para a realização do furo, normalmente a ferramenta de furação gira e avança segundo uma trajetória retilínea sobre a peça. Existem várias modalidades de furação, sendo que as mais utilizadas na metalúrgica são a furação em cheio e o escariamento.

O lixamento consiste em um processo mecânico de usinagem por abrasão executado por abrasivos aderidos a uma tela e movimentado com pressão contra a peça. Este processo é utilizado para realizar o nivelamento nas superfícies das peças e rebarbação.

3.2 Layout atual e seus problemas

A figura 3.1 mostra o layout atual da metalúrgica e da pintura. Conforme já foi dito, o layout predominante na metalúrgica é do tipo funcional, ou seja, as máquinas estão dispostas conforme suas funções. Assim, as prensas de diversas capacidades estão em um mesmo local, o mesmo acontecendo com as furadeiras e máquinas de solda. Porém, para alguns produtos, existem máquinas dedicadas para a fabricação de determinadas peças. Desse modo, há uma máquina de fresa e uma de solda dedicada à fabricação de patas de cruzetas.

A figura 3.2 mostra o layout atual com os detalhes de máquinas e equipamentos.

O roteiro simplificado de produção pode ser descrito na seguinte seqüência: as matérias-primas (chapa, tubo ou perfis) são cortadas na guilhotina ou no setor de corte. A seguir, as peças obtidas a partir de chapas são levadas para as prensas ou dobradeiras. As etapas posteriores são a soldagem, a pintura, a embalagem e o armazenamento. No caso de peças obtidas a partir de tubos, elas seguem do setor de corte para máquina de dobragem de tubos. As etapas posteriores são a furação e o fresamento. Após estas etapas, as peças são soldadas e são levadas para a pintura, embalamento e armazenagem. Considerando esta descrição simplificada e observando as figuras 3.1 e 3.2, percebe-se que o fluxo de materiais é confuso. Além disso, as peças percorrem uma distância muito grande.

Um outro problema do layout atual é que o setor de pintura não é isolado da metalúrgica, fato que acaba causando problemas relacionados com pó (pó utilizado na pintura) em todo o prédio onde está a metalúrgica.

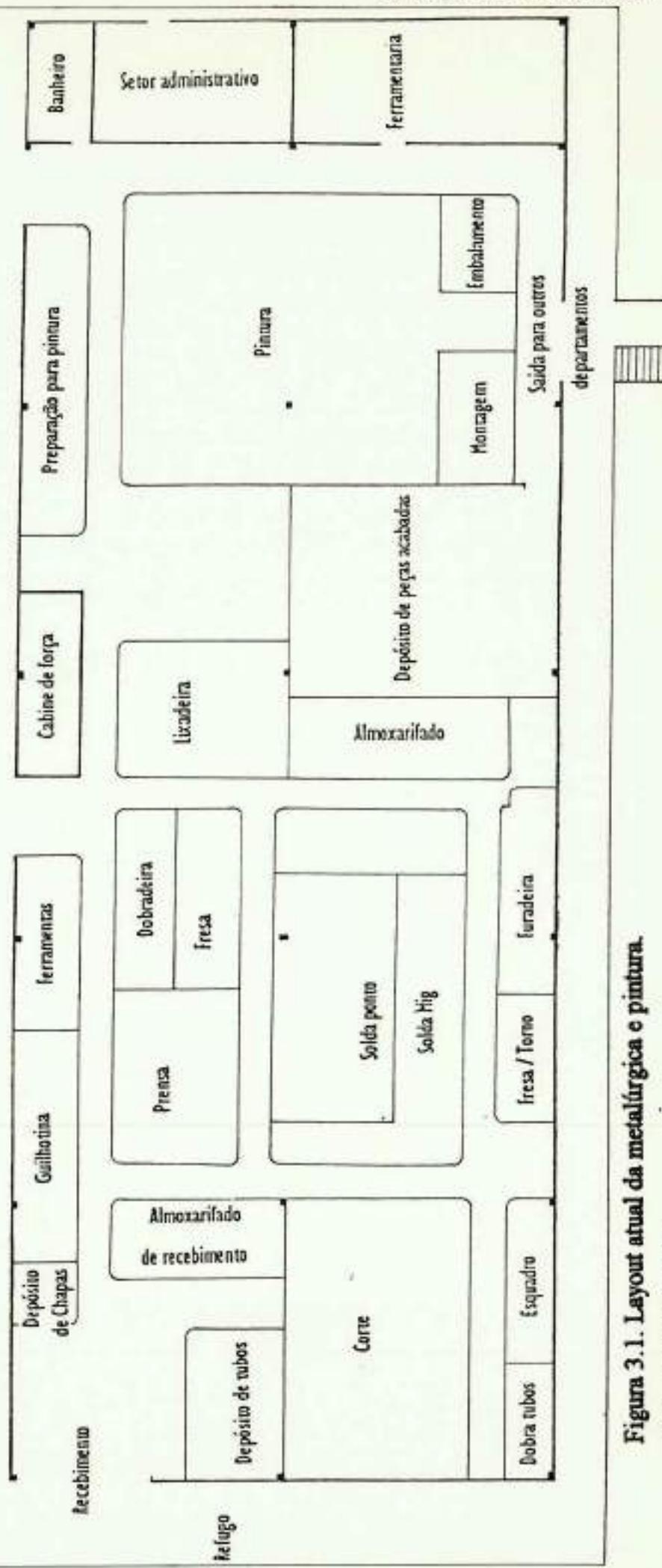


Figura 3.1. Layout atual da metalúrgica e pintura.

Elaborado pelo autor.

Escala 1 : 350

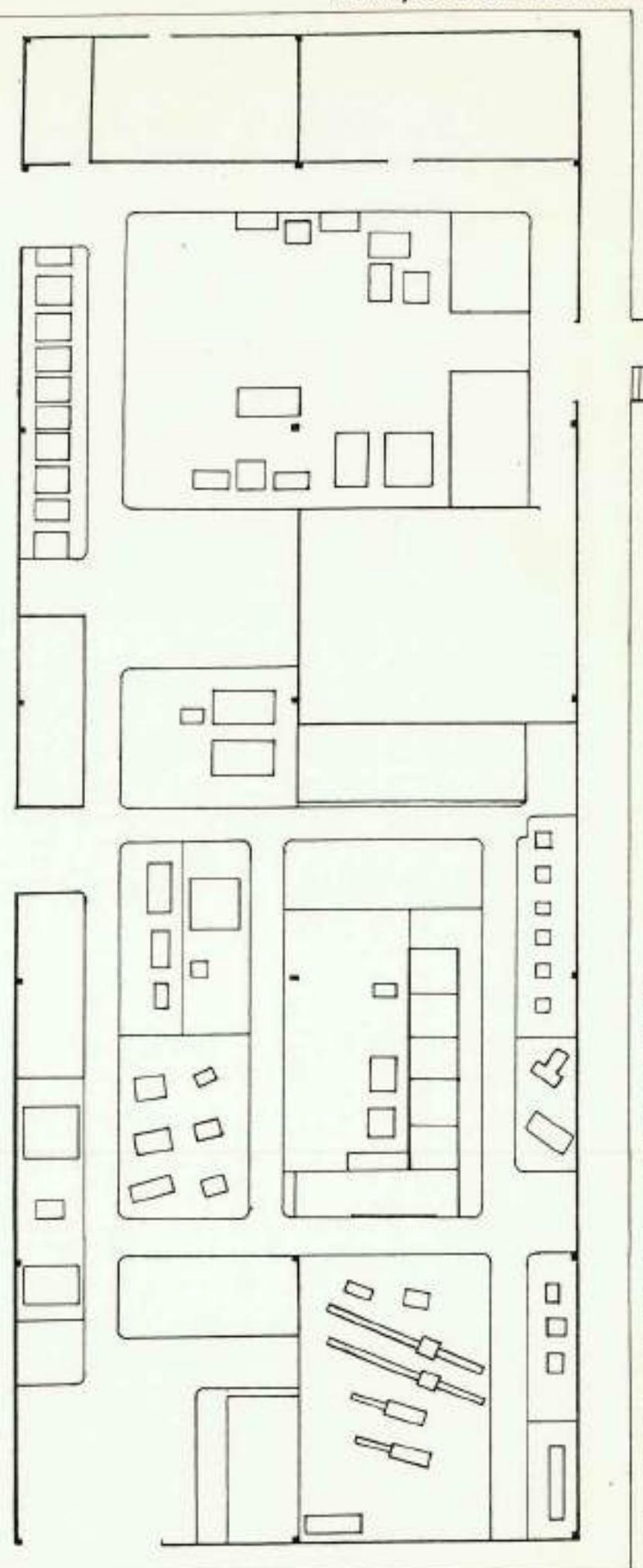


Figura 3.2. Layout detalhado da metalúrgica e pintura.

Elaborado pelo autor.

Escala 1: 350

CAPÍTULO 4

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Análise de volume-variedade

De acordo com o sistema SLP, o início do projeto de arranjo físico consiste em analisar a linha de produtos da empresa ou de um setor. Os dados iniciais para esta análise são o produto, ou seja, o que é produzido e a quantidade produzida de cada item. A análise da linha de produtos deve ser baseada não apenas nos produtos fabricados atualmente, mas principalmente nos produtos que provavelmente estarão sendo produzidos após a implantação do projeto.

As principais peças produzidas pela metalúrgica são:

Coluna de mesa: essa peça é comumente denominada de "pé de mesa" e forma a estrutura da mesa. Todas as mesas analisadas utilizam o mesmo tipo de coluna ou alguma variação desta coluna.

Gavetas: as gavetas são utilizadas nas mesas, nos volantes (gaveteiros soltos) e nos armários. As gavetas variam com relação às dimensões e quantidades produzidas, porém o processo de fabricação é o mesmo. Há modelos de mesas que não possuem gaveteiros.

Cruzetas: as cruzetas são peças que formam a base de cadeiras giratórias. O seu formato é de uma estrela de cinco pontas. Elas podem receber rodízios ou deslizadores.

Travessa de mesa: a travessa é a peça que une as colunas formando assim a estrutura da mesa.

Estrutura de cadeira: essas estruturas são peças que compõem a base de cadeiras não giratórias. O material empregado nestas estruturas é o tubo de aço.

Estrutura de painel: é a base de painéis divisórios. As estruturas são obtidas através do processamento de perfis de aço ou a partir de chapas de aço. O seu formato é semelhante a um quadro.

Montantes e prateleiras de biblioteca: são estruturas que compõem os armários de aço destinados ao acondicionamento de livros.

Perfis de alumínio: são peças processadas a partir do corte de barras de alumínio extrusadas. Uma parte dos perfis é utilizada nas colunas de mesa e a outra parte é utilizada na base de painéis divisórios de alumínio.

Longarinas: são peças que fazem parte de estruturas de poltronas para auditório.

Estas peças listadas correspondem à maior parte (cerca de 80%) da produção do setor de metalúrgica da Empresa. As demais peças são produzidas em menores quantidades e outras peças como, por exemplo, estruturas do mecanismo de cadeiras, estão sendo produzidas por outra empresa.

Algumas peças da metalúrgica estão sendo produzidas por terceiros pois a Empresa não possui boas condições para processar essas peças internamente. Este é o caso de peças que exigem um setor de usinagem melhor, já que a Empresa conta com apenas um torno universal. Uma outra parte das peças é produzida externamente porque além da Empresa não possuir os equipamentos necessários para a fabricação, a quantidade demandada dessas peças é baixa. Desse modo, peças fundidas, como é o caso de cruzetas de alumínio, são produzidas por terceiros. A quantidade de cadeiras vendidas que utilizam estas cruzetas é muito baixa, não justificando qualquer tentativa de fabricação interna desta peça.

Na figura 4.1 estão representadas as principais peças produzidas pela metalúrgica.

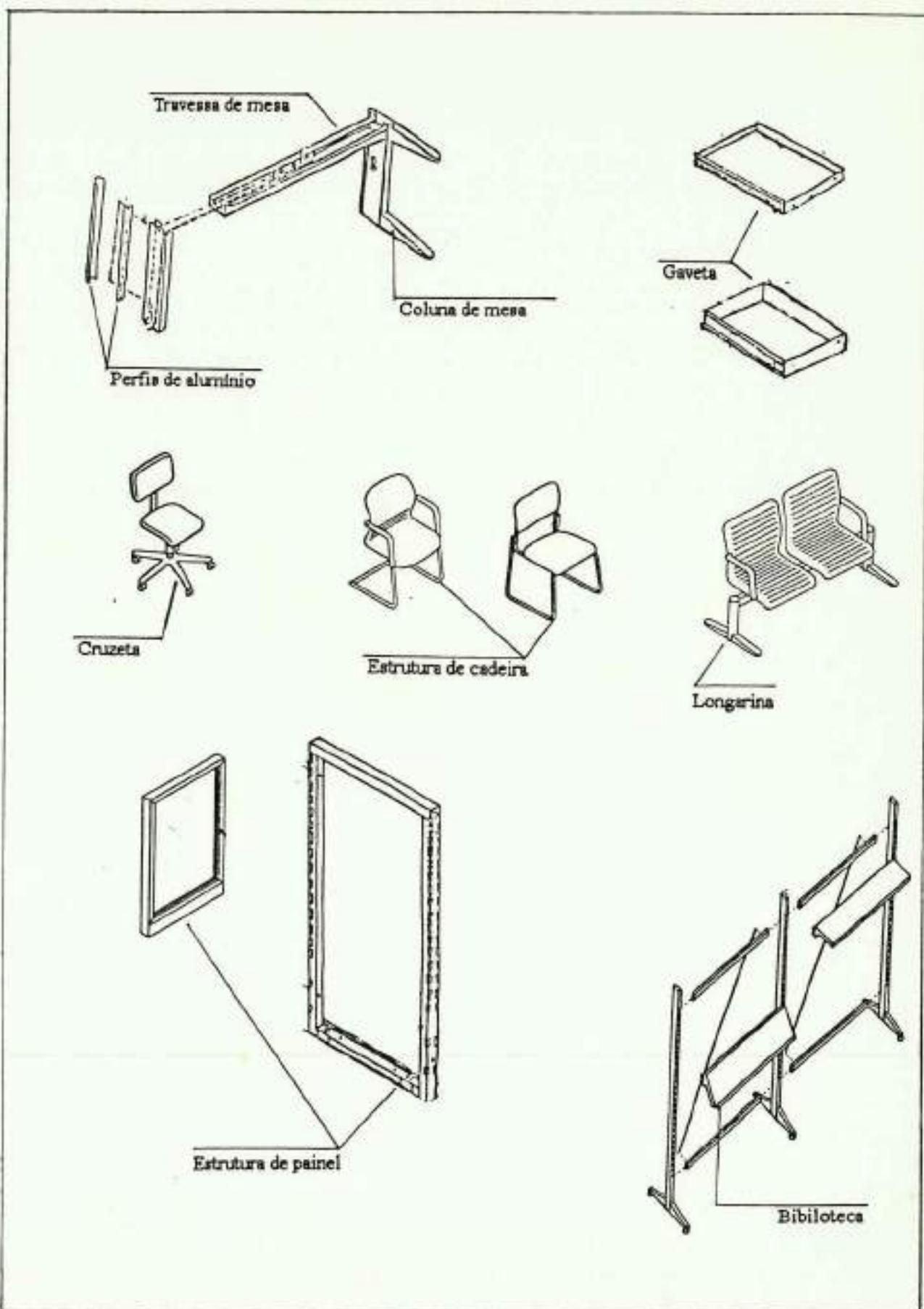


Figura 4.1 Principais peças produzidas na metalúrgica
Adaptado de material da Empresa

4.1.1 Levantamento da quantidade de cada peça

Os dados de quantidade de cada peças produzidas foram obtidos através da estatística de vendas do período de janeiro até novembro de 1993. Este intervalo de tempo foi considerado pois só havia a estatística detalhada dos produtos vendidos para este período. Além disso, o período analisado compreende praticamente o ano inteiro de 1993. Este período pode ser considerado como típico, já que a demanda pelas famílias de produtos foi a seguinte, em ordem decrescente: superfície de trabalho, assentos, arquivos e painéis divisórios. Esta ordem de demanda reflete o comportamento histórico das vendas do passado e provavelmente do futuro.

A estatística de vendas fornece as quantidades e o tipo de móvel vendido neste período. As quantidades de peças produzidas pela metalúrgica foram obtidas através da lista de peças de cada tipo de móvel e de sua quantidade produzida. Desse modo, um dado tipo de mesa vendida pode ter quatro colunas e três travessas, como é o caso de mesas componíveis.

Este procedimento de levantamento dos dados foi utilizado pois não existe um registro mais preciso das quantidades de peças produzidas pela metalúrgica. Neste levantamento foi considerado a hipótese de que a quantidade vendida é igual a quantidade produzida, ou seja, que não existiu uma produção superior à quantidade vendida. Esta hipótese foi considerada devido a produção da Empresa ser do tipo intermitente por encomenda.

4.2 Curva ABC

Com os dados obtidos no levantamento acima descrito, as peças produzidas pela metalúrgica foram analisadas através de uma classificação ABC.

A variável escolhida para realizar esta classificação foi a quantidade de unidades produzidas de cada peça.

A classificação obtida é mostrada na tabela 4.1 e a figura 4.2 mostra a representação gráfica desta tabela.

Peça	Quantidade / período
Perfis de alumínio	24858
Gavetas	17400
Coluna de mesa	15554
Estrutura cadeira (tubular)	11511
Travessa	10021
Cruzeta	8573
Biblioteca	3397
Estrutura de painel divisorio	3018
Longarina	1851

Tabela 4.1. Quantidade de peças produzidas

Elaborado pelo autor

Nota: período de 11 meses

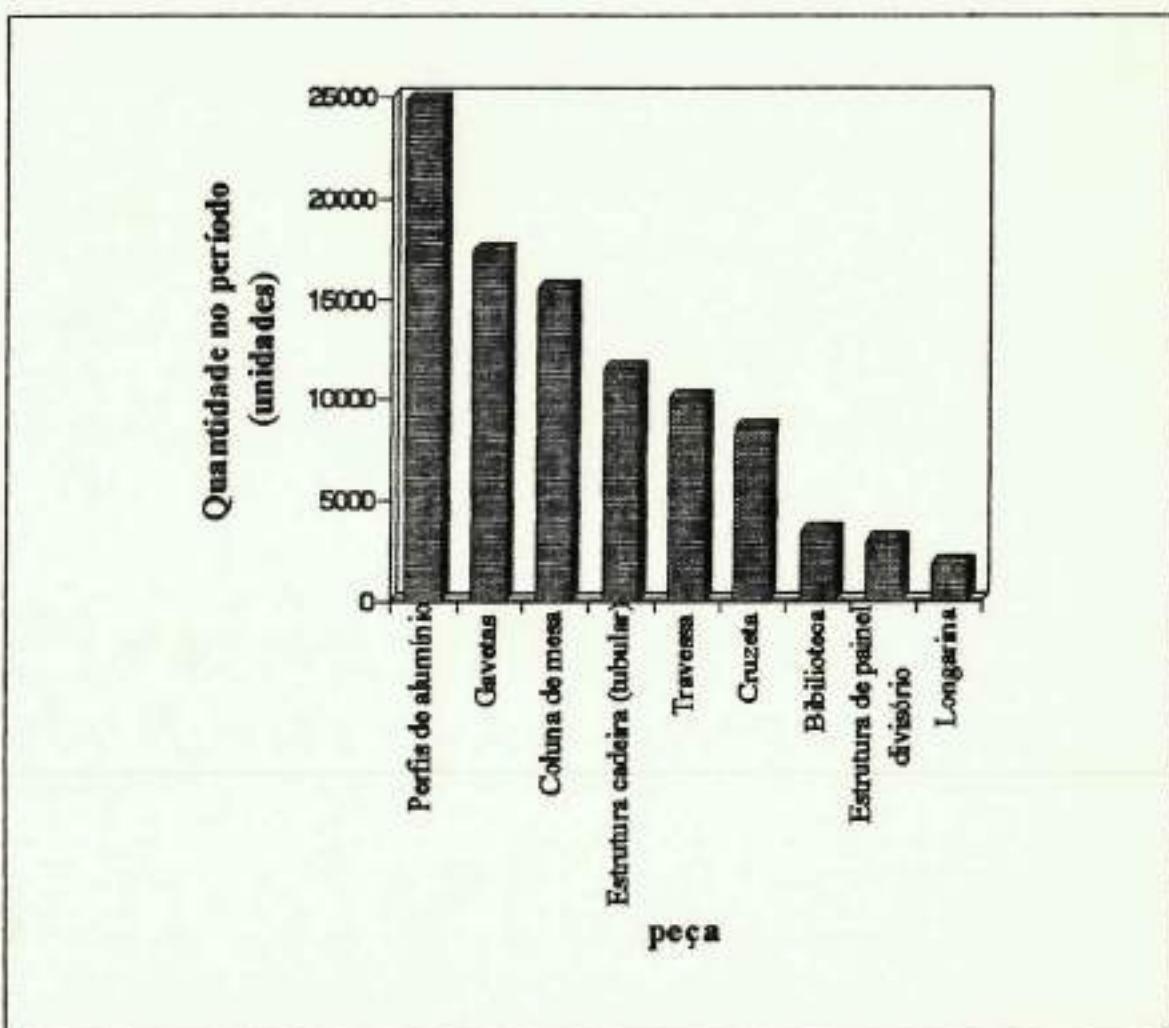


Figura 4.2. Classificação ABC das peças da metalúrgica

Elaborado pelo autor.

As peças foram agrupadas com base na semelhança de forma e de função. Assim, por exemplo, a peça gaveta engloba gavetas rasas, simples, gavetas para pastas suspensas e gavetas para arquivos.

Essas peças representam as famílias de produtos citadas anteriormente. Desse modo, a família de superfícies de trabalho é representada pela coluna, travessa e gavetas. As estruturas de cadeira, longarinas e cruzetas representam a família de assentos. A linha de arquivos é representada pelas gavetas e estantes de biblioteca. A família de painéis divisórios é representada pelos quadros de aço e de perfis de alumínio. Apesar dos perfis de alumínio não representarem uma família específica. Estes perfis são utilizados nas colunas de mesas e nos painéis divisórios de alumínio. Apesar dos perfis serem as peças de maior quantidade por unidade, o processamento deles é simples se comparado às demais peças.

Conforme a figura 4.2, as peças com maior quantidade são aquelas que compõem a estrutura de mesas e assentos.

A tabela 4.2 mostra as peças que compõem os agrupamentos realizados e suas respectivas quantidades.

Peça	Características / tipo	Quantidade (unidades no período)	Quantidade total no período
Perfis de alumínio	acabamento de coluna	12310	24858
	perfil de engate	12310	
	quadro divisorio de alumínio	238	
Gavetas	rasa	4447	17400
	simples	8179	
	pasta suspensa	1039	
	para arquivo	3735	
Coluna de mesa	coluna lateral	12310	15554
	coluna central	3244	
Estrutura de cadeira	poltrona fixa	3680	11511
	cadeira tubular	7831	
Travesssa de mesa	travessas	10021	10021
Cruzeta	cruzeta	5076	8573
Biblioteca (montante e prateleiras)	montante simples	457	3397
	prateleira reta	2028	
	prateleira inclinada	236	
	travessa	676	
Estrutura de painel divisorio	aço	3018	3018
Longarina auditório	longarina	1851	1851

Tabela 4.2. Quantidade de peças dos agrupamentos

Elaborado pelo autor

Nota: período de 11 meses

4.3 Áreas de atividades

As áreas de atividades são todos os elementos (que não pessoas e material em processo) que são considerados como parte do arranjo físico.

