

GUSTAVO ANDRES

**PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO DE UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de formatura apresentado
à Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção – Área Mecânica

São Paulo
2003

GUSTAVO ANDRES

**PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO DE UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

Trabalho de formatura apresentado
à Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção – Área Mecânica

Orientador:
Prof. Dr. Paulino Graciano Francischini

São Paulo
2003

FICHA CATALOGRÁFICA

Andres, Gustavo

Planejamento do arranjo físico de uma indústria química.
São Paulo, 2003.
107p.

Trabalho de formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Manufatura 2. Layout 3. Indústria química
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.

“O nosso mundo não é medido pela distância entre um horizonte e outro,
e sim pelo alcance de nossa compreensão”.

Bethie, Jessie L.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho à minha família,

que mesmo com saudade,

sempre me apoiou.

RESUMO

O objetivo deste trabalho de formatura é o desenvolvimento de um arranjo físico para uma nova planta industrial de uma empresa química, através da mudança dos processos produtivos de maior volume da planta atual para esta nova planta, buscando a otimização do fluxo de materiais e um aumento de capacidade.

Para tanto, este trabalho de formatura se valeu da aplicação das técnicas de arranjo físico, principalmente o sistema SLP (Systematic Layout Planning), e também de fundamentos da Manufatura Celular e OPT.

Conforme verificado durante o estágio do autor, o crescimento desordenado da empresa em questão resultou num posicionamento inadequado dos equipamentos produtivos, que não seguem nenhum fluxo de processo. Aproveitando-se da aquisição de um novo galpão industrial, para onde se pretende migrar os processos produtivos de maior volume, desenvolveu-se este projeto de rearranjo do processo produtivo e do layout.

Como resultado obteve-se o desenvolvimento de um novo layout e de um cronograma de implantação, que resultou na melhoria do fluxo de materiais e num aumento da capacidade produtiva total da fábrica, com eliminação de inúmeros problemas de fluxo e de gargalos.

ABSTRACT

The objective of this project is to develop a layout for a new industrial plant of a chemical company, through the change of some productive high volume processes from the present plant to this new one, seeking the optimization of the material flow and an increase in capacity.

To achieve that, this project used layout techniques, specially the SLP system (Systematic Layout Planning), but also Cellular Manufacture and OPT.

As verified during the author's internship time, the growth that occurred in the company was without order, resulting in an inadequate positioning of most all of the productive equipment, without any coherent material flow. Taking advantage from the acquisition of a new building where the company intends to migrate some of the high volume processes, this project was developed to reorder the productive equipments and research a new layout.

As a result a new layout and an implantation chronogram were created, that resulted in a material flow improvement and in an upgrade of the plant capacity, with the elimination of many flow and capacity problems.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO DO TRABALHO.....	1
1.1.1	Relevância do trabalho para a empresa.....	2
1.1.2	Escopo do trabalho	3
1.2	A EMPRESA	3
1.2.1	Apresentação da empresa.....	4
1.2.2	Histórico	4
1.2.3	Característica do setor	5
1.2.4	Tipo de produção.....	6
1.2.5	Produtos e segmentos de mercado	7
1.3	O ESTÁGIO.....	7
1.3.1	