A determinação das áreas de atividades é muito importante pois, conforme Muther [1], erros na definição das atividades levam a arranjos físicos deficientes e acarretam vultosos custos de correção.

As áreas de atividades consideradas neste trabalho são:

Depósito de peças acabadas (DPA) - Local onde as peças ficam armazenadas temporariamente para que posteriormente sejam transportados para os outros setores.

Corte de tubos e perfis (CORT) - Área onde são cortados e rebarbados os perfis de alumínio e os tubos de aço. As máquinas utilizadas são dois tornos do tipo revólver, duas serras circulares, uma serra circular para alumínio, duas lixadeiras e um esmeril.

Guilhotina (GUIL) - Área onde as chapas de aço de tamanho padrão são cortadas em tamanhos menores para a utilização nos demais setores. Esta atividade conta com três guilhotinas de diferentes capacidades.

Dobradura (DB) - Área destinada a dobra de chapas de aço. Nesta área são utilizadas três prensas viradeiras com capacidades diferentes. Uma prensa tem capacidade de 12 toneladas, a outra tem capacidade de 25 toneladas e a última tem capacidade de 40 toneladas.

Prensas (PR) - Área onde são realizados os processos de corte, dobramento e estampagem profunda. Atualmente conta com seis prensas excêntricas com capacidades de 8, 22, 40, 65, 80 e 100 toneladas respectivamente.

Pintura (PT) - Área onde as peças da metalúrgica são pintadas com tinta a pó ou tinta líquida. Os principais equipamentos deste setor são as cabines de aplicação da tinta em pó e a cabine para aplicação de tinta líquida. Nesta área foi considerada a etapa de polimerização da tinta em pó que é realizada em estufas. Também foram consideradas as etapas de resfriamento das peças e secagem das peças pintadas com tinta líquida.

Preparação para pintura (PP) - Área onde as peças a serem pintadas são submetidas a banhos (tratamento) para eliminar impurezas, tais como óleo, graxa, óxidos que dificultam a pintura.

Esquadro (ESQ) - Esta operação consiste em verificar as dobras dos tubos em um gabarito. Caso esteja fora do esquadro, corrige-se a peça através de dobras realizadas manualmente.

Furadeira (FU) - Área onde as peças são furadas ou escariadas. Este setor conta cinco furadeiras de bancada.

Solda (SD) - Área que engloba a solda a ponto e solda Mig. Esta área conta atualmente com cinco equipamentos para solda Mig e três equipamentos para solda a ponto.

Dobradeira de tubos (DBT) - Trata-se de uma máquina específica para curvar tubos. Esta máquina é utilizada para dar forma às estruturas de cadeiras tubulares.

Montagem (MONT) - Área onde algumas peças, como a coluna de mesa, recebem componentes como rebites e deslizadores.

Lixadeira (LX) - Esta área conta com duas lixadeiras com mesa oscilante. Nesta área, algumas peças são rebarbadas antes de ir para a pintura.

Embalamento (EMB) - Nesta área algumas peças recebem uma proteção de papelão ou plástico para que não haja a danificação durante o transporte para os outros departamentos.

Fresa (FR) - Esta área é composta de uma fresa de acionamento pneumático, uma fresa universal e um torno mecânico.

Depósito de matéria-prima chapas (DMPC) - Área onde são armazenadas as chapas de aço. As chapas utilizadas tem o formato retangular com medida de 2 metros por 1 metro (chapa-padrão).

Depósito de matéria-prima tubos e perfis (DMPT) - Área onde são armazenados perfis e tubos de aço. A maior parte dos perfis e tubos tem comprimento de 6 metros.

As atividades acima descritas podem sofrer algumas alterações ao longo do projeto para uma melhor adequação a cada etapa do sistema SLP.

4.4 Projeções para o futuro

As projeções para o futuro devem ser consideradas no projeto de arranjo físico para que não haja o risco de realizar um projeto pouco eficiente durante a sua vida útil. Dessa forma, serão analisados as projeções quanto a linha de produtos, investimentos em equipamentos e máquinas, previsão de construção de novos prédios ou instalações.

A linha de produtos da Empresa está estruturada em gerações de produtos. Cada geração geralmente envolve mudanças das linhas de superfícies de trabalho, assentos, painéis divisórios e arquivos. A geração atual é a terceira e a Empresa está pensando na quarta geração. Porém, não existe uma definição maior desta linha. A mudança de geração é realizada de modo gradativo. Desse modo, durante um determinado período há produção de mais de uma geração de produtos. Como não existe uma definição do projeto e nem de prazo, uma solução é que os projetos dos novos produtos levem em consideração o novo layout da metalúrgica, como propõe Harmon e Peterson [3].

A família de superfícies de trabalho sempre liderou as vendas seguida, respectivamente, pela família de assentos, família de arquivos e família de painéis. Dessa forma, espera-se que este comportamento se repita para o futuro.

Com relação aos materiais, não estão previstas grandes inovações nas peças dos móveis que possam afetar o setor em estudo. Uma boa parte dos móveis continuará com peças e estruturas fabricadas a partir do processamento de chapas, tubos e perfis, ao contrário do que ocorreu no passado. Antes, praticamente os móveis eram fabricados em madeira. Com o passar do tempo, componentes como a gaveta passaram a ser fabricados a partir de chapas de aço.

Para o setor em estudo, não há a previsão de investimento em novas máquinas ou equipamentos.

O terreno onde está localizada a Empresa é próprio e não há a previsão de mudança de local. Além disso, não há previsão de construção de novas instalações.

Portanto, o rearranjo do layout da metalúrgica será baseado nas informações e considerações feitas até agora com relação às projeções do futuro.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS

5.1 Análise do fluxo

A análise do fluxo de materiais consiste em determinar a seqüência de movimentação dos materiais e em determinar a intensidade destes movimentos.

Existem diversos métodos para a análise do fluxo de materiais, sendo que o diagrama Produto-Quantidade (P-Q), ou seja, a classificação ABC das peças com relação à quantidade, é utilizado como guia para a escolha do método.

O método de análise do fluxo utilizado neste trabalho foi baseado na Carta de-para. Este método foi adotado porque as peças analisadas são diversificadas e na maioria delas há montagens.

5.2 Medida de intensidade de movimentos

A intensidade de movimento nos diversos roteiros é uma medida da importância relativa de cada ramo do roteiro e também da proximidade relativa das operações.

A medida utilizada neste trabalho é denominada Mag (abreviatura de Magnitude)¹. Esta unidade é uma medida do grau de transportabilidade de materiais, independente de como serão movidos ou transportados.

5.2.1 O método Mag de análise de fluxo

O Mag estabelece um fator-base a partir de uma característica quantitativa do material analisado, que no caso é o volume, e pondera esse valor através de fatores qualitativos que visam levar em conta as características de dificuldade de transporte. A intensidade de fluxo de um material é obtida multiplicando a quantidade de Mag pela quantidade de peças movimentadas por unidade de tempo.

O Mag é recomendado em casos em que a produção é diversificada, tornado o material envolvido no processo de produção bastante variado. Nestes casos, torna-se difícil adotar

¹ esta unidade está descrita no anexo 1 de Muther [1]

uma unidade para medir a transportabilidade dos materiais, pois nem o peso, nem o volume e nem a quantidade podem servir como boa base de medida.

Os fatores que afetam a transportabilidade e manuseio de materiais, segundo o método Mag são:

- A- Tamanho.
- B- Densidade ou estado de agregação.
- C- Forma do material.
- D- Risco de danos ao material, suprimentos e trabalhadores.
- E- Condição do item.
- F- Valor ou custo do item.

O método Mag utiliza uma tabela de pesos para os fatores B, C, D e E de modo a quantificar o grau de dificuldade na movimentação de materiais (tabela 5.1). O fator A, denominado de fator base-tamanho, é obtido através de um gráfico que relaciona volume da peça e o valor base A (figura 5.1).

Por definição do método, uma unidade Mag é atribuída a um material que:

- A- possa ser segurado convenientemente em uma mão só².
- B- seja razoavelmente sólido.
- C- seja compacto na forma e que tenha algumas qualidades de empilhamento.
- D- possui pouco risco de danos
- E- esteja razoavelmente limpo, firme e estável.

Nesta definição, não foi considerado o fator F (valor ou custo do item), pois, geralmente, esse fator não acarreta variações em sua transportabilidade e também porque o cuidado na movimentação já está implícito no fator E (Risco de danos). Neste trabalho também não foi utilizado o fator F. Porém, se for preciso, deve-se estabelecer uma escala de valores para este fator.

Um exemplo de material com uma unidade Mag é um cubo de madeira de 165 cm³, ou seja, um cubo de 5,5 cm de aresta.

² o fato de poder ser segurado convenientemente em uma mão só não significa que o transporte será manual. É apenas uma definição de tamanho.

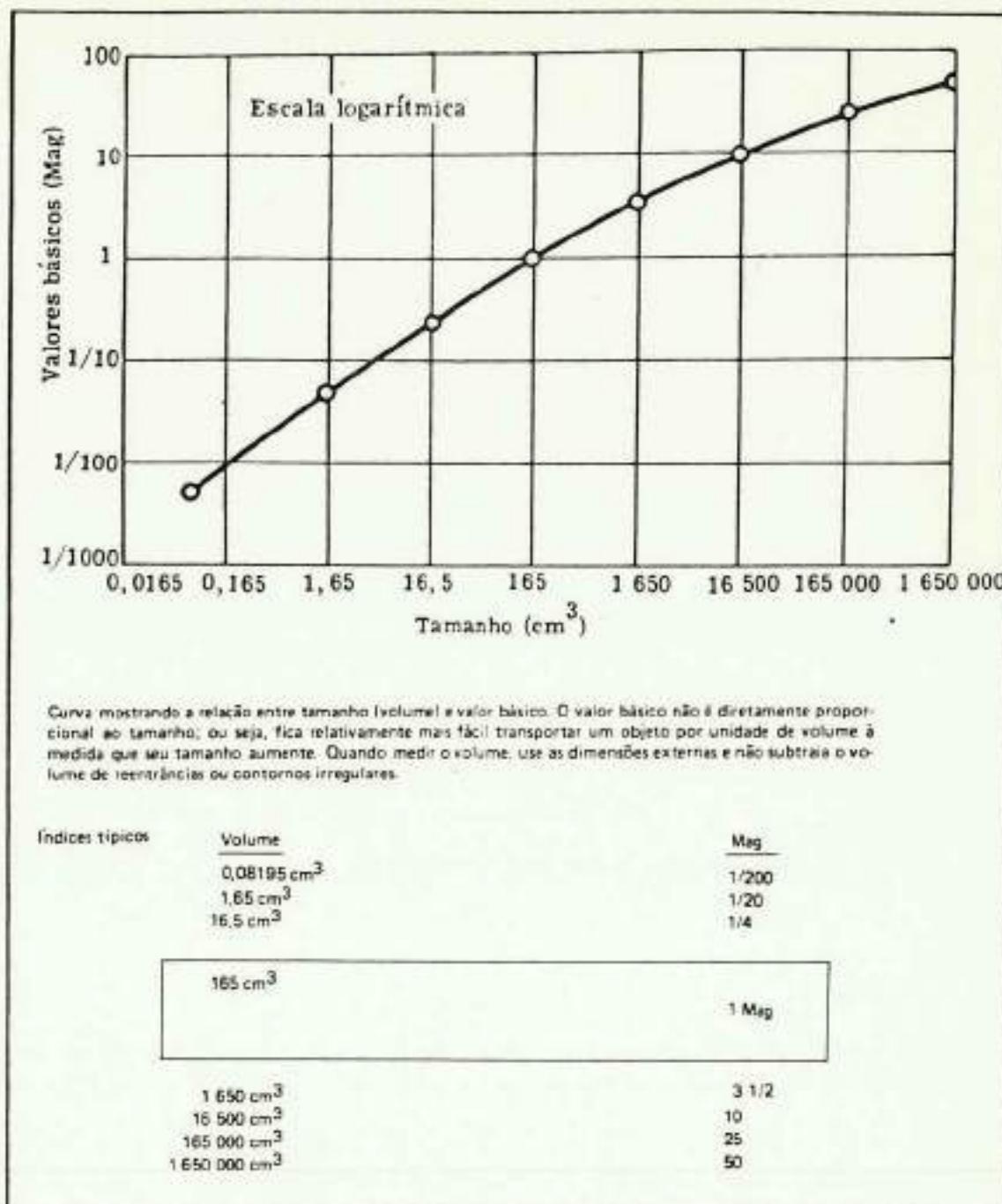


Figura 5.1. Gráfico fator tamanho A.

Transcrito de Muther [1].

5.2.2 Forma de cálculo do valor da unidade Mag

Determina-se o volume do material a ser medido utilizando as dimensões externas e não subtraindo o volume de reentrâncias ou contornos irregulares. Com o volume obtido, determina-se o valor base A através da figura 5.1. Em seguida, são determinados os valores dos fatores modificadores, conforme a tabela 5.1.

Os valores de unidades Mag são obtidos através da seguinte fórmula:

$$\text{Unidades de Mag} = A + [0,25 * A * (B+C+D+E)] \text{ ou}$$

$$\text{Unidades de Mag} = A * [1 + 0,25 * (B+C+D+E)]$$

Cada unidade atribuída a um fator corresponde, dependendo de seu sinal, a um aumento ou uma redução de 25% do valor base A. Esta porcentagem está definida no método Mag e com isso, o máximo aumento que o valor base pode sofrer, segundo a fórmula de cálculo e os valores da tabela 5.2, é de 375%. Isto corresponde ao seguinte caso:

$$B = +3$$

$$C = +4$$

$$D = +4$$

$$E = +4$$

Neste caso, a soma de B, C, D e E é igual a 15 pontos e o valor em unidades de Mag seria 4,75 vezes o valor do fator base, correspondendo a um aumento de 375%.

Por outro lado, o valor base pode sofrer uma redução que pode levar a valores nulos ou negativos. Para que isto ocorra, basta que a soma dos valores dos fatores B, C, D e E seja igual ou menor que - 4 e nesses casos a unidade Mag não teria sentido. Para atenuar este problema, foi estabelecido, no método Mag, o valor mínimo de Mag em 25% do valor de A. Embora seja possível obter um valor nulo ou negativo de Mag, segundo Muther [1], isto raramente ocorre.

Portanto, a unidade em Mag de uma peça ou produto pode chegar a um valor máximo de 4,75 vezes o valor de A e um valor mínimo de 0,25 vezes o valor base A.

A. Classes	B. Densidade	C. Forma	D. Risco de danos	E. Condicão
-3	—	Muito plano e empilhável ou possível de guardar em conjuntos (folhas de papel ou metal)	—	—
-2	Muito leve (folhas de metal)	Prontamente empilhável ou de guardar em conjuntos (blocos de papel, pratos)	Não suscetível a qualquer tipo de danos (ferro velho)	—
-1	Leve (papelão corrugado)	Razavelmente empilhável ou de guardar em conjuntos (livros, xícaras)	Suscetível a pouquíssimos danos (blocos de aço)	—
0	Razavelmente sólido (bloco de madeira)	Basicamente regular ou algo irregular (sacos de cereais)	Levemente suscetível a algum tipo de dano (bloco de madeira)	Limpo, firme e estável (bloco de madeira)
1	Razavelmente pesado e denso (macho de fundição)	Comprido, arredondado, ou algo irregular (sacos de grãos e barra curta)	Suscetível a danos produzidos por esmagamento, quebra ou arranhões (obras de arte)	Oleoso, fraco, instável ou de difícil manuseio (spars de madeira oleosa)
2	Pesado e denso (peça forjada)	Muito grande, esférico ou irregular (mesas de telefone)	Bastante suscetível a danos (tubos de TV)	Coberto de graxa, quente, muito fraco ou escorregadio e de manuseio muito difícil
3	Muito pesado e denso (matrizes e peças pesadas)	Extremamente grande, curvo ou altamente irregular (viga de aço)	Muito suscetível a danos (peças de cristal)	(superfícies pontiagudas)
4	—	Extremamente grande e curvo, ou extremamente irregular (tubos moldados, cadeiras)	Altamente suscetível a danos (ácidos em garrafas, explosivos)	(aço fundido)

Tabela 5.1. Fatores modificadores

Transcrito de Muther [1]

O método Mag foi adotado neste trabalho pois a produção na metalúrgica é muito diversificada. Além disso, muitas peças da metalúrgica sofrem mudanças significativas quanto à forma, risco de danos e condição a cada etapa do processo. Desse modo, por exemplo, a medida que uma chapa de aço percorre o seu roteiro de fabricação, sua forma muda progressivamente, de uma chapa até componentes complexos das mobílias. Durante o percurso do roteiro, o peso movimentado entre departamentos não muda de maneira apreciável. Porém, o tamanho, a forma, o risco de danos e condições são modificados a cada etapa do processo de fabricação. Isto mostra que a utilização de unidades de medida de fluxo como a massa (tonelagem), ou o número de componentes poderia revelar algumas modificações sofridas pelo material em alguns departamentos, se tanto.

No apêndice 1 de Muther [1], há um exemplo de um caso real de aplicação de uma extensão do método Mag aplicada em uma indústria de móveis de escritório de aço. A empresa onde foi realizado este trabalho não produz móveis inteiramente de aço como no caso citado no apêndice 1, porém, boa parte dos componentes dos móveis são feitos aço. Desta forma, em indústrias deste tipo é necessário adotar uma unidade de medida coerente para a caracterização do fluxo de materiais.

Este método foi empregado também para estabelecer uma unidade comum para a determinação dos fluxos dos outros setores da Empresa. Essa unidade comum é muito importante na integração dos fluxos entre os setores, já que, geralmente, os componentes dos móveis são produzidos em diversos setores. Assim, o método Mag poderá ser utilizado na determinação dos fluxos da marcenaria, da tapeçaria e da montagem.

5.2.3 Limitações do método Mag

O método Mag é empírico e foi desenvolvido por engenheiros de arranjo físico e de movimentação de materiais tendo em vista a necessidade específica de um caso particular e sendo, posteriormente aprimorado.

É claro que o método possui limitações. A hipótese de que a dificuldade de transporte de uma peça independe do método de movimentação não é totalmente verdadeira. Contudo, o Mag é uma forma de medir e comparar as dificuldades relativas ao problema de transporte de itens muito diversificados ou que passam por significativas transformações ao longo do processo de fabricação.

5.2.4 Como foi utilizado o método Mag

A cada etapa entre as atividades do roteiro de fabricação, foi determinada a unidade Mag da peça ou componente.

O valor do fator base A foi obtido através de medida das dimensões externas das peças ou dos componentes da peça na sua forma final. No caso de componentes das peças, à medida que foi feita a sua montagem com outros componentes, as unidades em Mag foram somadas. O mesmo valor do fator A não foi adotado para determinar o fluxo de materiais que vai do depósito de matéria-prima até a etapa de corte em serra ou guilhotina, pois a peça movimentada entre estas atividades não é a mesma que nas demais etapas do processo de fabricação. Os materiais que são transportados entre estas etapas dos processos são chapas, tubos e perfis de tamanho padrão que são cortados em peças menores para que possam ser processadas. Desse modo, foi definida uma unidade em Mag, baseada nas características da chapa, tubo ou perfil, para que fosse estabelecido o fluxo entre a atividade de depósito de matéria-prima e a atividade de corte. As quantidades de chapas, tubos, ou perfis movimentadas no período foram baseadas no aproveitamento da matéria-prima pela peça, ou seja quantas peças possíveis podem ser retiradas de uma dada matéria-prima.

Para exemplificar a utilização do método Mag neste trabalho serão mostrados a seguir os cálculos realizados para uma peça produzida na metalúrgica. Esta peça é a cruzeta e a análise foi realizada com base na carta de processo. A cruzeta é composta de 5 patas que são soldadas em um tubo central. Para cada pata foi calculado o seu volume (550 cm^3) e,

através da figura 5.1, foi encontrado o valor base de 1,5 Mag. Este valor foi modificado de acordo com o seu estado de agregação, forma, risco e condição durante o seu roteiro de fabricação. Desse modo, por exemplo, o material que vai da guilhotina (GUIL) até a prensa (PR) é uma chapa de aço já em dimensões menores que uma chapa padrão. Portanto, os fatores escolhidos a partir da tabela 5.1 foram:

B= -1 (densidade ou massa leve)

C= -2 (forma prontamente empilhável, pois é uma chapa de metal)

D= -1 (susceptível a pouquíssimo danos)

E= 1 (condição um pouco oleosa devido a camada de óleo para proteção da chapa)

O valor final da unidade em Mag foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Mag} = A * [1 + 0,25 * (B + C + D + E)]$$

Numericamente temos,

$$\text{Mag} = 1,5 * [1 + 0,25 * (-1 - 2 - 1 + 1)]$$

$$\text{Mag} = 0,38$$

Este valor encontra-se na coluna Mag da tabela 5.2 e foi multiplicado pela quantidade de peças movimentadas no período. Como a quantidade de cruzetas produzidas no período considerado (11 meses) foi 8573 unidades e como na produção de uma cruzeta são necessárias 5 patas, a quantidade de chapas movimentadas entre a guilhotina e a prensa, para a cruzeta, é 5 vezes o valor de cruzetas produzidas (42865 unidades). A mesma análise foi realizada para as demais etapas do processo de produção.

Conforme já foi dito, o fluxo entre o depósito de matéria prima e a guilhotina é de chapas de tamanho padrão que são cortadas em tamanhos menores para serem utilizados das demais etapas. Desse modo, não foi considerada a mesma forma de cálculo realizada anteriormente. Foi estabelecido um valor em Mag para a chapa e a quantidade movimentada no período foi baseada no aproveitamento da chapa pela peça. No caso da cruzeta, é possível retirar 20 patas a partir de uma chapa padrão de 2 metros por 1 metro. A unidade das sobras de materiais foi considerada como uma parcela da unidade Mag de chapa, tubo e perfil. Esta parcela foi baseada também no aproveitamento dessas matérias-primas. A maior

parte das sobras é resultante da atividade de corte e da guilhotina. Essas sobras seguem para uma área específica denominada refugo.

O mesmo procedimento de cálculo da unidade Mag foi adotado no caso da produção do tubo central.

O símbolo >> da tabela 5.2 indica que os componentes são enviados de outros setores para o setor indicado. Como se trata de uma montagem, foi somado o valor em Mag dos componentes para estabelecer o novo valor base. Assim, para a produção de uma cruzeta, o setor de solda receberá cinco patas e um tubo central e, portanto, o valor base obtido foi a soma de 5 vezes 1,88 Mag (da última etapa para fabricar a pata) com 0,5 Mag (da última etapa para fabricar o tubo central), totalizando assim, 9,9 Mag. Este valor base é modificado em função das condições que a peças assume até o processo final de produção.

A consideração de somar os valores do Mag dos componentes está prevista no método Mag. A soma das unidades Mag dos componentes estabelece o valor base do conjunto. A forma que o conjunto assumirá está considerada no fator C (Forma) que irá afetar o valor base. Desse modo, no exemplo da cruzeta, as cinco patas assumem a forma de uma estrela de cinco pontas e então o fator Forma recebeu o valor 2 (vide tabela 5.2).

Observe que há uma significativa mudança nos valores em Mag nos processos finais de fabricação. Isto se deve ao fato de que há uma mudança de forma, risco e condição da peças nos processos finais como, a união das peças na solda e principalmente no setor de pintura. Caso fosse utilizado uma outra unidade como a massa, dificilmente seria revelado essas mudanças que o material sofre e que influem na sua transportabilidade.

As tabelas de cálculo de Mag para as demais peças estão no apêndice B.

Peça: cruzeta		A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: pata</i>										
DMPC	GU1L	36						36,00	2143	77157
GU1L	PR	1,5	-1	-2	-1	1	-3	0,38	42865	16074
PR	PR	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	42865	32149
PR	PR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
PR	LX	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
LX	FR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
FR	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
SD	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
<i>componente: tubo central</i>										
DMPT	SE	12						12,00	101	1210
SE	REB	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	8573	4287
REB	SD	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	8573	4287
>>	SD	9,9								
SD	PP	9,9	0	2	0	1	3	17,28	8573	148152
PP	PT	9,9	0	2	0	0	2	14,81	8573	126988
PT	PT	9,9	0	2	1	2	5	22,22	8573	190481
PT	EMB	9,9	0	2	0	0	2	14,81	8573	126988
EMB	DPA	9,9	0	2	-1	0	1	12,34	8573	105823

Tabela 5.2. Utilização do método Mag

Elaborado pelo autor

5.3 Determinação dos fluxos entre as atividades

A determinação dos fluxos entre as atividades da Empresa foi baseada nas cartas de processos das peças elaboradas pelo autor e que se encontram no apêndice A. Para cada peça analisada foi levantada a carta e os processos foram relacionados com as áreas de atividades definidas no capítulo 4. De posse da quantidade de peças produzidas no período e da relação entre as áreas de atividades, determinou-se os fluxos de atividades entre os pares de atividades de-para.

A tabela 5.3 mostra as intensidades de fluxo entre as áreas de atividades consideradas. Esta tabela está ordenada de forma decrescente com relação a intensidade. Observe que os fluxos maiores estão entre as atividades finais dos processos de fabricação como, por exemplo, a solda e a pintura. Isto se deve ao fato de que as peças assumem, nas atividades finais dos processos, determinadas condições que dificultam a sua transportabilidade, afetando dessa maneira o fluxo de materiais.

Observe também que na tabela 5.3, existem fluxos entre atividades iguais, correspondendo a uma quantidade que estaria na diagonal de uma carta de-para usual. Por exemplo, na tabela 5.3, há um fluxo considerável na atividade prensa (PR-PR). Este fluxo deve-se a processos que são realizados em seguida numa mesma máquina ou em uma outra da atividade Prensa. Um exemplo deste tipo de operação é a estampagem de furos de diâmetros diferentes em uma determinada peça.

A tabela 5.3 traz uma coluna com a classificação do fluxo entre cada par de atividade. A nomenclatura utilizada é do sistema SLP e refere-se a cinco grupos que são:

- A- Absolutamente necessário
- E- Especialmente importante
- I- Importante
- O- Pouco importante
- U- Desprezível

A partir dessa classificação realizada, tenta-se colocar mais próximos entre si, no diagrama de inter-relações, as atividades as quais se tenha verificado maior intensidade de fluxo. Desta forma, serão reduzidos os transportes entre as atividades.

Porém, existem inter-relações não baseadas no fluxo que devem ser consideradas. Por exemplo, no caso de existir ligações indesejáveis, essas atividades devem estar afastadas entre si.

As inter-relações não baseadas no fluxo são estabelecidas utilizando uma carta de interligações preferenciais. Nesta carta, todo par de atividade é analisado com base em suas características e determina-se o grau de inter-relação.

A carta de interligações preferenciais das atividades considerada neste trabalho é apresentada na figura 5.2. As interligações indesejáveis (X) foram atribuídas aos problemas de vibração provocado pelas prensas ou aos problemas com o pó da pintura, que pode danificar equipamentos mais sensíveis.

A combinação das inter-relações baseadas no fluxo e nas interligações preferenciais foi realizada através da soma dos pontos resultantes da classificação de cada par de atividade. Nesta soma, foi dado um peso maior para a classificação referente ao fluxo de materiais em relação à outra classificação. Assim, a relação adotada foi de 2 para 1. Na tabela 5.4 estão as classificações parciais e a classificação final das interligações entre os pares de atividades.

Classificação baseada no fluxo

Pares de atividade		Intensidade do fluxo (Mag no período)	% do Mag	% acum. de Mag.	Classific.	Pontos
PT	PT	2.208.586	15,68%	15,68%	A	4
SD	SD	1.802.795	12,80%	28,48%	A	4
PP	PT	1.456.026	10,34%	38,82%	A	4
SD	PP	1.359.690	9,65%	48,48%	A	4
EMB	DPA	765.618	5,44%	53,91%	E	3
PR	PR	746.422	5,30%	59,21%	E	3
PT	EMB	671.775	4,77%	63,98%	E	3
PT	DPA	518.318	3,68%	67,66%	E	3
DMPC	GUIL	493.264	3,50%	71,17%	E	3
DB	SD	476.019	3,38%	74,55%	E	3
DB	DB	395.039	2,81%	77,35%	I	2
PR	SD	348.284	2,47%	79,82%	I	2
GUIL	PR	260.576	1,85%	81,67%	I	2
SD	ESQ	253.137	1,80%	83,47%	I	2
PT	MONT	253.028	1,80%	85,27%	I	2
MONT	EMB	249.950	1,77%	87,04%	I	2
PR	DB	239.339	1,70%	88,74%	I	2
ESQ	PP	206.151	1,46%	90,21%	I	2
PR	LX	181.354	1,29%	91,49%	I	2
DBT	ESQ	174.234	1,24%	92,73%	I	2
DMPT	CORT	142.459	1,01%	93,74%	I	2
FU	PR	101.102	0,72%	94,46%	O	1
FR	SD	96.176	0,68%	95,14%	O	1
CORT	CORT	94.860	0,67%	95,82%	O	1
LX	SD	94.041	0,67%	96,49%	O	1
LX	FR	90.993	0,65%	97,13%	O	1
ESQ	FU	90.448	0,64%	97,77%	O	1
CORT	DBT	55.011	0,39%	98,16%	O	1
DMPC	REF	40.254	0,29%	98,45%	O	1
FU	LX	37.104	0,26%	98,71%	O	1
ESQ	FR	36.800	0,26%	98,97%	O	1
FR	FU	36.800	0,26%	99,24%	O	1
LX	PP	31.584	0,22%	99,46%	O	1
CORT	SD	14.435	0,10%	99,56%	U	0
DMPT	REF	13.334	0,09%	99,66%	U	0
CORT	FU	11.117	0,08%	99,74%	U	0
CORT	PR	8.007	0,06%	99,79%	U	0

Classificação baseada no fluxo						
Pares de atividade		Intensidade do fluxo (Mag no período)	% do Mag	% acum. de Mag.	Classific.	Pontos
GUIL	DB	7.427	0,05%	99,85%	U	0
FR	PP	6.479	0,05%	99,89%	U	0
GUIL	GUIL	3.889	0,03%	99,92%	U	0
CORT	PP	3.078	0,02%	99,94%	U	0
PR	MONT	3.078	0,02%	99,96%	U	0
FU	SD	2.155	0,02%	99,98%	U	0
SD	DBT	1.840	0,01%	99,99%	U	0
FU	FU	595	0,00%	100,00%	U	0
FU	PP	595	0,00%	100,00%	U	0

Tabela 5.3. Fluxo de materiais entre pares de atividade

Elaborado pelo autor

	DPA	CORT	DB	PR	PP	PT	ESQ	FU	SD	DBT	MONT	LX	EMB	FR	DMPT	DMPC	GUIL
DPA	[Hatched]																
CORT		[Hatched]	I 1				O 1		I 1					I 1		I 1	
DB			[Hatched] B 2					I 3					I 3		I 1		I 1
PR				[Hatched]				X 3					X 3		X 1		X 1
PP					[Hatched]												
PT						[Hatched]		X 4	X 4				X 4			X 4	
ESQ							[Hatched]			I 1							
FU								[Hatched]			O 1						
SD									[Hatched]								
DBT										[Hatched]							
MONT											[Hatched] O 1						
LX												[Hatched] X 4	X 4				
EMB												[Hatched]					
FR													[Hatched]				
DMPT														[Hatched] I 5			
DMPC															[Hatched]		
GUIL																[Hatched]	

Figura 5.2 . Carta de interligações preferenciais

Elaborado pelo autor

Legenda**Grau de inter-relação entre atividades****Justificativa da inter-relação****Grau de inter-relação**

- A- absolutamente necessário
- E- muito importante
- I- importante
- O- pouco importante
- U- desprezível
- X- indesejável

Justificativa da inter-relação

- 1- Conveniência
- 2- Uso de serviço em comum
- 3- Vibração
- 4- Pó
- 5- Supervisão e controle

Nota: As inter-relações com grau U não foram colocadas na tabela para facilitar a leitura

Figura 5.3 . Legenda utilizada na Carta de interligações preferenciais
Elaborado pelo autor

Classificação baseada no fluxo			Classificação baseada em outras inter-relações			Total combinado 2:1	Nova classificação
Pares de atividade	Classific.	Pontos	Classific.	Pontos			
PT PT	A	4	U	0	8	A	
SD SD	A	4	U	0	8	A	
PP PT	A	4	U	0	8	A	
SD PP	A	4	U	0	8	A	
EMB DPA	E	3	U	0	6	E	
PR PR	E	3	U	0	6	E	
PT EMB	E	3	U	0	6	E	
PT DPA	E	3	U	0	6	E	
DMPC GUIL	E	3	I	2	8	A	
DB SD	E	3	U	0	6	E	
DB DB	I	2	U	0	4	I	
PR SD	I	2	U	0	4	I	
GUIL PR	I	2	I	2	6	E	
SD ESQ	I	2	U	0	4	I	
PT MONT	I	2	U	0	4	I	
MONT EMB	I	2	O	1	5	E	
PR DB	I	2	E	3	7	I	
ESQ PP	I	2	U	0	4	I	
PR LX	I	2	U	0	4	I	
DBT ESQ	I	2	I	2	6	E	
DMPT CORT	I	2	I	2	6	E	
FU PR	O	1	X	-1	1	O	
FR SD	O	1	U	0	2	O	
CORT CORT	O	1	U	0	2	O	
LX SD	O	1	U	0	2	O	
LX FR	O	1	X	-1	1	O	
ESQ FU	O	1	U	0	2	O	
CORT DBT	O	1	I	2	4	I	
DMPC REF	O	1	I	2	4	I	
FU LX	O	1	O	1	3	I	
ESQ FR	O	1	U	0	2	O	
FR FU	O	1	U	0	2	O	
LX PP	O	1	U	0	2	O	
CORT SD	U	0	U	0	0	U	
DMPT REF	U	0	O	1	1	O	
CORT FU	U	0	U	0	0	U	

Classificação baseada no fluxo			Classificação baseada em outras inter-relações			Total combinado 2:1	Nova classificação
Pares de atividade	Classific.	Pontos	Classific.	Pontos			
CORT PR	U	0	U	0	0	0	U
GUIL DB	U	0	E	3	3	1	
FR PP	U	0	U	0	0	0	U
GUIL GUIL	U	0	U	0	0	0	U
CORT PP	U	0	U	0	0	0	U
PR MONT	U	0	U	0	0	0	U
FU SD	U	0	U	0	0	0	U
SD DBT	U	0	U	0	0	0	U
FU FU	U	0	U	0	0	0	U
FU PP	U	0	U	0	0	0	U

Figura 5.4. Inter-relações combinadas

Elaborado pelo autor

CAPÍTULO 6

DETERMINAÇÃO DE ESPAÇOS

6.1 Metodologia de determinação de espaços

A determinação de espaços foi baseada no método da conversão do sistema SLP. Este método toma como base as áreas atualmente utilizadas nos cálculos dos espaços para o arranjo físico.

O método da conversão foi utilizado porque os elementos-chave (informações P-Q) para os cálculos não são suficientes precisos para justificar o método numérico. Além disso, temos os espaços atualmente utilizados pelas atividades, pois trata-se de um rearranjo de um layout existente. Neste método, ajusta-se o espaço existente às necessidades reais e converte-se para cada uma das áreas individuais. As necessidades futuras de espaço são obtidas através da conversão da área que deveria ser agora. Esta conversão geralmente é baseada em uma estimativa de vendas futuras.

Porém, neste trabalho, atenderemos apenas as necessidades atuais de espaço das atividades e não será realizada a conversão com base em estimativa de vendas futuras. Isto porque não há estimativa de vendas na Empresa e elas estão sujeitas à imprecisões e freqüentes mudanças.

No caso da necessidade de utilização de maior capacidade a Empresa pode adotar as seguintes alternativas, sem recorrer a investimentos em máquinas e sem necessitar espaços adicionais:

- criação de um outro turno.
- trabalho em horas-extras.
- melhorar processos e equipamentos para redução do tempo-padrão.
- subcontratação.
- aumento da disponibilidade das máquinas.

A utilização de um outro turno de trabalho é uma solução que a Empresa pode adotar, pois atualmente só há um turno de trabalho na metalúrgica. O segundo turno pode elevar, teoricamente, a capacidade de produção em 100 %.

A alternativa de trabalho em horas-extras já é adotada pela Empresa em situações em que há a necessidade de utilização de uma maior capacidade.

A subcontratação também é uma alternativa que a Empresa já adotou quando necessitou produzir grandes quantidades de peças.

6.2 Determinação de espaços

As áreas atuais ocupadas pelas atividades foram obtidas através de medidas realizadas com trena diretamente no setor.

Neste trabalho, foram consideradas as áreas das estações de trabalho na determinação dos espaços das atividades. As estações são unidades produtivas compostas de um equipamento principal, equipamentos auxiliares, locais para colocação de material em processo e espaço para o operador.

A relação das máquinas da metalúrgica, bem como suas características, áreas ocupadas e modelos estão no apêndice C.

Nas atividades que ocupam grandes espaços foram previstos espaços para circulação interna de pessoas e equipamentos de movimentação. Assim, na Pintura foram considerados espaço para um corredor de 2 metros de largura.

Na tabela 6.1 está representada a determinação de espaços realizada neste trabalho.

A seguir, serão apresentados alguns comentários sobre os espaços de algumas atividades.

O almoxarifado é um estoque de peças essenciais e em quantidade suficiente para atender a produção durante um pequeno espaço de tempo. A sua área foi mantida a mesma da atual.

O espaço ocupado pela cabine de alta tensão é uma restrição a ser considerada. Esta cabine está do lado interno do prédio da metalúrgica e sua localização torna difícil a ocupação da área anexa à cabine. O ideal seria que esta cabine ficasse fora do prédio para um melhor aproveitamento da área da metalúrgica. Como a sua remoção não é viável, a cabine será considerada uma restrição do prédio, assim como as colunas e demais elementos estruturais do prédio.

O depósito de peças acabadas (DPA) é atualmente uma área que ocupa um grande espaço e está sendo usado parcialmente. Neste depósito, existem muitas peças de produtos fora de linha destinadas à reposição. Na determinação dos espaços foi prevista uma grande redução desta atividade em função da eliminação da área ociosa existente e eliminação da área destinada a peças de produtos fora de linha.

A área Refugo (REF) destina-se à colocação de materiais resultantes do corte de chapas, tubos e perfis. A sua localização atual é fora do prédio da metalúrgica. As sobras de materiais de aço e as sobras de materiais de alumínio são separadas e colocadas em contentores diferentes. Posteriormente esses materiais são vendidos. O espaço ocupado pela área de refugo não será considerado neste item, pois manteremos esta área no lado de fora do prédio da metalúrgica.

A área de atividade de corte engloba as operações de corte e rebarbação dos tubos e perfis. Assim, farão parte desta área as serras, os tornos revólver e lixadeiras. Estas operações não foram separadas, pois a seqüência não muda, ou seja, após o corte os tubos e perfis são rebarbados.

Foi previsto um aumento de área para os depósitos de matéria-prima de chapas e tubos. Este aumento destina-se ao ajuste de espaço, de modo que o armazenamento dos materiais seja seguro e organizado.

Na atividade fresa estão a fresa pneumática (fresa de acionamento pneumático), fresa universal e um torno mecânico universal. O torno é pouco utilizado pois praticamente todas as peças usinadas estão sendo produzidas por terceiros que possuem um setor de usinagem melhor e com mais equipamentos do que a Empresa possui.

Houve um aumento da área de solda. Conforme foi visto no capítulo 5, há um fluxo grande na atividade de Solda. Isto se deve ao fato de que nesta atividade os materiais são montados, aumentando desta forma o valor de Mag das peças. No espaço atualmente ocupado pelas cabines de soldagem não há local de colocação de materiais em processo. Essa situação é mais grave na solda, pois as peças adquirem, neste setor, formas que dificultam o manuseio dos materiais. Assim, foi previsto um espaço adicional para as cabines de solda.

Atividade		Área atualmente ocupada (m ²)	Ajuste + ou - (m ²)	Deveria ser agora	Variação (%)
DPMC	Depósito de chapas	16	16	32	100%
DPMT	Depósito de tubos	51	41	92	80%
GUIL	Corte de chapas (guilhotina)	48	0	48	0%
CORT	Corte de tubos	176	-16	160	-9%
SP	Solda ponto	54	0	54	0%
SD	Solda MIG	93	17	110	18%
FU	Furação	52	0	52	0%
PR	Prensa	70	0	70	0%
DB	Prensa viradeira	38,5	0	38,5	0%
PP	Preparação pintura	80	0	80	0%
LX	Lixadeira	64	0	64	0%
PT	Pintura	289	-34	255	-12%
DBT	Dobradeira de tubos	24,5	0	24,5	0%
ESQ	Esquadro	18	0	18	0%
ALM	Almoxarifado	63	0	63	0%
DPA	Estoque	240	-136	104	-57%
MONT	Montagem	36	0	36	0%
ALMREC	Almoxarifado recebimento	52	0	52	0%
FERR	Ferramentas p/ prensa e dobrad.	44	0	44	0%
EMB	Embalagem	27	0	27	0%
FR	Fresa	32	0	32	0%

Tabela 6.1. Tabela para determinação de espaços

Elaborado pelo autor

CAPÍTULO 7

**DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÕES
E ALTERNATIVAS ELABORADAS**

7.1 Diagrama de Inter-relações

Após a determinação da intensidade do fluxo de materiais e após a determinação dos espaços, será elaborado o diagrama de inter-relações.

O diagrama de inter-relações é um modo de visualização dos cálculos e análises feitas até agora. Assim, o diagrama de inter-relações é uma forma gráfica de representação das informações relativas à seqüência de atividades e proximidades relativas.

Para a representação adequada do diagrama é necessário a utilização de uma simbologia que identifique as atividades, áreas ou características. Também é necessário a utilização de um método para indicar a proximidade relativa entre as atividades. A simbologia adotada pelo sistema SLP e também utilizada neste trabalho está representada na figura 7.1.

O diagrama de inter-relações elaborado neste trabalho está representado na figura 7.2. Neste diagrama estão representados as inter-relações combinadas entre atividades, ou seja, a combinação entre inter-relações baseadas no fluxo e inter-relações não baseadas no fluxo que foi obtida no capítulo V. O diagrama da figura 7.2 foi obtido após várias tentativas de ajuste, buscando obedecer as convenções de proximidade entre as atividades. Essas convenções de proximidade estão representadas na figura 7.1.

O diagrama final representa a interligação teórica ideal das atividades, independente da área das atividades e restrições relativas ao prédio que irá abrigar o layout final.

Observe que na figura 7.2 a atividade de Prensa está ligada a muitas outras atividades com diferentes graus de intensidades. Isto significa que esta atividade poderia ser descentralizada para uma melhoria do fluxo de materiais. Porém, essa atividade, em particular, possui máquinas de diferentes capacidades, tornando mais difícil a sua descentralização. Uma solução neste caso é localizar a atividade prensa em uma posição central em relação às demais atividades, mas também considerando o grau de inter-relações com as outras atividades. A atividade solda também está ligada a muitas outras atividades e há a possibilidade de descentralizar esta atividade em solda ponto e solda Mig. Mas isto não traz grandes vantagens neste trabalho, pois estas atividades são, geralmente, etapas finais dos processos metalúrgicos e acabam terminando na seção de pintura. Portanto, a atividade solda não será descentralizada.

Letras	Valor	No de linha	Proximidade	Comprimento da linha
A	4	≡	Absolutamente necessário	
E	3	≡	Muito importante	2 vezes o comprimento de A
I	2	=	Importante	3 vezes o comprimento de A
O	1	-	Pouco importante	4 vezes o comprimento de A
U	0		Desprezível	
X	-1	VVVV	Indesejável	Maior que o comprimento de O
XX	-2,-3,-4...	VVVV VVVV	Extremamente indesejável	Maior que o comprimento de X

Símbolos da carta de processo

Símbolos estendidos para identificação de atividades e áreas

<input type="circle"/>	Operação	<input type="circle"/>	Áreas de moldagem ou tratamento
		<input type="circle"/>	Montagem, submontagem e desmontagem
<input type="triangle-right"/>	Transporte	<input type="triangle-right"/>	Áreas relacionadas à transporte
<input type="triangle-down"/>	Armazenagem	<input type="triangle-down"/>	Áreas e atividades relacionadas à armazenagem
<input type="square"/>	Espera	<input type="square"/>	Áreas de espera intermediárias
<input type="square"/>	Inspeção	<input type="square"/>	Áreas de inspeção, teste e verificação
		<input type="square"/>	Áreas e atividades de serviço e apoio
		<input type="triangle-up"/>	Áreas de escritórios e características de construção

Figura 7.1. Símbologias para a diagramação das inter-relações entre atividades
Transcrito de Muther [1]

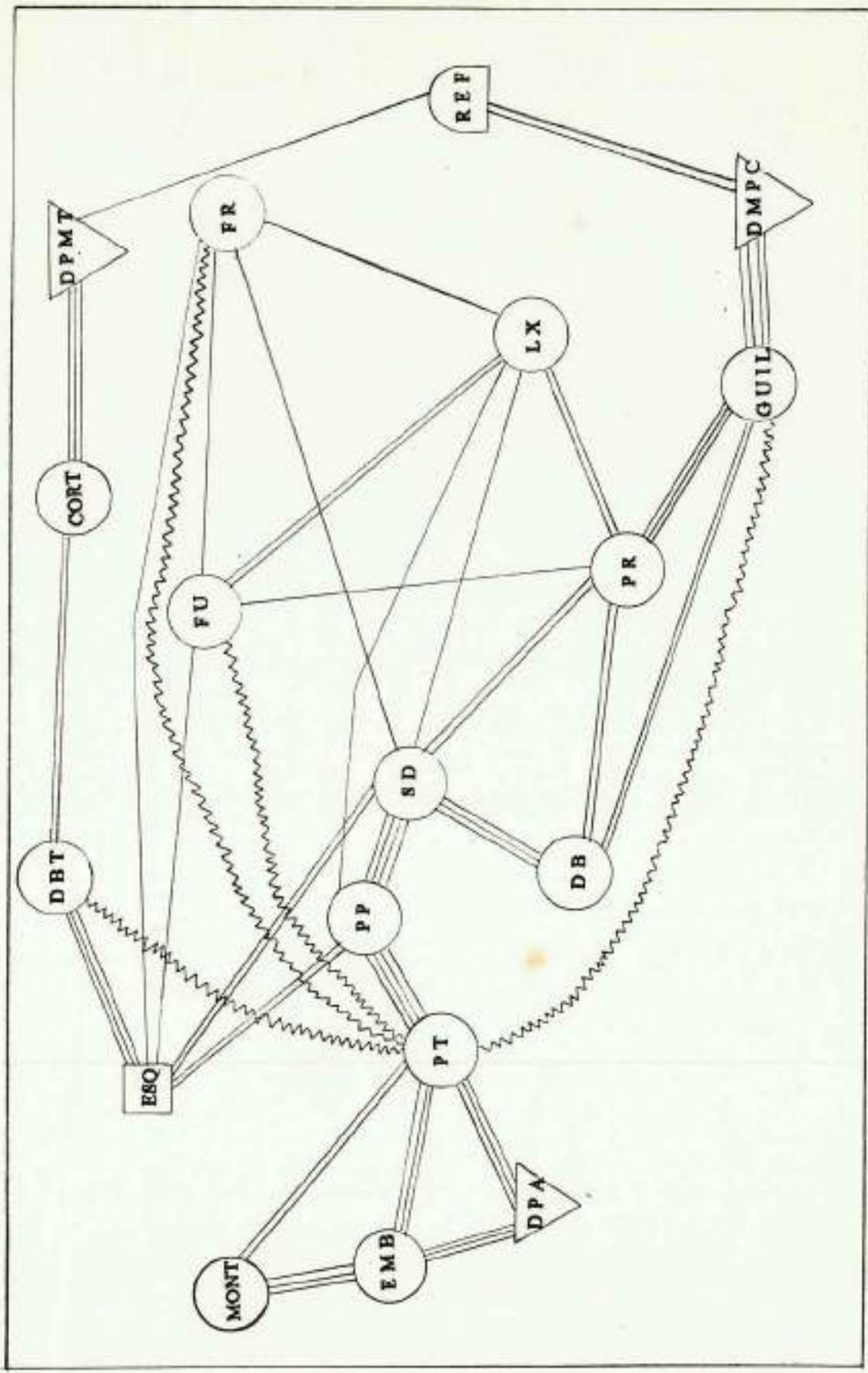


Figura 7.2. Diagrama de inter-relações
Elaborado pelo autor

7.2 Diagrama de Inter-relações entre espaços

No item anterior foram representadas as informações relativas às sequências de atividades e proximidades relativas. Porém, não foram consideradas as informações das áreas de cada atividade. Estas informações estão reunidas no capítulo 6 (determinação de espaços) e serão adicionadas ao diagrama de inter-relações já elaborado.

O diagrama resultante é denominado de diagrama de inter-relações entre espaços. Este diagrama já é a representação do layout ideal, pois considera as interligações ideais e a necessidade de área de cada atividade. O diagrama descrito só não é o layout definitivo porque não considera as restrições do prédio onde será localizado o layout. O diagrama de inter-relação entre espaços está representado na figura 7.3.

Pela metodologia do sistema SLP, determinamos o grau de inter-ligação entre as áreas bascados no fluxo e em outras relações e determinamos a necessidade de espaço de cada atividade. Em seguida, elaboramos o diagrama de inter-relações e inter-relações entre espaços. Esta última etapa poderia ser saltada e, desta forma, trabalhariam com as informações de grau de inter-ligação e necessidades de espaço entre as atividades diretamente no prédio em questão. Porém, este procedimento pode levar a elaboração de arranjos deficientes.

As limitações e restrições práticas podem dificultar a criatividade, fazendo com que as alternativas de solução sejam de qualidade inferior. Para não inibir essa busca de alternativas melhores, é recomendável abstrair as limitações existentes e buscar uma solução ideal e só depois adaptar essa solução para o caso real. Desta forma, o diagrama de inter-relação é uma forma de proceder a elaboração de um arranjo ideal com relação às informações de fluxo e outra relações.

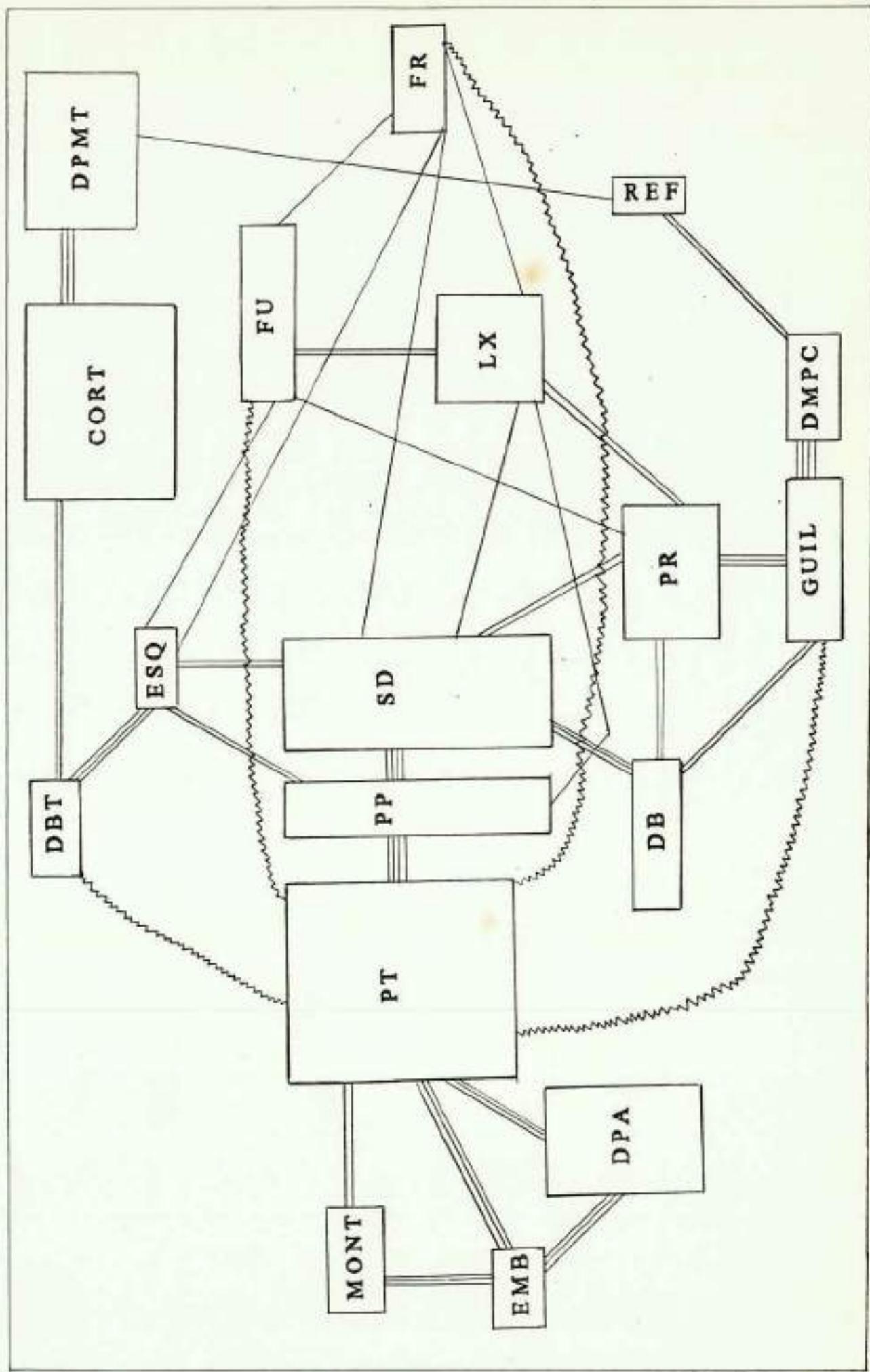


Figura 7.3. Diagrama de inter-relações entre espaços

Elaborado pelo autor

7.3 Considerações sobre o prédio

Antes de apresentar as alternativas de layout, serão apresentadas a seguir as características do prédio consideradas na elaboração das alternativas.

O prédio da metalúrgica tem um formato retangular com o lado maior medindo 81,25 metros e o lado menor medindo 32,50 metros. As paredes do prédio são placas de estrutura pré-fabricada de concreto. A altura do prédio é de 6 metros e o piso é de concreto e plano, não existindo nenhuma elevação ou irregularidade. Há fundações no piso na área de prensas e prensas dobradeiras.

Existem quatro aberturas no prédio, sendo que elas não têm a mesma largura. Uma das aberturas é o local atual de recebimento de matérias-primas, peças fabricadas por outras empresas e também é o local de saída das sobras de material. Uma outra abertura é a saída de peças produzidas para os demais setores. As outras duas aberturas não possuem atualmente fluxos de materiais relevantes, possuem larguras menores que as outras aberturas e têm mais a função de ventilação. Cada abertura é protegida com uma porta corrediça de aço. O acesso à metalúrgica não é possível apenas pelo lado menor do prédio onde se localizam os banheiros, a ferramentaria e uma área administrativa. No interior do prédio não há paredes internas, somente colunas e a cabine de força.

As principais utilidades utilizadas pela metalúrgica são energia elétrica, ar comprimido e vapor de água. A linha de vapor é utilizada para aquecer os banhos de preparação de pintura. A caldeira fica em um outro prédio distante da metalúrgica.

7.4 Alternativas de layout

O diagrama de inter-relações elaborado foi passado para o layout atual da metalúrgica e está representado na figura 7.4. Isto foi realizado para visualizar o fluxo na situação atual.

Na figura 7.4, observamos claramente que a atividade solda está mal posicionada no layout atual. Além disso, existem outros fluxos que podem ser modificados, evitando-se o cruzamento de fluxos e respeitando o grau de inter-relações entre as atividades.

Os planos alternativos foram elaborados com base no diagrama de inter-relações entre espaço.

Foram elaboradas 3 alternativas de layout que serão descritas a seguir.

Alternativa A

Na alternativa A, temos a atividade solda próxima das atividades de preparação para pintura e pintura. A atividade de pintura possui poucas modificações em relação ao atual layout . Isto porque a pintura é uma atividade com processos finais que devem estar localizados próximos da saída para os demais setores.

Na área da metalúrgica, haveria uma separação entre as atividades que processam chapas e tubos. As atividades que processam tubos foram mudadas, em relação ao atual layout, para evitar o cruzamento de fluxo.

Esta alternativa aproveita a área atual de recebimento, posicionando os depósitos de chapas e tubos em uma parte do prédio.

Os corredores da metalúrgica, nesta alternativa não são contínuos, em função do espaço ocupado pela atividades que processam os tubos e perfis.

O layout da alternativa A está representado na figura 7.5.

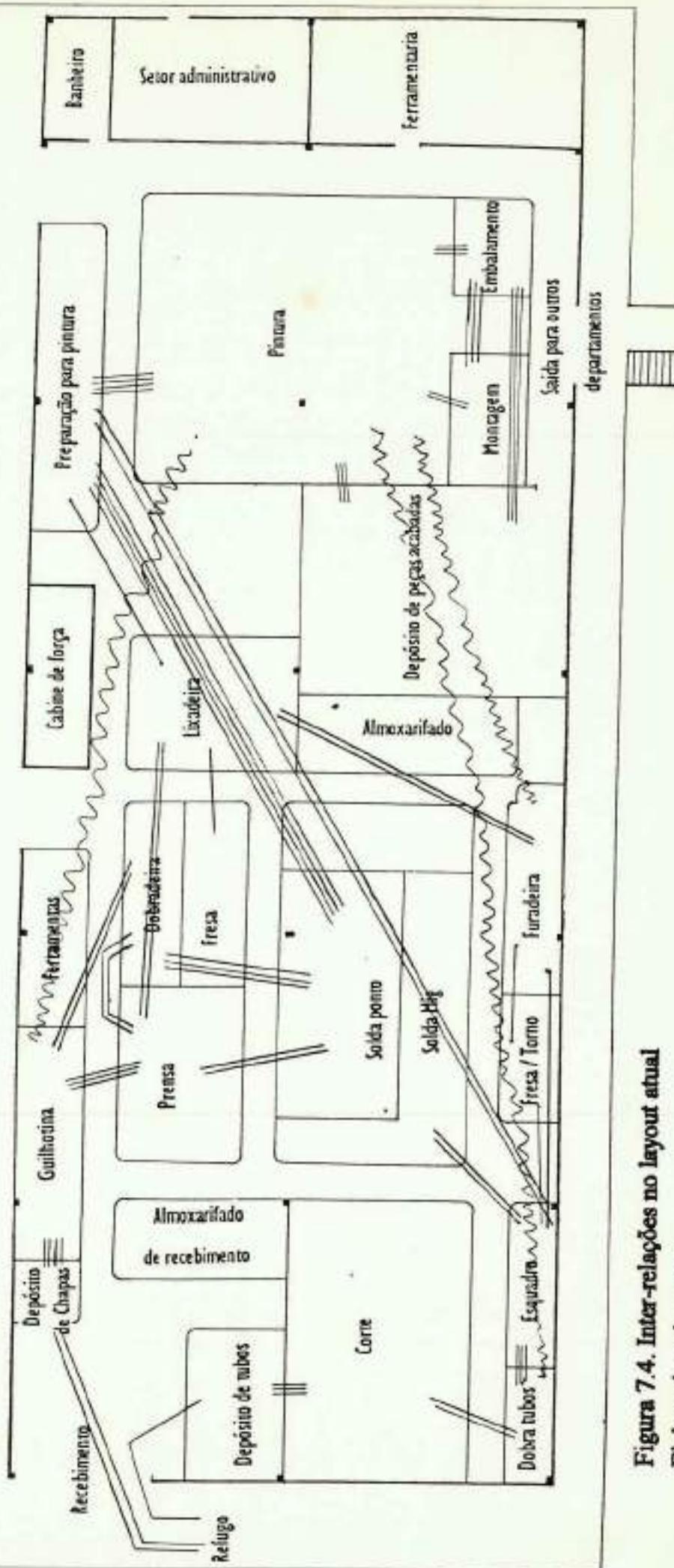


Figura 7.4. Inter-relações no layout atual

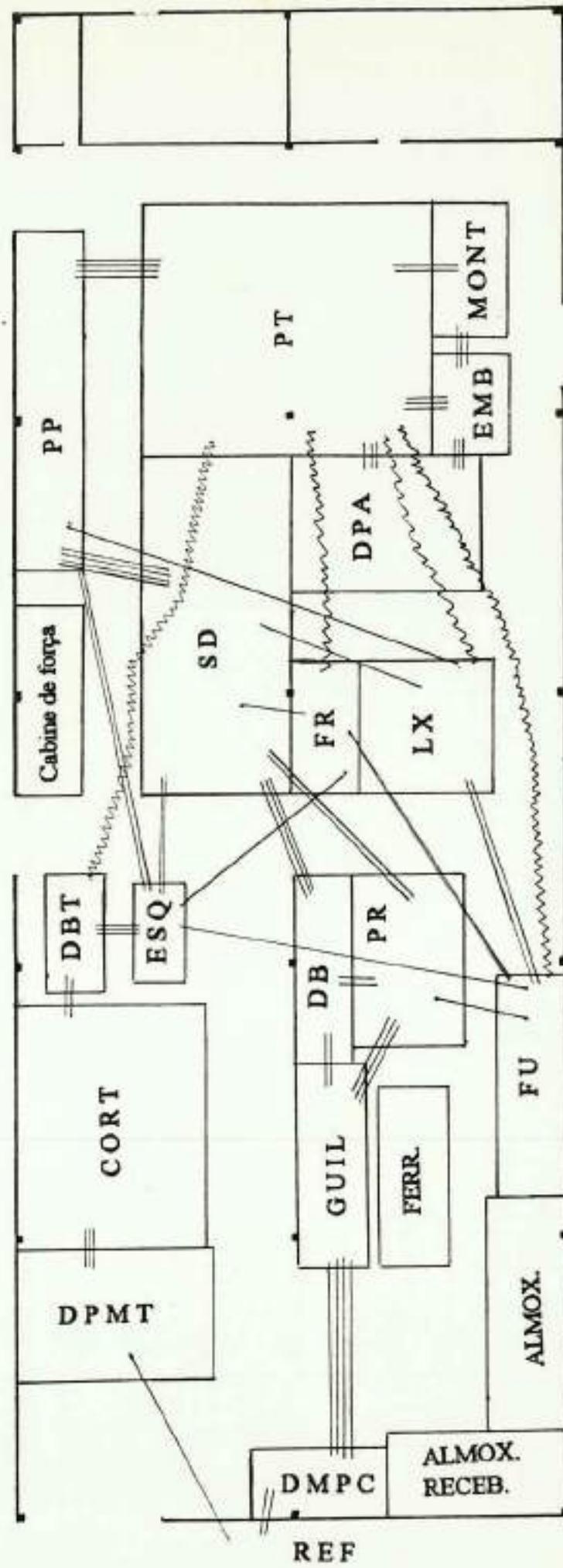


Figura 7.5. Alternativa A
Elaborado pelo autor
Escala 1:350

Alternativa B

A alternativa B apresenta um corredor principal bem definido, bem como os corredores secundários mais definidos, em relação à alternativa A.

A área de recebimento está bem definida com o almoxarifado de recebimento próximo ao depósito de chapas e tubos.

Nesta alternativa, há a distinção entre a área que trabalha com tubos e a área que trabalha com chapas. Mas estas atividades estão dispostas de maneira diferente em relação à alternativa A. As atividades que processam tubos e perfis estão dispostas ao longo do corredor principal de forma que a entrada e saída dos materiais é realizada através do corredor principal. O mesmo ocorre com as atividades que processam chapas, com exceção da dobra que está localizada mais próxima da solda.

Próximo de uma das paredes do lado maior, onde há uma fonte de calor (exposição da parede ao sol), estão localizadas atividades que não exigem mão-de-obra (ferramentas e almoxarifado), amenizando o problema provocado pelo calor.

O setor de pintura, nesta alternativa, segue basicamente a proposta da alternativa A pelas mesmas razões.

Esta alternativa está representada na figura 7.6.

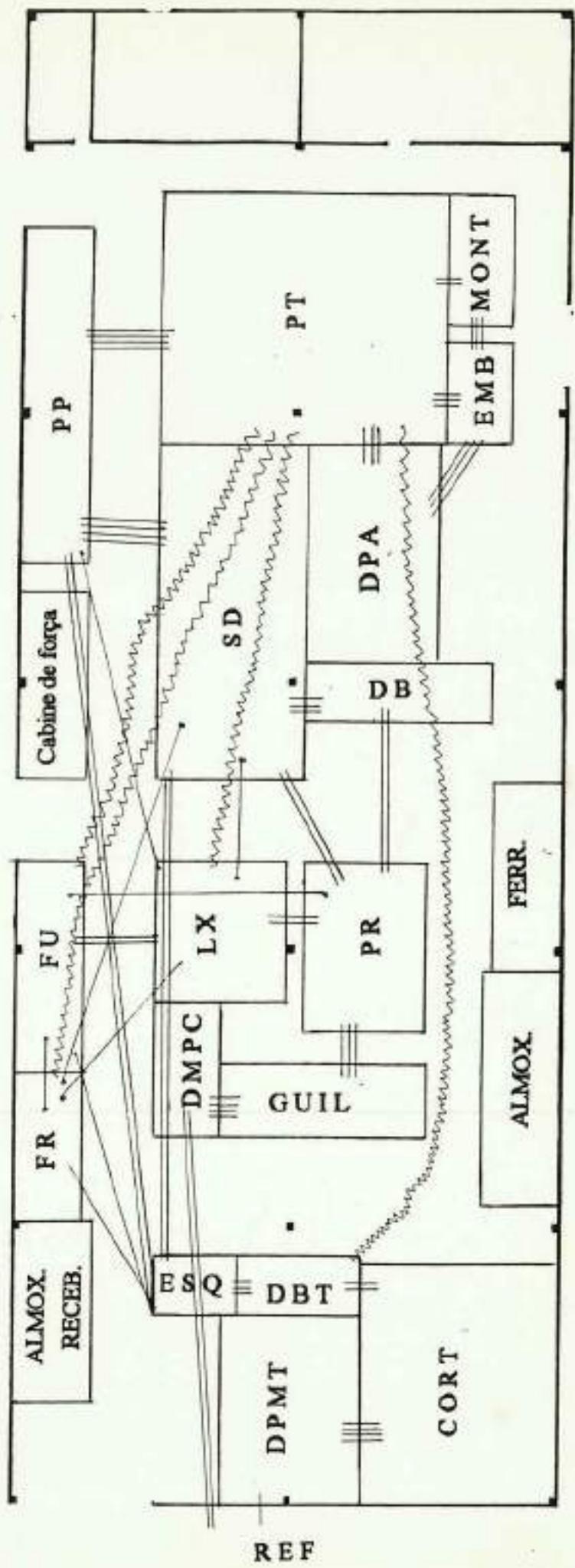


Figura 7.6. Alternativa B
Elaborado pelo autor
Escala 1:350

Alternativa C

A alternativa apresenta uma disposição diferente da parte da pintura. Esta disposição faz com que o fluxo das atividades de pintura, montagem, embalagem e DPA seja melhor do que em outras alternativas. Porém, esta alteração exige uma mudança nos tanques de preparação de pintura e da talha utilizada na movimentação dos materiais durante o banho, além de outras mudanças.

A localização da pintura, próxima de uma abertura, poderá provocar a contaminação das peças com poeiras.

Como consequência da alteração do setor da pintura, o setor de solda tem uma nova disposição. Esta atividade fica mais no centro do prédio, facilitando a recepção dos fluxos.

A disposição das atividades da metalúrgica é semelhante a alternativa B.

O arranjo da alternativa C está representado no diagrama 7.7.

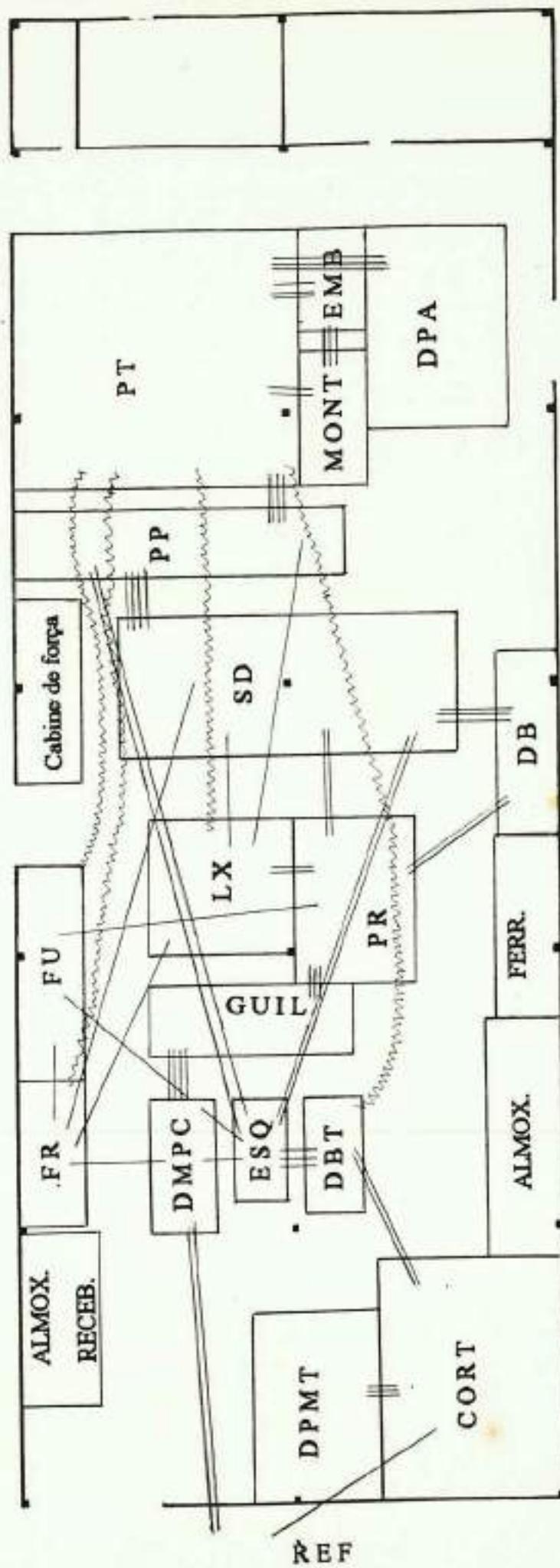


Figura 7.7. Alternativa C

Elaborado pelo autor

Escala 1: 350

CAPÍTULO 8

SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS

8.1 Metodologia e fatores utilizados para a seleção de alternativas

Para a seleção das alternativas de arranjo físico foi utilizado o método da avaliação de análise dos fatores. Segundo Muther [1], este método faz uma avaliação sistemática das alternativas sem basear em pontos de vista subjetivos, sendo por conseguinte particularmente aplicável nos planos em que os custos de investimentos ou economias entre os planos não são precisos ou significativos.

Neste método, os objetivos e princípios de um projeto de layout são divididos em fatores ou considerações, ou seja, os requisitos mais importantes que o projeto deve preencher.

Para quantificar o resultado de cada alternativa de layout, são estabelecidos pesos para cada fator. Os valores dos pesos foram determinados através de uma comparação relativa entre os fatores.

A avaliação de cada fator foi realizada através da classificação das vogais, conforme a tabela 8.1. Esta avaliação de cada plano foi realizada considerando um fator de cada vez. Isso permite manter uma interpretação constante de cada fator para os diversos planos e comparando cada plano de cada vez, tem-se uma maior objetividade.

Após a avaliação de todos os planos com base nos fatores, as vogais foram convertidas em seus valores numéricos, segundo a tabela 8.1. Em seguida, esses valores foram multiplicados pelo peso de cada fator. Finalmente, foram somados os valores ponderados para cada plano e verificamos o seu total. O resultado final da totalização dos pontos indica os melhores planos.

Classificação das vogais e valores numéricos		
Vogal	Descrição	Valor numérico
A	Excelente	4
E	Muito bom	3
I	Bom	2
O	Razoável	1
U	Fraco	0

Figura 8.1. Classificação das vogais

Adaptado de Muther [1]

8.2 Fatores utilizados na seleção das alternativas

Os fatores utilizados na seleção das alternativas do layout foram:

Facilidade para futuras expansões - simplicidade de aumento de espaço em áreas adjacentes, em cima e possibilidade de utilização do espaço aéreo através do uso de mezaninos e equipamentos de movimentação vertical.

Adaptabilidade e versatilidade - facilidade de acomodação no layout planejado às mudanças, sem que seja necessários rearranjos. Essas mudanças podem ser relativas a produtos, quantidades, métodos de movimentação e roteiros alternativos.

Eficiência do fluxo de materiais - eficiência da seqüência de operações ou passos, sem retornos desnecessários, cruzamentos, transferências de materiais e pessoas. Este fator visa verificar a coerência das inter-relações adaptadas às características do prédio.

Higiene e segurança - efeito do arranjo físico e suas características em riscos ou acidentes aos empregados e recursos produtivos e na higiene das áreas de trabalho.

Satisfação dos empregados e condições de trabalho - grau em que o arranjo físico contribui para fazer das áreas de trabalho um local agradável e livre de inconveniências, quedas, etc.

Facilidade de supervisão e controle - grau de facilidade dos supervisores, gerentes em dirigir, visualizar e controlar as operações pelas quais são responsáveis.

Facilidade de alterações a partir do layout atual - grau de facilidade em migrar do atual layout para a alternativa proposta.

A atribuição dos pesos de cada fator levou em conta a importância relativa dos demais fatores utilizados para a seleção da melhor alternativa. Desse modo, foi atribuído o valor 10 para o fator mais relevante e os demais pesos foram fixados a partir da referência estabelecida. Os fatores foram discutidos com a chefia de engenharia industrial que considerou que o peso maior deveria ser dado ao fator "Facilidade de alterações a partir do layout atual".

8.3 Avaliação e Seleção das alternativas

Na tabela 8.2 está representado o procedimento utilizado na seleção de alternativas deste trabalho.

A alternativa que obteve maior pontuação foi a B. Como esta alternativa obteve uma pontuação que se destaca claramente das outras, a alternativa B foi a selecionada. No caso de alternativas com pontuação muito próximas, seria necessário uma reavaliação com base em mais fatores ou uma reavaliação dos pesos atribuídos.

Uma medida de comparação mais quantitativa entre as alternativas foi realizada através dos cálculos dos momentos de transporte . O momento de transporte é definido como o produto entre uma unidade que representa a peça a ser transportada e a distância percorrida. A unidade que representa a peça pode ser o volume, massa ou outra unidade. Neste trabalho foi adotado que o momento é o produto entre o valor em Mag da peça e a distância percorrida. A alternativa B representa uma redução de cerca de 47,0% nos momentos de transporte em relação aos momentos do layout atual. A alternativa C apresentou uma redução de 26,0% nos momentos de transporte e a alternativa A apresentou uma redução de 28,0%. O procedimento utilizado para realizar os cálculos e os resultados obtidos estão no apêndice D.

Alternativas

- A- Vide figura 7.5
 B- Vide figura 7.6
 C- Vide figura 7.7

Fator/Consideração	Peso	Avaliação e avaliação ponderada					
		código de avaliação	Pontos	Pontos ponderados	código de avaliação	Pontos	Pontos ponderados
1 Facilidade para futuras expansões	6	O	1	6	I	2	12
2 Adaptabilidade e versatilidade	8	I	2	16	E	3	24
3 Eficiência do fluxo	9	I	2	18	E	3	27
4 Higiene e segurança	7	O	1	7	I	2	14
5 Satisfação dos empregados	7	I	2	14	I	2	14
6 Facilidade de supervisão e controle	8	I	2	16	I	2	16
7 Facilidade de alterações a partir do layout atual	10	I	2	20	E	3	30
Totais				97			137
							102

Códigos de avaliação:

- A- Excelente (4 pontos)
 E- Muito bom (3 pontos)
 I- Bom (2 pontos)
 O- Razoável (1 ponto)
 U- Fraco (0)

Tabela 8.1. Avaliação das alternativas

Elaborado pelo autor.

8.4 Benefícios da alternativa selecionada

A alternativa B tem um corredor principal bem definido e largo que atende os seus dois lados. A vantagem da existência desse corredor é que ele organiza o fluxo. Desta forma, evitam-se a existência de fluxos secundários que podem atrapalhar mais ainda o fluxo de materiais pela metalúrgica.

As alterações do layout atual para esta alternativa são menores em comparação com as demais alternativas.

A alternativa B representa uma redução de cerca de 47% nos momentos de transporte em relação ao momentos do layout atual.

8.5 Implantação do layout

A seguir serão listadas etapas necessárias à implantação da alternativa de layout selecionada.

- Aprovação da proposta do layout geral.
- Elaboração do layout detalhado.
- Elaboração de uma planta em escala 1: 50 com a representação detalhada das estações de trabalho.
- Elaboração de uma planta com as linhas de suprimento de utilidades (vapor, eletricidade, ar comprimido).
- Elaboração do orçamento do projeto.
- Estudo da viabilidade econômica do projeto.
- Aprovação do projeto total.
- Elaboração de um programa de mudança de layout (programa de mudança de máquinas, construção de fundações).
- Execução do programa de mudança de layout.
- Teste de funcionamento do layout e início da produção.

A implantação da alternativa de layout selecionada poderia ser precedida de um modelo em escala natural do layout. Este modelo pode ser o mais simples como, por exemplo, a representação do espaço ocupado pelas atividades através de traços com giz sobre o piso de uma área livre. Conforme Harmon e Peterson [3], o objetivo deste modelo não se resume a assegurar ao projetista que o espaço está correto, propiciando ainda uma importante ferramenta para envolver as pessoas no processo. Os operários, encarregados, gerentes deveriam examinar e comentar o modelo com dois objetivos: responder se o espaço propicia ou não conforto para o trabalho e verificar sua eficiência sob o aspecto de eliminação de movimentos desnecessários e fatigantes.

Em algumas atividades, a representação bidimensional sobre o chão pode ser pouco conclusiva para que se consiga sentir se o espaço é adequado. Uma representação com o auxílio de postes interligados por cordões pode fornecer a noção de altura das atividades.

Na empresa, a representação em escala natural do layout poderia ser realizada na área de montagem situada no prédio da folhação. Como esta área é menor que o prédio da metalúrgica, a representação poderia ser realizada com uma ou duas atividades de cada vez.

Na implantação do layout, a movimentação das máquinas só poderá ser realizada quando as áreas destinadas às máquinas estiverem livres e desimpedidas, com as fundações corretas e os suprimentos nas posições para serem conectados.

As máquinas devem ser movimentadas completas, evitando-se o máximo de desmontagens e montagens e todas as partes a serem movidas devem ser identificadas para evitar extravios. Na medida do possível, os vários elementos que compõe uma estação de trabalho devem ser movimentados em conjunto, para que haja uma menor interrupção da produção.

Para evitar maiores interrupções na produção, a implantação do layout selecionado poderá ser realizada em um período onde não haja produção como, por exemplo, férias coletivas.

Depois de implantado o layout, poderá ocorrer, de início, uma queda no rendimento da produção. Provavelmente esta queda estará relacionada com o fato de que os trabalhadores precisam se acostumar ao novo layout.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÃO

9.1 Conclusão

A alternativa selecionada (figura 7.6) visa corrigir as principais deficiências do layout atual relacionadas com o fluxo produtivo, distância entre operações e adequação aos trabalhadores. Além disso, a alternativa selecionada considerou as necessidades atuais de espaço das atividades.

Os benefícios qualitativos e quantitativos decorrentes da adoção da alternativa de layout selecionada poderão ser verificados através da redução do tempo de travessamento das peças, melhoria da produtividade e redução dos custos de transporte.

A medida de intensidade de fluxo utilizada (método Mag) revelou as modificações sofridas pelos materiais a cada processo. A utilização de uma unidade de medida como a massa ou volume seria mais simples e não demandaria uma análise das transformações sofridas pelos materiais. Porém, neste trabalho, essa análise mais simplificada dificilmente revelaria importantes transformações nos materiais que afetam na sua transportabilidade. No caso de aplicação deste método na análise de uma grande variedade de peças, para uma maior simplificação e economia de tempo, o método poderia ser utilizado apenas nas etapas em que há mudanças significativas quanto ao estado de agregação, forma, risco de danos e condição das peças analisadas.

O método Mag foi utilizado também para estabelecer uma unidade comum para a determinação dos fluxos entre os demais setores da empresa, permitindo uma compatibilização entre os demais setores da empresa.

Este trabalho restringiu-se ao arranjo físico geral. Após a implantação na metalúrgica, poderia ser realizado um trabalho semelhante em outros setores da Empresa como, por exemplo, a marcenaria. Com isso, haveria uma melhoria no fluxo de materiais por toda a Empresa.

Após a implantação do layout é preciso fazer um acompanhamento constante para verificar se há a operação com eficiência razoável.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

- 1- MUTHER, Richard. *Planejamento do layout: Sistema SLP*. São Paulo, Edgar Blücher, 1978.
- 2- IIDA, Itiro e KEHL, Sérgio P. *Apostila de arranjo físico*. São Paulo, 1981.
- 3- HARMON, Roy L. e PETERSON, Leroy D. *Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro, Campus, 1991.
- 4- ALVES, Marcelo Esteves. *Arranjo físico numa fábrica de artigos esportivos*. Trabalho de formatura, São Paulo, 1989.
- 5- CHIAVERINI, Vicente. *Tecnologia mecânica*. Vol. II. São Paulo, McGraw Hill, 1989.

APÊNDICE A

CARTAS DE PROCESSO

Cartas de processo

Neste apêndice estão as cartas de processo das peças analisadas.

A simbologia para a representação de cada etapa do processo estão apresentadas na tabela A.1.

Símbolo	Ação	Resultado da ação
	Operação	Fabrica ou executa
	Inspeção	Verifica
	Armazenagem	Guarda
	Transporte	Movimenta
	Espera	Interfere
	Inspeção e operação	Verifica e realiza

Tabela A.1. Símbolos utilizados na diagramação das cartas de processo.
Adaptado de Muther [1].

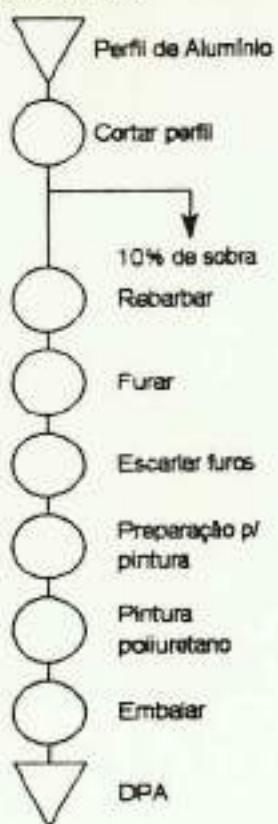
Lateral e travessa

Figura A.1. Carta de processo do quadro divisório de alumínio.
Elaborado pelo autor.

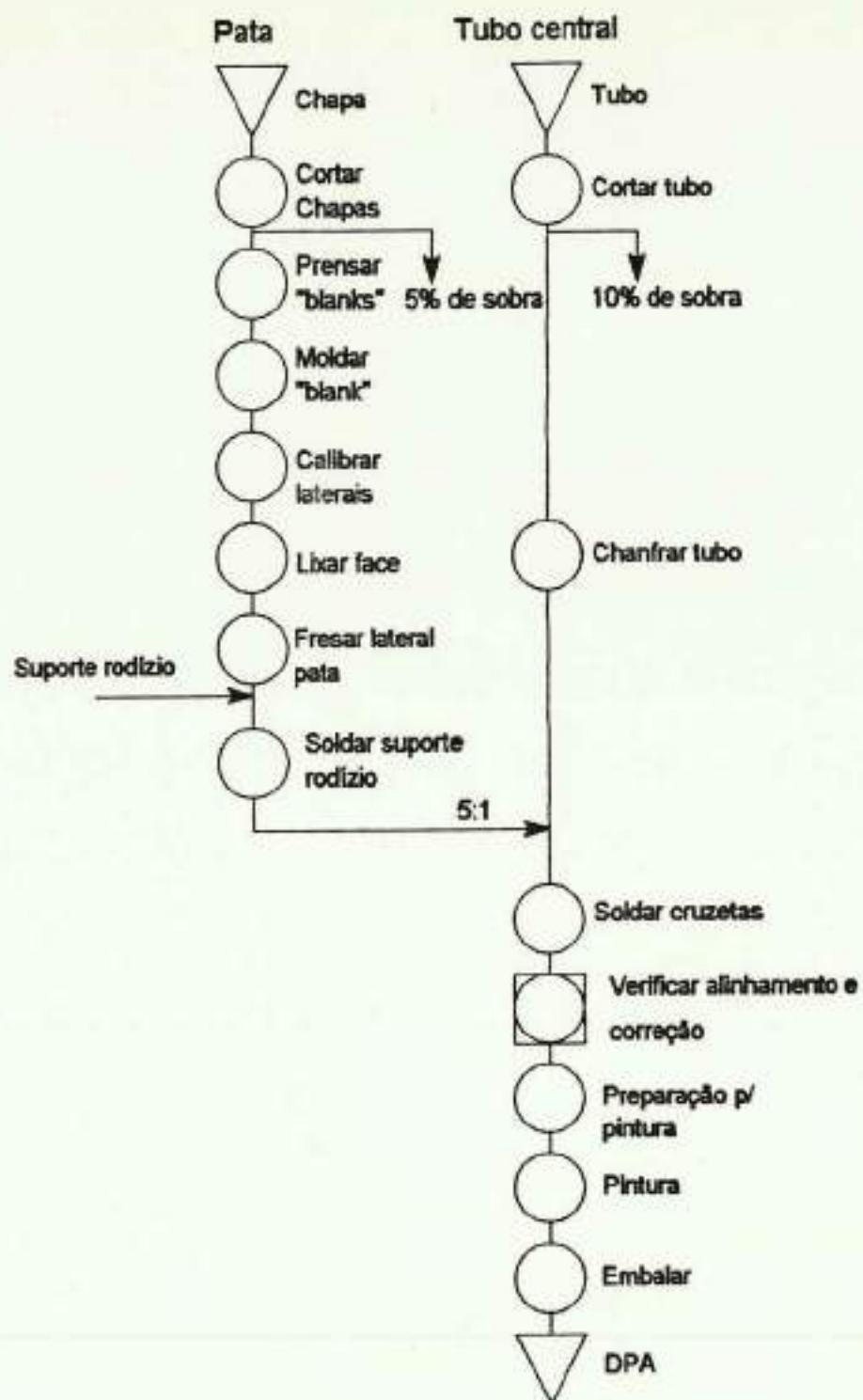


Figura A.2. Carta de processo da cruzeta.
Elaborado pelo autor.

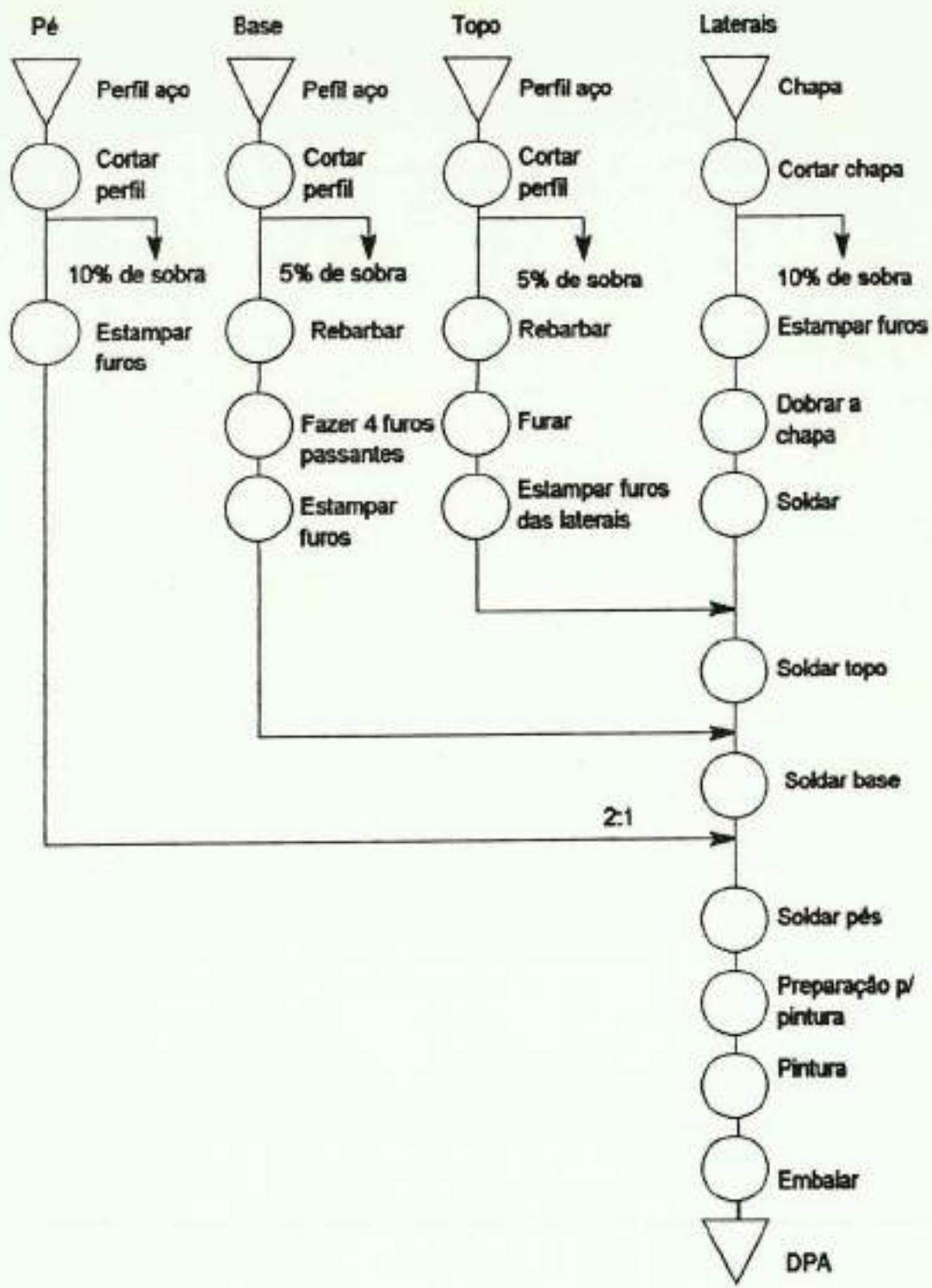


Figura A.3. Carta de processo da estrutura de painel.
Elaborado pelo autor.



Figura A.4. Carta de processo da travessa.
Elaborado pelo autor

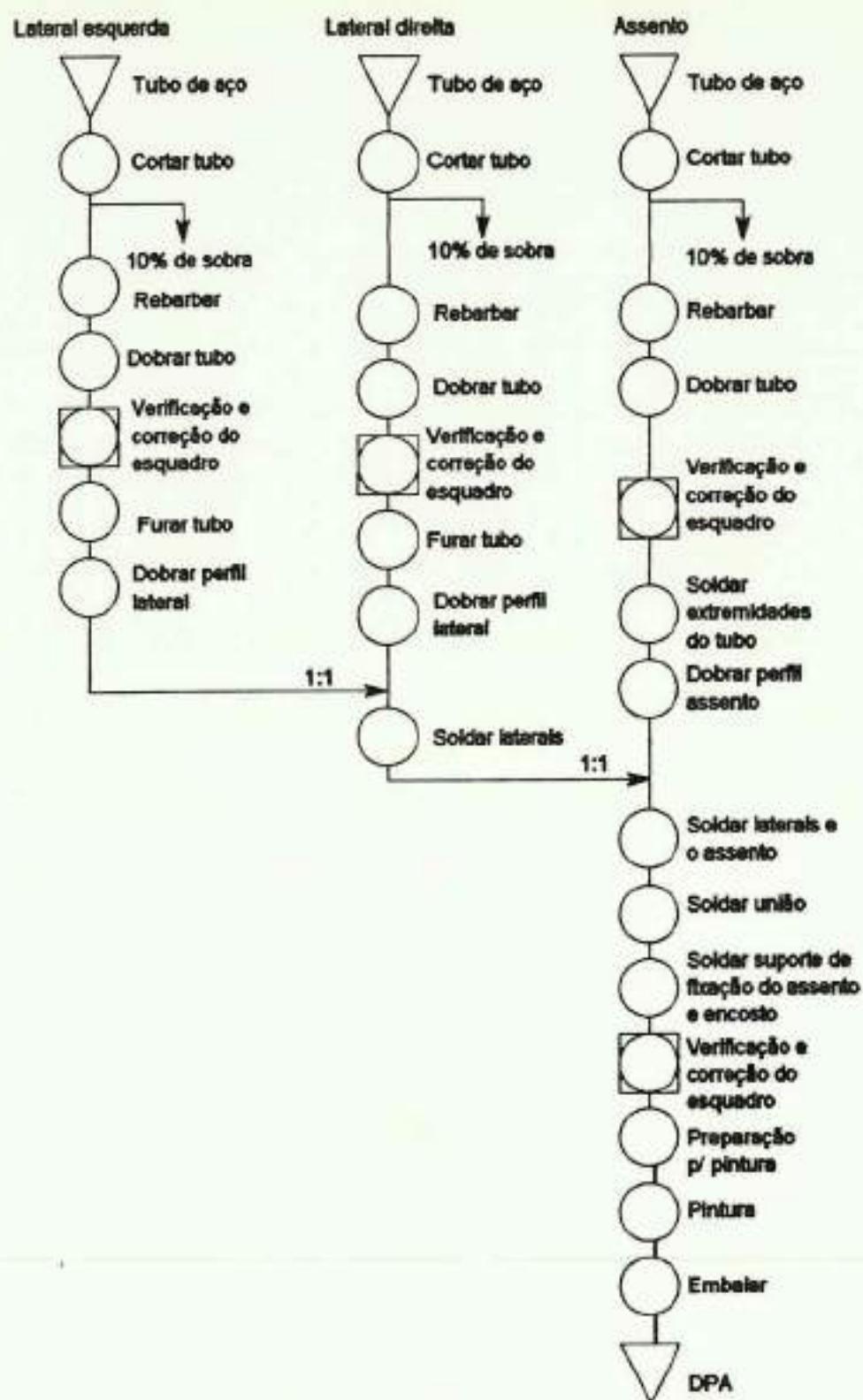


Figura A.5. Carta de processo da cadeira tubular.
Elaborado pelo autor.

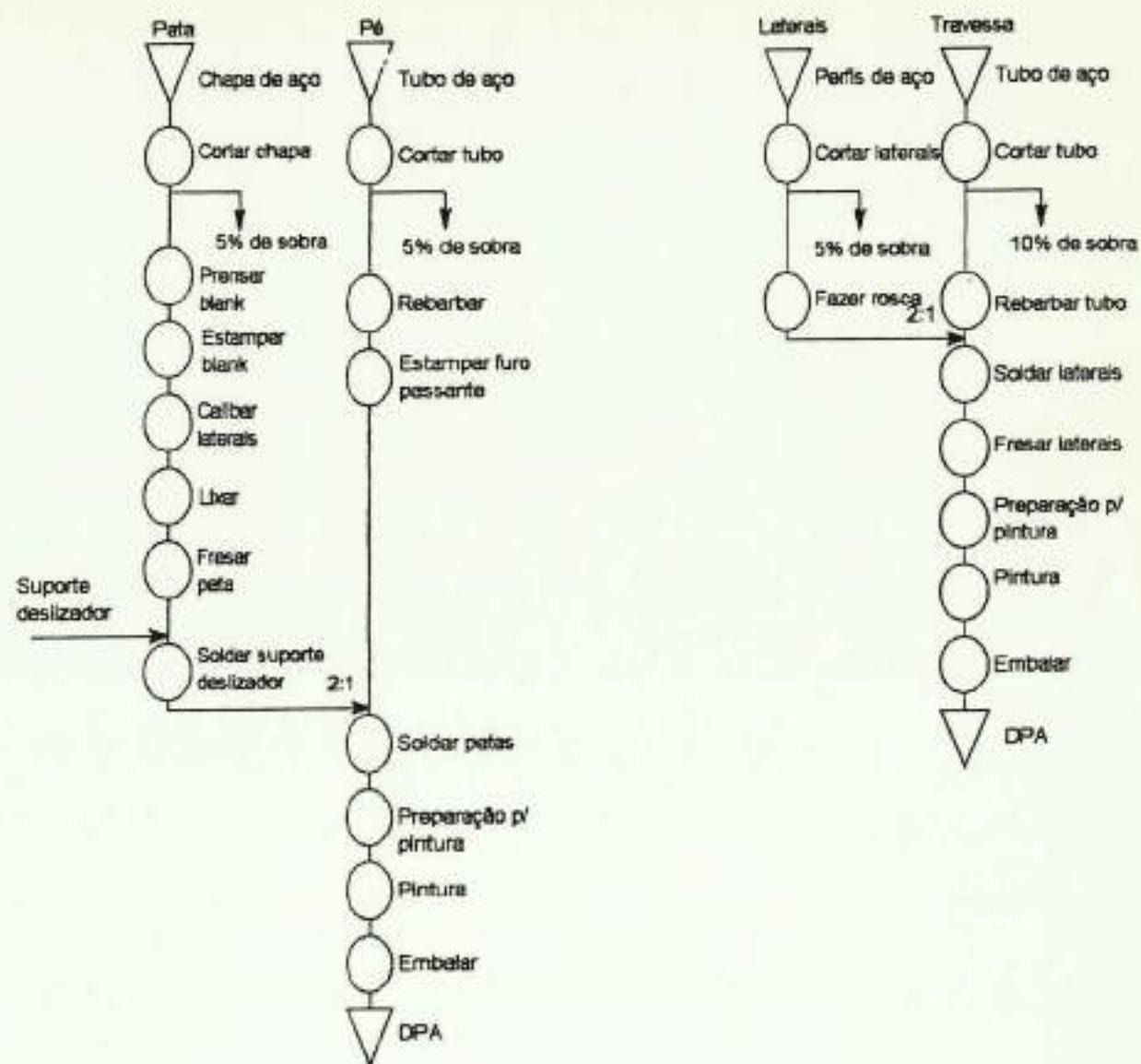


Figura A.6. Carta de processo da longarina auditório.
Elaborado pelo autor.

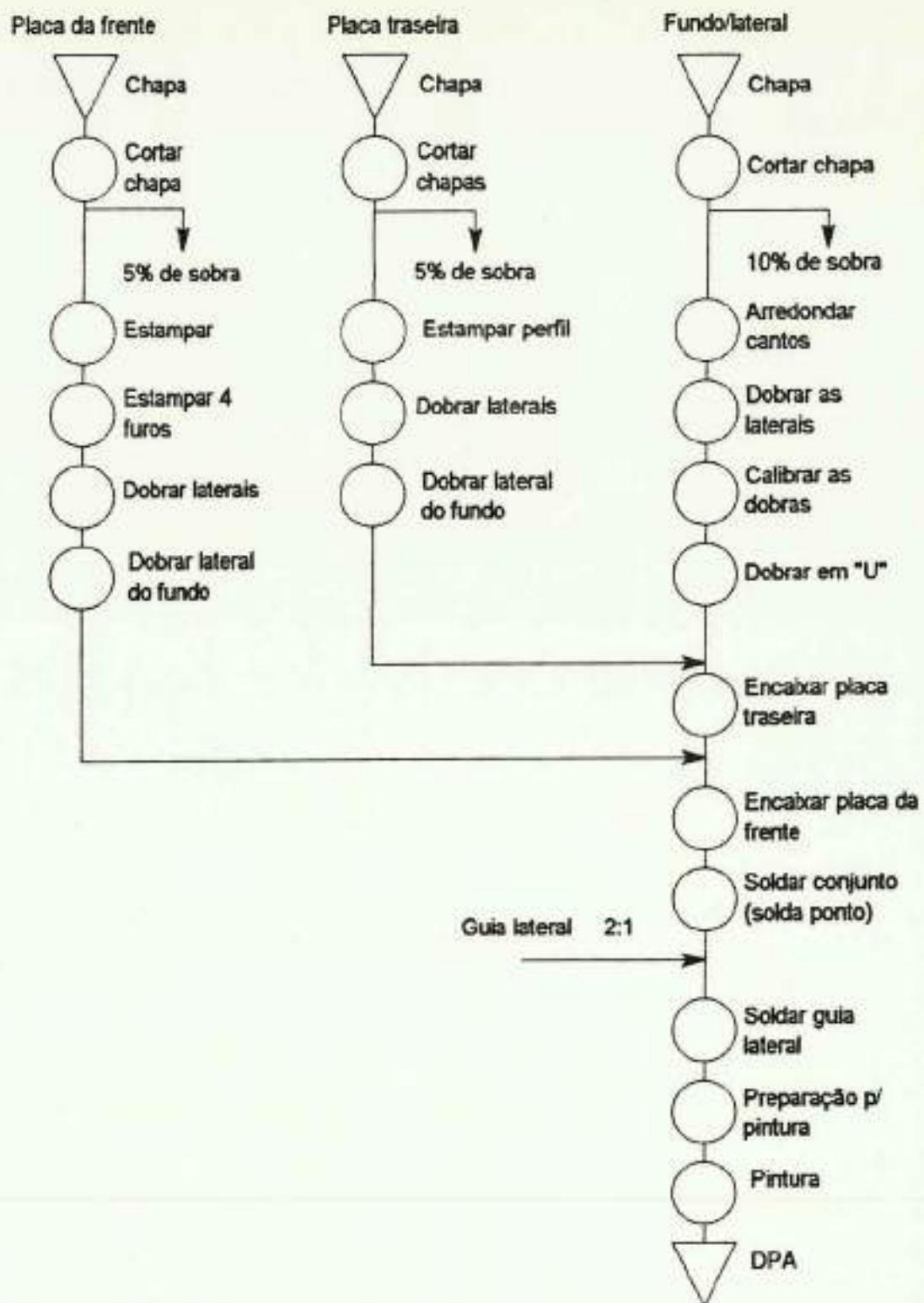


Figura A.7. Carta de processo das gavetas.
Elaborado pelo autor.

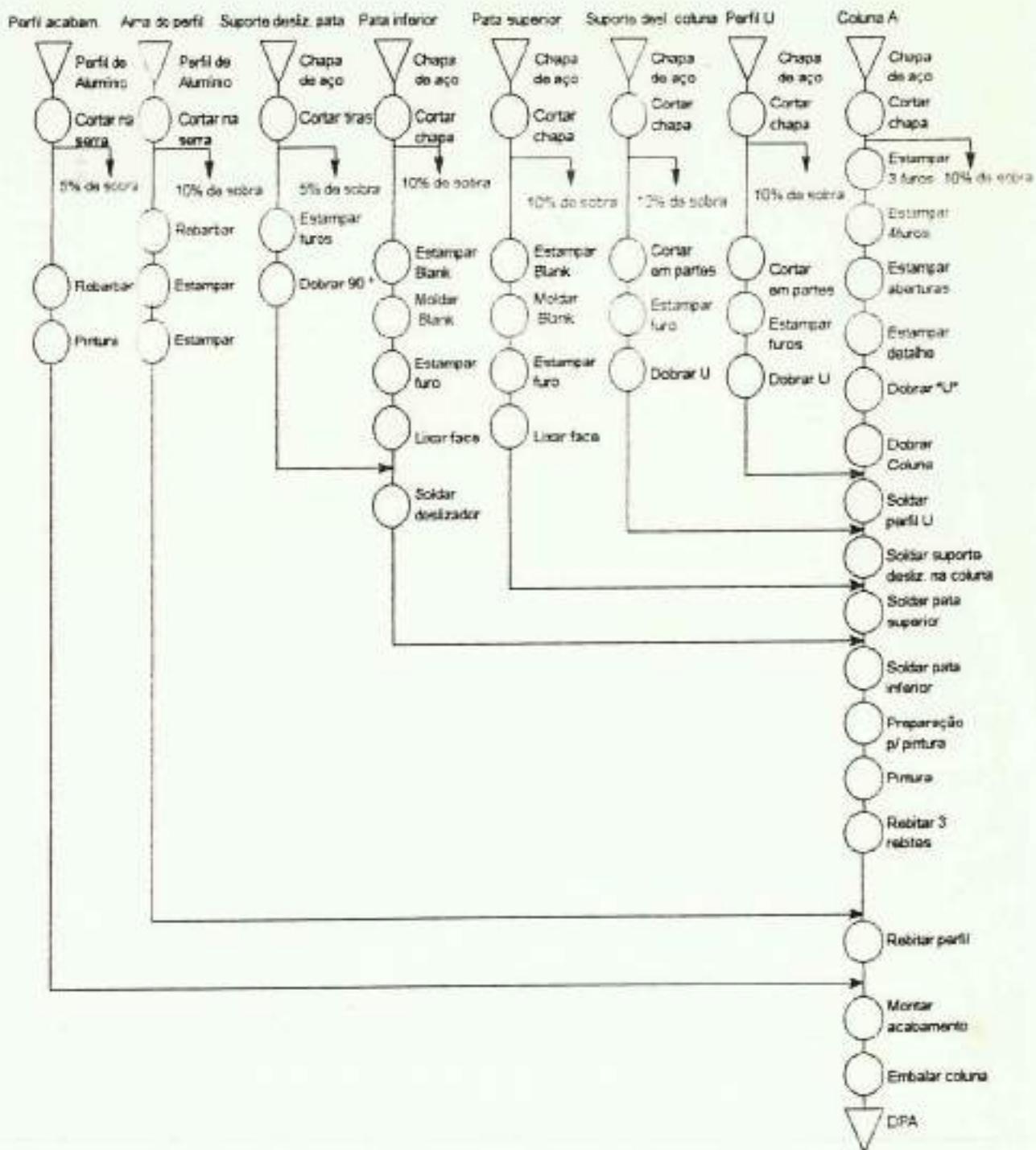


Figura A.8. Carta de processos da coluna.
Elaborado pelo autor.

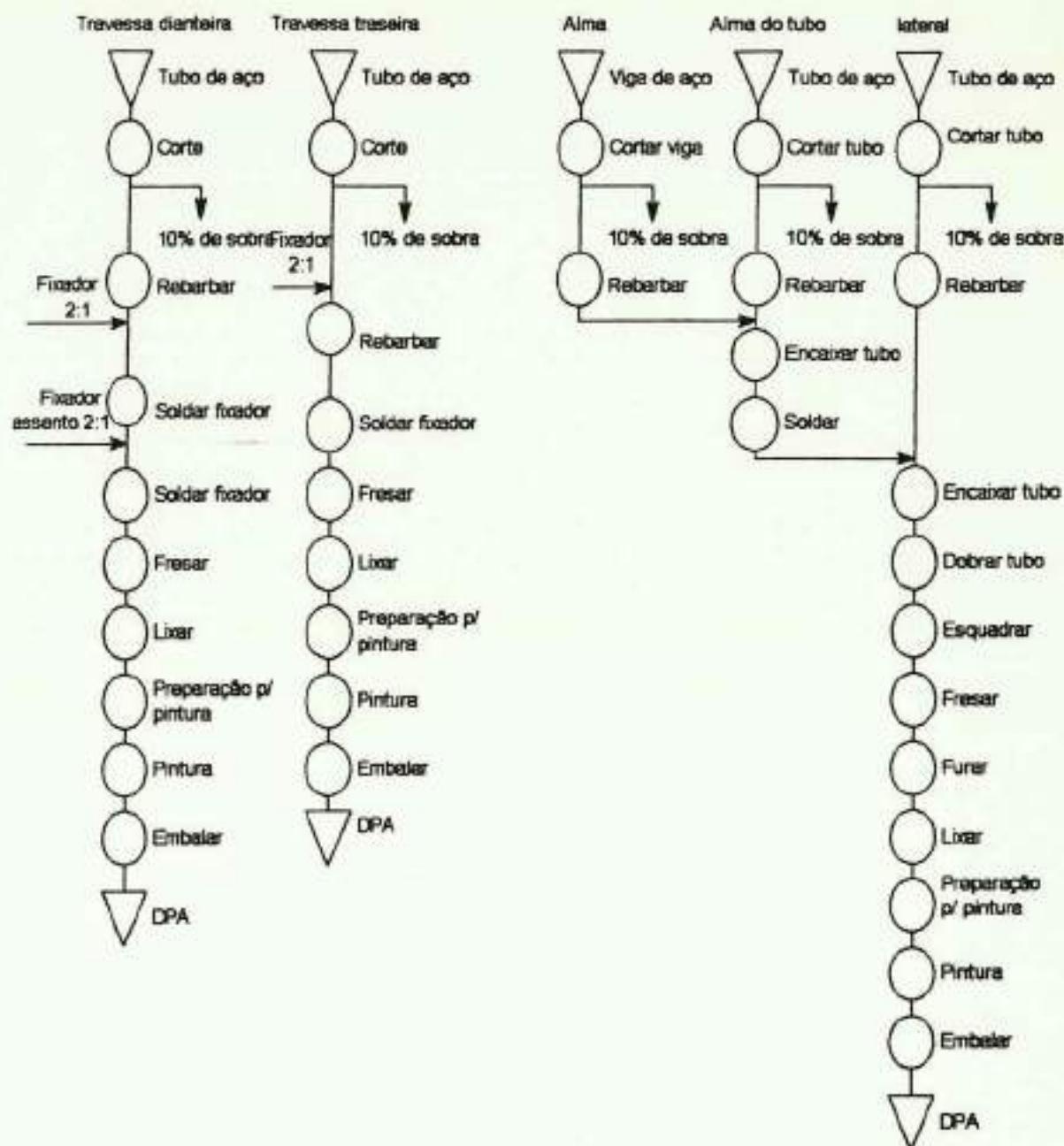


Figura A.9. Carta de processo da poltrona fixa.
Elaborado pelo autor.

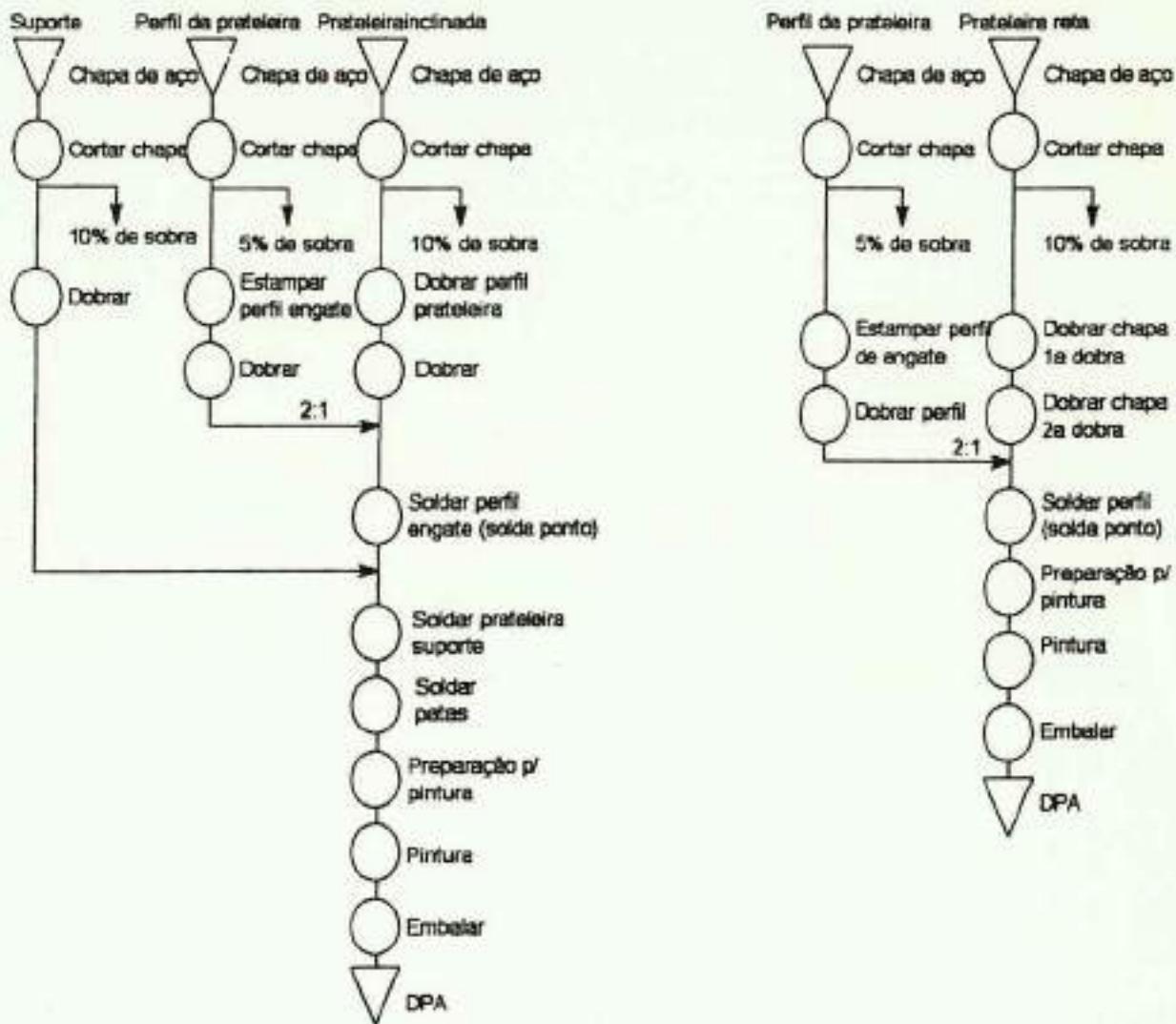


Figura A.10. Carta de processo da prateleira de biblioteca.
Elaborado pelo autor.

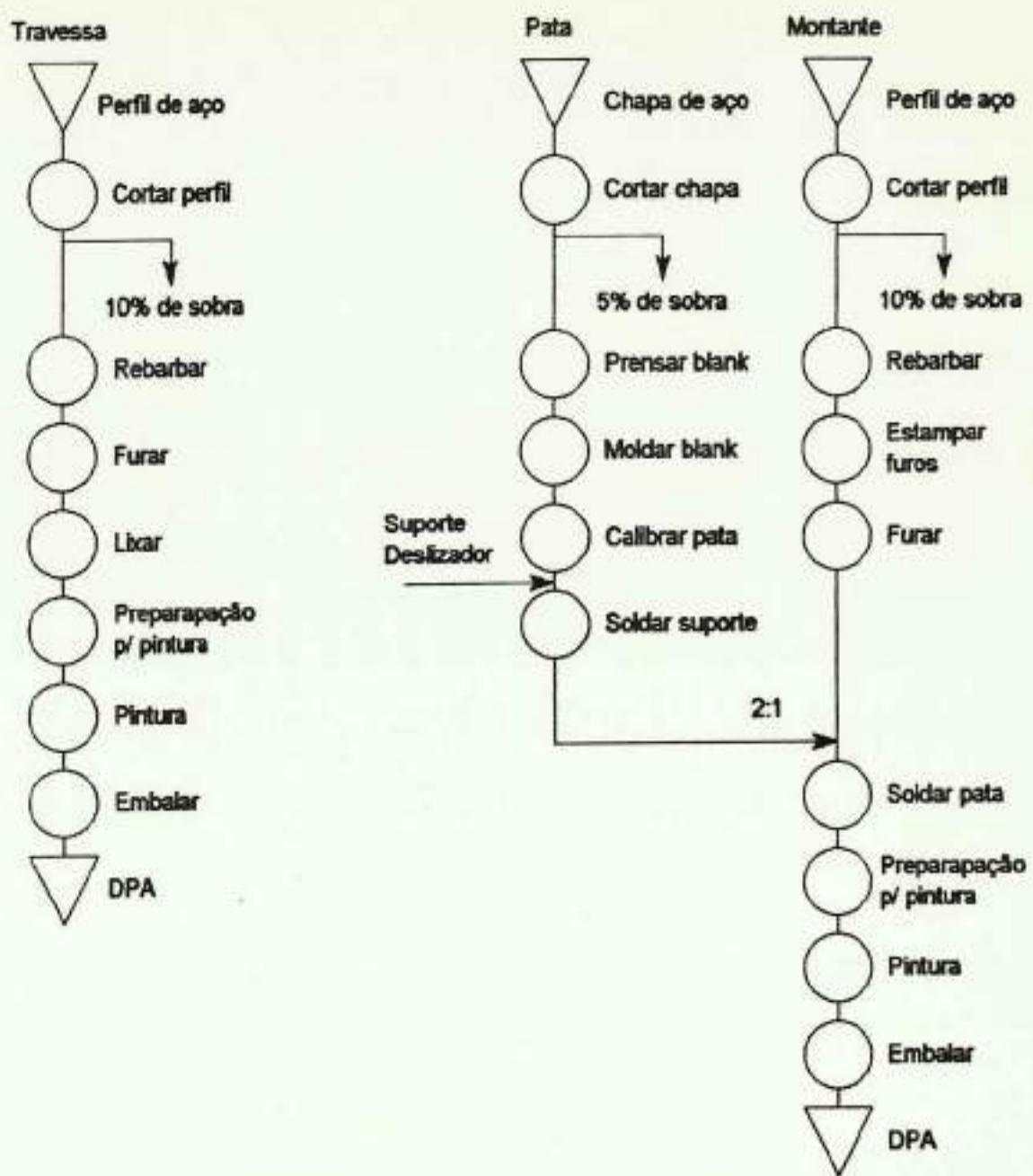


Figura A.11. Carta de processo do montante e travessa de biblioteca.
Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B

CÁLCULO DOS VALORES DO MÉTODO MAG

Cálculo dos valores do método Mag

Neste apêndice está a tabela com os valores do fator base A (tabela B.1). Na tabela B.2 estão representados os valores atribuídos a cada um dos fatores modificadores e também estão representados os cálculos da unidade Mag das peças. O procedimento utilizado nos cálculos está descrita no capítulo V.

Peça	Característica / tipo	Componentes	VOLUME (cm ³)	Valor base A (Mag)
Perfis de alumínio		acabamento de coluna	75	0,5
		perfil de engate	75	0,5
		quadro divisorio de alumínio	1375	2,5
Gaveta	gaveta para arquivo	corpo gaveta	32148	14,0
		frente gaveta	2736	4,0
		traseira gaveta	2736	4,0
	gaveta rasa	corpo gaveta	5292	5,0
		frente gaveta	252	1,0
		traseira gaveta	252	1,0
	gaveta simples	corpo gaveta	14841	9,0
		frente gaveta	550	1,5
		traseira gaveta	550	1,5
	gaveta pasta suspensa	corpo gaveta	30240	13,0
		frente gaveta	2880	4,0
		traseira gaveta	2880	4,0
Coluna de mesa	coluna lateral	coluna	4950	5,0
	coluna central	patas	1575	2,7
		perfil "U"	130	0,7
		suporte desl. pata	27,09	0,3
		suporte desl. col.	25	0,3
Estrutura de cadeira	cadeira tubular	assento/encosto	11860	8,0
		laterais	11125	7,7
		laterais	4980	5,0
		alma das laterais	259	1,0
	poltrona fixa	travessa frente	1115	2,0
		travessa traseira	1115	2,0
Travessa de mesa		travessa	14745	9,0
		laterais da travessa	355	1,2
Cruzeta		tubo central	255	1,0
		pata	550	1,5

Poça	Características / tipo	Componentes	Volume (cm ³)	Valor base A (Mag)
Biblioteca	montante simples	montante simples	2.560	3,5
		pata	756	1,8
	prateleira inclinada	prateleira	9.486	7,0
		perfil do engate	135	0,7
		suporte da prateleira	744	1,8
	travessa	travessa	720	1,8
Estrutura de painel	aço	prateleira reta	7.550	6,3
		perfil prateleira reta	736	1,8
		laterais	1.985	3,0
Longarina		travessa superior	930	2,0
		travessa inferior	930	2,0
		pé	65	0,5
		travessa longarina	4910	5,0
		pé (tubo)	1267	2,4
Painel		pata	550	1,5
		lateral	14	2,0

Tabela B.1. Valores base A das peças analisadas.

Elaborado pelo autor.

Peça: cruzeta

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: pata</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	2143	77157
GUIL	PR	1,5	-1	-2	-1	1	-3	0,38	42865	16074
PR	PR	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	42865	32149
PR	PR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
PR	LX	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
LX	FR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
FR	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
SD	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	42865	80372
<i>componente: tubo central</i>										
DMPT	SE	12						12,00	101	1210
SE	REB	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	8573	4287
REB	SD	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	8573	4287
>>	SD	9,9								
SD	PP	9,9	0	2	0	1	3	17,28	8573	148152
PP	PT	9,9	0	2	0	0	2	14,81	8573	126988
PT	PT	9,9	0	2	1	2	5	22,22	8573	190481
PT	EMB	9,9	0	2	0	0	2	14,81	8573	126988
EMB	DPA	9,9	0	2	-1	0	1	12,34	8573	105823

peça: travessa de mesa

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: travessa</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	1113	40084
GUIL	PR	9	0	-2	-1	1	-2	4,50	10021	45095
PR	PR	9	0	-2	-1	1	-2	4,50	10021	45095
PR	PR	9	0	-2	-1	1	-2	4,50	10021	45095
PR	PR	9	0	-2	-1	1	-2	4,50	10021	45095
PR	DB	9	0	-1	-1	1	-1	6,75	10021	67642
DB	SD	9	0	2	-1	1	2	13,50	10021	135284
<i>componente: laterais travessa</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	68	2454
GUIL	PR	1,2	-1	-2	-1	1	-3	0,30	20042	6013
PR	PR	1,2	-1	-2	-1	1	-3	0,30	20042	6013
PR	PR	1,2	-1	0	-1	1	-1	0,90	20042	18038
PR	SD	1,2	-1	0	-1	1	-1	0,90	20042	18038
>>	SD	15,3								
SD	PP	15,3	0	2	-1	1	2	22,95	10021	229982
PP	PT	15,3	0	2	0	0	2	22,95	10021	229982
PT	PT	15,3	0	2	1	2	5	34,43	10021	344973
PT	EMB	15,3	0	2	0	0	2	22,95	10021	229982
EMB	DPA	15,3	0	2	-1	0	1	19,13	10021	191652

peça: gaveta rasa

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: corpo da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	556	20012
GUIL	PR	5	0	-2	-1	1	-2	2,50	4447	11118
PR	DB	5	0	-1	-1	1	-1	3,75	4447	16676
DB	DB	5	0	-1	0	1	0	5,00	4447	22235
DB	DB	5	0	-1	0	1	0	5,00	4447	22235
DB	SD	5	0	1	0	1	2	7,50	4447	33353
<i>componente: traseira da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	36	1281
GUIL	PR	1	-1	-2	-1	1	-3	0,25	4447	1112
PR	DB	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	4447	2224
DB	DB	1	-1	0	-1	1	-1	0,75	4447	3335
DB	SD	1	-1	0	-1	1	-1	0,75	4447	3335
<i>componente: traseira da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	36	1281
GUIL	PR	1	-1	-2	-1	1	-3	0,25	4447	1112
PR	PR	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	4447	2224
PR	DB	1	-1	-1	-1	1	-2	0,50	4447	2224
DB	DB	1	-1	0	-1	1	-1	0,75	4447	3335
DB	SD	1	-1	0	-1	1	-1	0,75	4447	3335
>>	SD	9								
SD	PP	9	0	3	0	1	4	18,00	4447	80046
PP	PT	9	0	3	0	0	3	15,75	4447	70040
PT	PT	9	0	3	1	2	6	22,50	4447	100058
PT	DPA	9	0	3	0	0	3	15,75	4447	70040

peça: gaveta simples

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: corpo da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	1363	49074
GUIL	PR	9	0	-2	-1	1	-2	4,50	8179	36806
PR	DB	9	0	-1	-1	1	-1	6,75	8179	55208
DB	DB	9	0	-1	0	1	0	9,00	8179	73611
DB	DB	9	0	-1	0	1	0	9,00	8179	73611
DB	SD	9	0	1	0	1	2	13,50	8179	110417
<i>componente: traseira da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	182	6543
GUIL	PR	1,5	-1	-2	-1	1	-3	0,38	8179	3067
PR	DB	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	8179	6134
DB	DB	1,5	-1	0	-1	1	-1	1,13	8179	9201
DB	SD	1,5	-1	0	-1	1	-1	1,13	8179	9201

componente: frente da gaveta

DMPC	GUIL	36					36,00	182	6543
GUIL	PR	1,5	-1	-2	-1	1	-3	0,38	8179
PR	PR	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	8179
PR	DB	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	8179
DB	DB	1,5	-1	0	-1	1	-1	1,13	8179
DB	SD	1,5	-1	0	-1	1	-1	1,13	8179

>> SD 15,75

SD	PP	15,75	0	3	0	1	4	31,50	8179	257639
PP	PT	15,75	0	3	0	0	3	27,56	8179	225434
PT	PT	15,75	0	3	1	2	6	39,38	8179	322048
PT	DPA	15,75	0	3	0	0	3	27,56	8179	225434

Gaveta para pasta suspensa

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
----	------	---	---	---	---	---	------	-----	-----------------	-----------------------

componente: corpo da gaveta

DMPC	GUIL	36						36,00	260	9351
GUIL	PR	13	0	-2	-1	1	-2	6,50	1039	6754
PR	DB	13	0	-1	-1	1	-1	9,75	1039	10130
DB	DB	13	0	-1	0	1	0	13,00	1039	13507
DB	DB	13	0	-1	0	1	0	13,00	1039	13507
DB	SD	13	0	1	0	1	2	19,50	1039	20261

componente: traseira da gaveta

DMPC	GUIL	36						36,00	52	1870
GUIL	PR	4	-1	-2	-1	1	-3	1,00	1039	1039
PR	DB	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	1039	2078
DB	DB	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	1039	3117
DB	SD	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	1039	3117

componente: frente da gaveta

DMPC	GUIL	36						36,00	52	1870
GUIL	PR	4	-1	-2	-1	1	-3	1,00	1039	1039
PR	PR	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	1039	2078
PR	DB	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	1039	2078
DB	DB	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	1039	3117
DB	SD	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	1039	3117

>> SD 25,5

SD	PP	25,5	0	3	0	1	4	51,00	1039	52989
PP	PT	25,5	0	3	0	0	3	44,63	1039	46365
PT	PT	25,5	0	3	1	2	6	63,75	1039	66236
PT	DPA	25,5	0	3	0	0	3	44,63	1039	46365

peça: gaveta para arquivo

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: corpo da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	934	33615
GUIL	PR	14	0	-2	-1	1	-2	7,00	3735	26145
PR	DB	14	0	-1	-1	1	-1	10,50	3735	39218
DB	DB	14	0	-1	0	1	0	14,00	3735	52290
DB	DB	14	0	-1	0	1	0	14,00	3735	52290
DB	SD	14	0	1	0	1	2	21,00	3735	78435
<i>componente: traseira da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	208	7470
GUIL	PR	4	-1	-2	-1	1	-3	1,00	3735	3735
PR	DB	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	3735	7470
DB	DB	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	3735	11205
DB	SD	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	3735	11205
<i>componente: frente da gaveta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	208	7470
GUIL	PR	4	-1	-2	-1	1	-3	1,00	3735	3735
PR	PR	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	3735	7470
PR	DB	4	-1	-1	-1	1	-2	2,00	3735	7470
DB	DB	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	3735	11205
DB	SD	4	-1	0	-1	1	-1	3,00	3735	11205
>>	SD	27								
SD	PP	27	0	3	0	1	4	54,00	3735	201690
PP	PT	27	0	3	0	0	3	47,25	3735	176479
PT	PT	27	0	3	1	2	6	67,50	3735	252113
PT	DPA	27	0	3	0	0	3	47,25	3735	176479

peça: perfil de alumínio

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: perfil de acabamento de coluna</i>										
DMPT	SE	6						6,00	1759	10551
SE	REB	0,5	-2	1	-1	1	-1	0,38	12310	4616
REB	PP	0,5	-2	1	-1	0	-2	0,25	12310	3078
PP	PT	0,5	-2	1	-1	0	-2	0,25	12310	3078
PT	PT	0,5	-2	1	-1	2	0	0,50	12310	6155
PT	MONT	0,5	-2	1	-1	0	-2	0,25	12310	3078

peça: perfil de alumínio

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: perfil de engate</i>										
DMPT	SE	6						6,00	1539	9233
SE	REB	0,5	-2	1	-1	1	-1	0,38	12310	4616
REB	PR	0,5	-2	1	-1	0	-2	0,25	12310	3078
PR	MONT	0,5	-2	1	-1	0	-2	0,25	12310	3078

peça: cadeira tubular

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: assento/encosto</i>										
DMPT	SE	8						8,00	3916	31324
SE	REB	8	-2	-1	-1	1	-3	2,00	7831	15662
REB	DBT	8	-2	-1	-1	1	-3	2,00	7831	15662
DBT	ESQ	8	-2	0	0	1	-1	6,00	7831	46986
ESQ	SD	8	-2	0	0	1	-1	6,00	7831	46986
SD	PR	8	-2	0	0	1	-1	6,00	7831	46986
PR	SD	8	-2	0	0	1	-1	6,00	7831	46986

componente: lateral direita

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: lateral esquerda</i>										
DMPT	SE	8						8,00	2610	20883
SE	REB	7,7	-2	-1	-1	1	-3	1,93	7831	15075
REB	DBT	7,7	-2	-1	-1	1	-3	1,93	7831	15075
DBT	ESQ	7,7	-2	0	0	1	-1	5,78	7831	45224
ESQ	FU	7,7	-2	0	0	1	-1	5,78	7831	45224
FU	PR	7,7	-2	0	0	1	-1	5,78	7831	45224
PR	SD	7,7	-2	0	0	1	-1	5,78	7831	45224

>> SD 11,55

SD	SD	17,55	-1	2	0	1	2	26,33	7831	206151
SD	SD	17,55	-1	2	0	1	2	26,33	7831	206151
SD	SD	17,55	-1	2	0	1	2	26,33	7831	206151
SD	ESQ	17,55	-1	2	0	1	2	26,33	7831	206151
ESQ	PP	17,55	-1	2	0	1	2	26,33	7831	206151
PP	PT	17,55	-1	2	0	0	1	21,94	7831	171793
PT	PT	17,55	-1	2	2	2	5	39,49	7831	309227
PT	EMB	17,55	-1	2	0	0	1	21,94	7831	171793
EMB	DPA	17,55	-1	2	-1	0	0	17,55	7831	137434

peça: estrutura de painel

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: lateral</i>										
DMPC	GU1L	36					36,00	464	16715	
GU1L	PR	3	0	-2	-1	1	-2	1,50	6036	9054
PR	DB	3	0	-2	-1	1	-2	1,50	6036	9054
DB	SD	3	0	0	-1	1	0	3,00	6036	18108
SD	SD	3	0	0	-1	1	0	3,00	6036	18108
<i>componente: travessa superior</i>										
DMPT	SE	8					8,00	377	3018	
SE	REB	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
REB	FU	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
FU	PR	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
PR	SD	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
<i>componente: travessa inferior</i>										
DMPT	SE	8					8,00	377	3018	
SE	REB	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
REB	FU	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
FU	PR	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
PR	SD	2	-1	0	-1	1	-1	1,50	3018	4527
<i>componente: pé</i>										
DMPT	SE	6					6,00	71	426	
SE	REB	0,5	-2	0	-1	1	-2	0,25	6036	1509
REB	PR	0,5	-2	0	-1	1	-2	0,25	6036	1509
PR	SD	0,5	-2	0	-1	1	-2	0,25	6036	1509
>>	SD	9								
SD	SD	9	0	2	0	1	3	15,75	3018	47534
SD	SD	9	1	2	0	1	4	18,00	3018	54324
SD	PP	9	1	2	0	1	4	18,00	3018	54324
PP	PT	9	1	2	0	1	4	18,00	3018	54324
PT	PT	9	1	2	2	2	7	24,75	3018	74696
PT	EMB	9	1	2	0	0	3	15,75	3018	47534
EMB	DPA	9	1	2	-1	0	2	13,50	3018	40743

peça: quadro divisorio de alumínio

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: lateral/travessa</i>										
DMPT	SE	8					8,00	238	1904	
SE	REB	2,5	-2	-1	0	1	-2	1,25	952	1190
REB	FU	2,5	-2	-1	0	0	-3	0,63	952	595
FU	FU	2,5	-2	-1	0	0	-3	0,63	952	595
FU	PP	2,5	-2	-1	0	0	-3	0,63	952	595
PP	PT	2,5	-2	-1	1	0	-2	1,25	952	1190
PT	PT	2,5	-2	-1	2	2	1	3,13	952	2975

PT	EMB	2,5	-2	-1	0	0	-3	0,63	952	595
EMB	DPA	2,5	-2	-1	0	0	-3	0,63	952	595

peça: montante simples

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no periodo	Qtd. no periodo (Mag)
<i>componente: montante</i>										
DMPT	SE	12						12,00	152	1828
SE	REB	3,5	0	0	-1	1	0	3,50	457	1600
REB	PR	3,5	0	0	-1	0	-1	2,63	457	1200
PR	FU	3,5	0	0	0	0	0	3,50	457	1600
FU	SD	3,5	0	0	0	0	0	3,50	457	1600

peça: pata

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no periodo	Qtd. no periodo (Mag)
<i>componente: pata</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	23	823
GUIL	PR	1,8	-1	-1	-1	1	-2	0,90	457	411
PR	PR	1,8	-1	1	0	1	1	2,25	457	1028
PR	PR	1,8	-1	1	0	1	1	2,25	457	1028
PR	SD	1,8	-1	1	0	1	1	2,25	457	1028
SD	SD	1,8	-1	1	0	1	1	2,25	457	1028
>>	SD	8								
SD	PP	8	1	1	0	1	3	14,00	457	6398
PP	PT	8	1	1	1	0	3	14,00	457	6398
PT	PT	8	1	1	2	2	6	20,00	457	9140
PT	EMB	8	1	1	1	0	3	14,00	457	6398
EMB	DPA	8	1	1	0	0	2	12,00	457	5484

peça: prateleira reta

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no periodo	Qtd. no periodo (Mag)
<i>componente: prateleira</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	290	10430
GUIL	DB	6,3	0	-2	-1	1	-2	3,15	2028	6388
DB	DB	6,3	0	0	0	1	1	7,88	2028	15971
DB	SD	6,3	0	1	0	0	1	7,88	2028	15971

componente: perfil prateleira reta

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no periodo	Qtd. no periodo (Mag)
<i>componente: perfil prateleira reta</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	81	2920
GUIL	PR	1,8	-1	-2	-1	1	-3	0,45	4056	1825
PR	DB	1,8	-1	0	-1	1	-1	1,35	4056	5476
DB	SD	1,8	-1	1	-1	1	0	1,80	4056	7301
>>	SD	9,68								
SD	PP	9,68	0	1	0	1	2	14,51	2028	29431
PP	PT	9,68	0	1	1	0	2	14,51	2028	29431
PT	PT	9,68	0	1	2	2	5	21,77	2028	44147
PT	EMB	9,68	0	1	1	0	2	14,51	2028	29431
EMB	DPA	9,68	0	1	0	0	1	12,09	2028	24526

peça: prateleira inclinada

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: prateleira</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	47	1699
GUIL	DB	7	0	-2	-1	1	-2	3,50	236	826
DB	DB	7	0	0	0	1	1	8,75	236	2065
DB	SD	7	0	1	0	1	2	10,50	236	2478
<i>componente: perfil do engate</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	10	378
GUIL	PR	0,7	-1	-2	-1	1	-3	0,18	236	41
PR	DB	0,7	-1	0	-1	1	-1	0,53	236	124
DB	SD	0,7	-1	1	-1	1	0	0,70	236	165
<i>componente: suporte da prateleira</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	17	607
GUIL	DB	1,8	0	-2	-1	1	-2	0,90	236	212
DB	SD	1,8	0	0	0	1	1	2,25	236	531
>>	SD	13,45								
SD	SD	13,45	0	2	0	1	3	23,54	236	5555
SD	PP	13,45	0	2	0	1	3	23,54	236	5555
PP	PT	13,45	0	2	1	0	3	23,54	236	5555
PT	PT	13,45	0	2	2	2	6	33,63	236	7936
PT	EMB	13,45	0	2	1	0	3	23,54	236	5555
EMB	DPA	13,45	0	2	0	0	2	20,18	236	4761

peça: travessa (biblioteca)

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: travessa</i>										
DMPT	SE	6						6,00	113	676
SE	REB	1,8	-2	-1	0	1	-2	0,90	676	608
REB	FU	1,8	-2	1	0	0	-1	1,35	676	913
FU	LX	1,8	-2	-1	0	0	-3	0,45	676	304
LX	PP	1,8	-2	-1	0	0	-3	0,45	676	304
PP	PT	1,8	-2	-1	1	0	-2	0,90	676	608
PT	PT	1,8	-2	-1	2	2	1	2,25	676	1521
PT	EMB	1,8	-2	-1	0	1	-2	0,90	676	608
EMB	DPA	1,8	-2	-1	-1	1	-3	0,45	676	304

peça: coluna lateral		A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: coluna</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	2462	88632
GUIL	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	12310	46163
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	12310	46163
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	12310	46163
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	12310	46163
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	12310	46163
PR	PR	5	0	1	0	1	2	7,50	12310	92325
PR	SD	5	0	1	0	1	2	7,50	12310	92325
<i>componente: perfil U</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	48	1738
GUIL	GUIL	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	12310	2154
GUIL	PR	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	12310	2154
PR	PR	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	12310	2154
PR	SD	0,7	-2	0	0	1	-1	0,53	12310	6463
<i>componente: suporte deslizador de coluna</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	15	535
GUIL	GUIL	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	12310	923
GUIL	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	12310	923
PR	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	12310	923
PR	SD	0,3	-2	0	0	1	-1	0,23	12310	2770
<i>componente: pata superior</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	879	31654
GUIL	PR	2,7	-1	-2	-1	1	-3	0,68	12310	8309
PR	PR	2,7	-1	-1	-1	1	-2	1,35	12310	16619
PR	PR	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	12310	41546
PR	LX	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	12310	41546
LX	SD	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	12310	41546
<i>componente: pata inferior</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	879	31654
GUIL	PR	2,7	-1	-2	-1	1	-3	0,68	12310	8309
PR	PR	2,7	-1	-1	-1	1	-2	1,35	12310	16619
PR	LX	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	12310	41546
LX	SD	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	12310	41546
<i>componente: suporte deslizador da pata</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	12	443
GUIL	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	12310	923
PR	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	12310	923
PR	SD	0,3	-2	1	0	1	0	0,30	12310	3693
<i>solda na pata inferior</i>										
>>	SD	3,675								
SD	SD	3,675	-1	1	0	1	1	4,59	12310	56549

solda do conjunto

>>	SD	8,25						
SD	SD	8,25	0	1	0	1	2	12,38
SD	SD	8,25	1	1	0	1	3	14,44
SD	SD	8,25	1	1	0	1	3	14,44
SD	SD	8,25	2	2	0	1	5	18,56
SD	PP	8,25	2	2	0	1	5	18,56
PP	PT	8,25	2	2	0	0	4	16,50
PT	PT	8,25	2	2	2	2	8	24,75
PT	MONT	8,25	2	2	0	0	4	16,50
MONT	EMB	8,25	2	2	0	0	4	16,50
EMB	DPA	8,25	2	2	-1	0	3	14,44

peça: coluna central

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qty. no período	Qty. no período (Mag)
----	------	---	---	---	---	---	------	-----	-----------------	-----------------------

componente: coluna

DMPC	GUIL	36						36,00	649	23357
GUIL	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	3244	12165
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	3244	12165
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	3244	12165
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	3244	12165
PR	PR	5	0	-2	0	1	-1	3,75	3244	12165
PR	PR	5	0	1	0	1	2	7,50	3244	24330
PR	SD	5	0	1	0	1	2	7,50	3244	24330

componente: perfil U

DMPC	GUIL	36						36,00	13	458
GUIL	GUIL	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	3244	568
GUIL	PR	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	3244	568
PR	PR	0,7	-2	-2	0	1	-3	0,18	3244	568
PR	SD	0,7	-2	0	0	1	-1	0,53	3244	1703

componente: suporte deslizador coluna

DMPC	GUIL	36						36,00	4	141
GUIL	GUIL	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	3244	243
GUIL	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	3244	243
PR	PR	0,3	-2	-2	0	1	-3	0,08	3244	243
PR	SD	0,3	-2	0	0	1	-1	0,23	3244	730

componente: pala superior

DMPC	GUIL	36						36,00	232	8342
GUIL	PR	2,7	-1	-2	-1	1	-3	0,68	3244	2190
PR	PR	2,7	-1	-1	-1	1	-2	1,35	3244	4379
PR	PR	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	3244	10949
PR	LX	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	3244	10949
LX	SD	2,7	-1	1	0	1	1	3,38	3244	10949

>>	SD	8,25							
SD	SD	8,25	0	1	0	1	2	12,38	3244
SD	SD	8,25	0	1	0	1	2	12,38	3244
SD	SD	8,25	0	1	0	1	2	12,38	3244
SD	SD	8,25	1	2	0	1	4	16,50	3244
SD	PP	8,25	1	2	0	1	4	16,50	3244
PP	PT	8,25	1	2	0	0	3	14,44	3244
PT	PT	8,25	1	2	2	2	7	22,69	3244
PT	MONT	8,25	1	2	0	0	3	14,44	3244
MONT	EMB	8,25	1	2	0	0	3	14,44	3244
EMB	DPA	8,25	1	2	-1	0	2	12,38	3244
									40145

peça: longarina auditório

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: longarina</i>										
DMPT	SE	12						12,00	617	7404
SE	REB	5	0	-2	-1	1	-2	2,50	1851	4628
REB	SD	5	0	-2	-1	1	-2	2,50	1851	4628
<i>componente: lateral da longarina</i>										
DMPT	SE	36						36,00	4	162
SE	FU	0,2	-1	0	-1	1	-1	0,15	3702	555
FU	SD	0,2	-1	0	-1	1	-1	0,15	3702	555
>>	SD	2,8								
SD	FR	2,8	0	0	-1	1	0	2,80	1851	5183
FR	PP	2,8	0	0	0	1	1	3,50	1851	6479
PP	PT	2,8	0	0	1	0	1	3,50	1851	6479
PT	PT	2,8	0	0	2	2	4	5,60	1851	10366
PT	EMB	2,8	0	0	1	0	1	3,50	1851	6479
EMB	DPA	2,8	0	0	0	0	0	2,80	1851	5183
<i>componente: pé da longarina</i>										
DMPT	SE	12						12,00	123	1481
SE	REB	2,4	-1	-1	-1	1	-2	1,20	1851	2221
REB	PR	2,4	-1	-1	-1	1	-2	1,20	1851	2221
PR	SD	2,4	-1	-1	-1	1	-2	1,20	1851	2221
<i>componente: pata da longarina</i>										
DMPC	GUIL	36						36,00	185	6664
GUIL	PR	1,5	-1	-2	-1	1	-3	0,38	3702	1388
PR	PR	1,5	-1	-1	-1	1	-2	0,75	3702	2777
PR	PR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	3702	6941
PR	LX	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	3702	6941
LX	FR	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	3702	6941
FR	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	3702	6941
SD	SD	1,5	-1	1	0	1	1	1,88	3702	6941

>>	SD	4,95						
SD	PP	4,95	-1	1	0	1	1	6,19
PP	PT	4,95	-1	1	1	0	1	6,19
PT	PT	4,95	-1	1	2	2	4	9,90
PT	EMB	4,95	-1	1	1	0	1	6,19
EMB	DPA	4,95	-1	1	0	0	0	4,95
								1851
								11453
								11453
								18325
								11453
								9162

peças estrutura poltronas fixa

De	Para	A	B	C	D	E	Soma	Mag	Qtd. no período	Qtd. no período (Mag)
<i>componente: Lateral</i>										
DMPT	SE	8						8,00	2453	19627
SE	REB	5	-2	-1	-1	1	-3	1,25	7360	9200
REB	DBT	5	-2	-1	-1	1	-3	1,25	7360	9200
DBT	ESQ	5	-1	0	0	1	0	5,00	7360	36800
ESQ	FR	5	-1	0	0	1	0	5,00	7360	36800
FR	FU	5	-1	0	0	1	0	5,00	7360	36800
FU	LX	5	-1	0	0	1	0	5,00	7360	36800
LX	PP	5	-1	0	0	0	-1	3,75	7360	27600
PP	PT	5	-1	0	0	1	0	5,00	7360	36800
PT	PT	5	-1	0	1	2	2	7,50	7360	55200
PT	EMB	5	-1	0	0	0	-1	3,75	7360	27600
EMB	DPA	5	-1	0	-1	0	-2	2,50	7360	18400
<i>componente: travessa dianteira</i>										
DMPT	SE	8						8,00	307	2453
SE	REB	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
REB	SD	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
SD	FR	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
FR	LX	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
LX	PP	2	-2	-1	0	0	-3	0,50	3680	1840
PP	PT	2	-2	-1	0	0	-3	0,50	3680	1840
PT	PT	2	-2	-1	1	2	0	2,00	3680	7360
PT	EMB	2	-2	-1	0	1	-2	1,00	3680	3680
EMB	DPA	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
<i>componente: travessa traseira</i>										
DMPT	SE	8						8,00	307	2453
SE	REB	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
REB	SD	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
SD	SD	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
SD	FR	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
FR	LX	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840
LX	PP	2	-2	-1	0	0	-3	0,50	3680	1840
PP	PT	2	-2	-1	0	0	-3	0,50	3680	1840
PT	PT	2	-2	-1	1	2	0	2,00	3680	7360
PT	EMB	2	-2	-1	0	1	-2	1,00	3680	3680
EMB	DPA	2	-2	-1	-1	1	-3	0,50	3680	1840

<i>componente: alma da lateral</i>								
DMPT	SE	8				8,00	491	3925
SE	REB	1	-2	-1	-1	1	-3	0,25
REB	SD	1	-2	-1	-1	1	-3	0,25
SD	SD	1	-2	-1	-1	1	-3	0,25
SD	DBT	1	-2	-1	-1	1	-3	0,25
							7360	1840
							7360	1840
							7360	1840
							7360	1840

Tabela B.2 Unidades em Mag das peças analisadas.

Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C

RELAÇÃO DE MÁQUINAS

Relação de máquinas

Neste apêndice está a relação das máquinas da metalúrgica. Algumas das informações desta relação foi utilizada na determinação de espaços. Além disso, este registro ajudará no controle das mudanças das máquinas.

Metalúrgica

Setor de Corte (CORT)

Código:	SEAL
Máquina:	serra de corte
Característica:	serra circular
Marca:	Reico
Modelo:	Real 350
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	9,4 x 1,2
Área (m ²):	11,28

Código:	SE1
Máquina:	serra de corte
Característica:	serra circular
Marca:	Reico
Modelo:	Senior 315
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	9,4 x 1,2
Área (m ²):	11,28

Código:	SE2
Máquina:	serra de corte
Característica:	serra circular
Marca:	Pedrazolli
Modelo:	Super Brown Special
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	1,1 x 3,4
Área (m ²):	3,74

Código: LX1
 Máquina: lixadeira de bancada
 Característica: lixadeira de fita
 Marca: FAMAC
 Modelo: LFB
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,5 x 1
 Área (m²): 1,5

Código: LX2
 Máquina: lixadeira
 Característica: lixadeira de fita
 Marca: Invicta
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,8 x 0,8
 Área (m²): 1,44

Código: TR1
 Máquina: torno revólver
 Característica: capac. 2 1/2" 1 carro vertical.
 Marca: AMA
 Modelo: TR-5
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 4,2 x 0,8
 Área (m²): 3,36

Código: TR2
 Máquina: torno revólver
 Característica: capac. 2 1/2" 1 carro vertical.
 Marca: AMA
 Modelo: TR-5
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 4,2x 0,8
 Área (m²): 3,36

Setor de lixadeira (LX)

Código: LX3
 Máquina: lixadeira
 Característica: mesa oscilante 800x2000
 Marca: Bento Paixão
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3,7 x 1,9
 Área (m²): 7,03

Código:	LX4
Máquina:	lixadeira
Característica:	mesa oscilante 800x2600
Marca:	Bento Paixão
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	3,7 x 1,9
Área (m ²):	7,03

Setor de dobra tubos (DBT)

Código:	DBT
Máquina:	Curvadeira de tubos
Característica:	hidráulica
Marca:	Pedrazolli
Modelo:	UP 32
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	4,3 x 0,9
Área (m ²):	3,87

Setor de guilhotina (GUIL)

Código:	GUIL1
Máquina:	tesoura guilhotina
Marca:	Calvi
Modelo:	TR
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	3 x 2,9
Área (m ²):	8,7

Código:	GUIL2
Máquina:	tesoura guilhotina
Marca:	Newton
Modelo:	GMN-2005
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	3,2 x 2,3
Área (m ²):	7,36

Código: GUIL3
 Máquina: tesoura guilhotina
 Marca: Newton
 Modelo: TM 5
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,9 x 1,1
 Área (m²): 2,09

Setor de furadeira (FU)

Código: FU1
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Yadoya
 Modelo: FY-B25
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Código: FU2
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Kone
 Modelo: KMB-30
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Código: FU3
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Kone
 Modelo: KMB-30
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Código: FU4
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Marinaro
 Modelo: B2
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Código: FU5
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Rock
 Modelo: FB-2
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Código: FU6
 Máquina: furadeira
 Característica: furadeira de bancada
 Marca: Marinaro
 Modelo: B2
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,8
 Área (m²): 0,72

Setor de prensas (PR)

Código: PR1
 Máquina: prensa excêntrica
 Característica: com cavalete
 Marca: Harlo
 Modelo: 8T
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 0,9 x 0,6
 Área (m²): 0,54

Código: PR2
 Máquina: prensa excêntrica
 Marca: Harlo
 Modelo: 22TM2
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,4 x 0,9
 Área (m²): 1,26

Código: PR3
 Máquina: prensa excêntrica
 Marca: Harlo
 Modelo: 40 TM2
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,4 x 1,1
 Área (m²): 1,54

Código: PR4
 Máquina: prensa excêntrica
 Característica: mesa móvel
 Marca: Harlo
 Modelo: 65 T
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,3 x 1,8
 Área (m²): 2,34

Código: PR5
 Máquina: prensa excêntrica
 Marca: Harlo
 Modelo: 80 T
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 2,1 x 1,2
 Área (m²): 2,52

Código: PR6
 Máquina: prensa excêntrica
 Característica: 100 T rígida
 Marca: Barbam & Vicentini
 Modelo: MBV 100T / 375
 Utilidades: energia elétrica, ar comprimido
 Medidas (m): 2,5 x 1,3
 Área (m²): 3,25

Setor de dobras (DB)

Código: DB1
 Máquina: prensa viradeira
 Característica: capacidade 10/12 T
 Marca: Newton
 Modelo: PDM 10/12 x 1250
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,5 x 0,9
 Área (m²): 1,35

Código: DB2
 Máquina: prensa viradeira
 Característica: capacidade 20/25 T
 Marca: Newton
 Modelo: PDM 20/25 x 1250
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 2,1 x 1,2
 Área (m²): 2,52

Código: DB3
 Máquina: prensa viradeira
 Característica: capacidade 30/40 T
 Marca: Newton
 Modelo: PDM 30/40 x 3050
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 2,9 x 1,3
 Área (m²): 3,77

Setor de solda (SD)

Código: SP1
 Máquina: solda ponto
 Característica: máquina Cruzeiro
 Marca: Transweld
 Modelo: 15KWA
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 2,1 x 1,5
 Área (m²): 3,15

Código: SP2
 Máquina: solda ponto
 Característica: máquina Cruzeiro
 Marca: Transweld
 Modelo: TWP 30
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,6 x 1,4
 Área (m²): 2,24

Código: SP3
 Máquina: solda ponto
 Marca: Isea-Milano
 Modelo: 5P
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,3 x 0,5
 Área (m²): 0,65

Código: SD1
 Máquina: solda Mig
 Característica: c/ cabeçote
 Marca: Bambozzi
 Modelo: TRR 3050
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3 x 2,8
 Área (m²): 8,4

Código: SD2
 Máquina: solda Mig
 Característica: c/ SAG 1010
 Marca: Bambozzi
 Modelo: TRR 3600
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3 x 2,8
 Área (m²): 8,4

Código: SD3
 Máquina: solda Mig
 Característica: c/ cabeçote
 Marca: Bambozzi
 Modelo: TRR 3050
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3 x 2,8
 Área (m²): 8,4

Código: SD4
 Máquina: solda Mig
 Característica: c/ cabeçote
 Marca: Bambozzi
 Modelo: TRR 3050
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3 x 2,8
 Área (m²): 8,4

Código: SD5
 Máquina: solda Mig
 Marca: Bambozzi
 Modelo: TRR 3100
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 3 x 2,8
 Área (m²): 8,4

Setor de fresa (FR)

Código: FR1
 Máquina: fresa universal
 Característica: c/ cabeçote vertical
 Marca: Romi
 Modelo: U-30
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 1,8 x 1,5
 Área (m²): 2,7

Código: FR2
 Máquina: fresa pneumática
 Marca: Azerf
 Utilidades: energia elétrica, ar comprimido
 Medidas (m): 1 x 0,9
 Área (m²): 0,9

Código: TM
 Máquina: torno mecânico
 Marca: Romi
 Modelo: P400 II
 Utilidades: energia elétrica
 Medidas (m): 2,8 x 1
 Área (m²): 2,8

Pintura

Código:	CP1
Equipamento:	cabine de pintura
Característica:	cabine para tinta epóxi com aspirador
Marca:	Ekio-Ar
Utilidades:	energia elétrica, ar comprimido
Medidas (m):	2 x 1,2
Área (m ²):	2,4
 Código:	 CP2
Equipamento:	cabine de pintura
Característica:	tinta epóxi e coleto conjugado
Utilidades:	energia elétrica, ar comprimido
Medidas (m):	6,5 x 4,5
Área (m ²):	29,25
 Código:	 CP3
Equipamento:	cabine de pintura
Característica:	cabine para tinta poliuretano com cortina de água
Utilidades:	energia elétrica, ar comprimido, água
Medidas (m):	2,8 x 3,1
Área (m ²):	8,68
 Código:	 TQ1-TQ6
Equipamento:	tanques para preparação de pintura
Utilidades:	vapor de água
Medidas (m):	2 x 1,5 (cada tanque)
Área (m ²):	3,00 (cada tanque)
 Código:	 EST1
Equipamento:	estufa
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	2,3 x 2
Área (m ²):	4,6
 Código:	 EST2
Equipamento:	estufa
Característica:	estufa para pintura epóxi com área para resfriamento de peças
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	10,2 x 1,4
Área (m ²):	14,28

Código:	EST3
Equipamento:	estufa
característica	estufa para pintura epóxi grande
Utilidades:	energia elétrica
Medidas (m):	2,6 x 1,8
Área (m ²):	4,68

APÊNDICE D

CÁLCULO DOS MOMENTOS DE TRANSPORTE

Cálculo dos momentos de transporte

Neste trabalho, foi adotado que o momento é o produto entre o valor em Mag da peça e a distância percorrida.

Nos cálculos dos momentos de transporte, utilizamos a intensidade de fluxo entre os pares de atividades em Mag e multiplicamos pela distância média entre esses pares. Para os pares de atividade iguais foi estimado uma distância média percorrida pelos materiais dentro da atividade.

As distâncias foram medidas a partir do desenho em escala das alternativas e do layout atual.

Os resultados dos cálculos realizados estão na tabela D.1 e tabela D.2.

			Atual	
Pares de atividades		Intensidade do fluxo (Mag no período)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)
PT	SEC	2.208.586	15	33128790
SD	SD	1.802.795	2	3605590
PP	PT	1.456.026	15	21840390
SD	PP	1.359.690	28	38071320
EMB	DPA	765.618	15	11484270
PR	PR	746.422	1,5	1119633
SEC	EMB	671.775	7	4702425
SEC	DPA	518.318	15,8	8189424,4
DMPC	GUIL	493.264	5	2466320
DB	SD	476.019	35	16660665
DB	DB	395.039	1	395039
PR	SD	348.284	14	4875976
GUIL	PR	260.576	13	3387488
SD	ESQ	253.137	10	2531370
SEC	MONT	253.028	14	3542392
MONT	EMB	249.950	8,8	2199560
PR	DB	239.339	14	3350746
ESQ	PP	206.151	60	12369060
PR	LX	181.354	23	4171142
DBT	ESQ	174.234	10	1742340
DMPT	CORT	142.459	13	1851967
FU	PR	101.102	24	2426448
FR	SD	96.176	5	480880
CORT	CORT	94.860	3	284580
LX	SD	94.041	20	1880820
LX	FR	90.993	16	1455888

			Atual	
Pares de atividades		Intensidade do fluxo (Mag no período)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)
ESQ	FU	90.448	7	633136
CORT	DBT	55.011	18	990198
DMPC	REF	40.254	22	885588
FU	LX	37.104	20	742080
ESQ	FR	36.800	7	257600
FR	FU	36.800	13	478400
LX	PP	31.584	10	315840
CORT	SD	14.435	14	202090
DMPT	REF	13.334	17,5	233345
CORT	FU	11.117	24,5	272366,5
CORT	PR	8.007	40	320280
GUIL	DB	7.427	15	111405
FR	PP	6.479	60	388740
GUIL	GUIL	3.889	1	3889
CORT	PP	3.078	60	184680
PR	MONT	3.078	58	178524
FU	SD	2.155	10,5	22627,5
SD	DBT	1.840	20	36800
FU	FU	595	1	595
FU	PP	595	45,5	27072,5
Total de momento de transporte				194499780

Tabela D.1. Momentos de transporte do layout atual.
Elaborado pelo autor.

Pares de atividades	Intensidade do fluxo (Mag no período)	Plano A		Plano B		Plano C	
		Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)
PT	SEC	2.208.586	10,5	23190153	10,5	23190153	10,5
SD	SD	1.802.795	2	3605590	2	3605590	2
PP	PT	1.456.026	14	20384364	14	20384364	15,75
SD	PP	1.359.690	10,5	14276745	10,5	14276745	11,2
EMB	DPA	765.618	10,5	8038989	10,5	8038989	7
PR	PR	746.422	1,5	1119633	1,5	1119633	1,5
SEC	EMB	671.775	5,25	3526818,75	5,25	3526818,75	10,5
SEC	DPA	518.318	5,25	2721169,5	5,25	2721169,5	6,3
DMPC	GUIL	493.264	10,5	5179272	5,25	2589636	8,75
DB	SD	476.019	21	9996399	7	3332133	12,25
DB	DB	395.039	1	395039	1	395039	1

Pares de atividades		Intensidade do fluxo (Mag no período)	Plano A		Plano B		Plano C	
			Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)	Distância média (m)	Momento de transporte (Mag x m)
PR	SD	348.284	24,5	8532958	14	4875976	12,25	4266479
GUIL	PR	260.576	14	3648064	5,25	1368024	7,7	2006435,2
SD	ESQ	253.137	14	3543918	31,5	7973815,5	35	8859795
SEC	MONT	253.028	14	3542392	14	3542392	8,75	2213995
MONT	EMB	249.950	5,25	1312237,5	5,25	1312237,5	5,25	1312237,5
PR	DB	239.339	5,25	1256529,75	14	3350746	15,75	3769589,25
ESQ	PP	206.151	21	4329171	42	8658342	38,5	7936813,5
PR	LX	181.354	14,7	2665903,8	5,25	952108,5	5,25	952108,5
DBT	ESQ	174.234	3,5	609819	7	1219638	4,2	731782,8
DMPT	CORT	142.459	7	997213	6,3	897491,7	7	997213
FU	PR	101.102	12,25	1238499,5	21	2123142	24,5	2476999
FR	SD	96.176	10,5	1009848	28	2692928	33,25	3197852
CORT	CORT	94.860	3	284580	3	284580	3	284580
LX	SD	94.041	22,75	2139432,75	15,75	1481145,75	14	1316574
LX	FR	90.993	7	636951	12,25	1114664,25	17,5	1592377,5
ESQ	FU	90.448	38,5	3482248	17,5	1582840	21	1899408
CORT	DBT	55.011	10,5	577615,5	10,5	577615,5	14	770154
DMPC	REF	40.254	21	845334	28	1127112	35	1408890
FU	LX	37.104	24,5	909048	8,75	324660	11,2	415564,8
ESQ	FR	36.800	17,5	644000	10,5	386400	15,75	579600
FR	FU	36.800	24,5	901600	8,75	322000	8,75	322000
LX	PP	31.584	42	1326528	21	663264	35	1105440
CORT	SD	14.435	31,5	454702,5	47,25	682053,75	45,5	656792,5
DMPT	REF	13.334	24,5	326683	10,5	140007	17,5	233345
CORT	FU	11.117	40,25	447459,25	31,5	350185,5	36,75	408549,75
CORT	PR	8.007	21	168147	22,75	182159,25	26,25	210183,75
GUIL	DB	7.427	24,5	181961,5	25,2	187160,4	26,25	194958,75
FR	PP	6.479	49	317471	33,25	215426,75	57,75	374162,25
GUIL	GUIL	3.889	1	3889	1	3889	1	3889
CORT	PP	3.078	54,25	166981,5	64,75	199300,5	52,5	161595
PR	MONT	3.078	47,25	145435,5	39,2	120657,6	50,75	156208,5
FU	SD	2.155	43,75	94281,25	19,95	42992,25	22,75	49026,25
SD	DBT	1.840	22,75	41860	35	64400	42	77280
FU	FU	595	1	595	1	595	1	595
FU	PP	595	50,75	30196,25	22,75	13536,25	42	24990
Total de momento de transporte			139247726		132213756		143264476	
Redução de momento de transporte			28,41%		47,11%		26,34%	

Tabela D.2. Momento de transporte das alternativas.
Elaborado pelo autor.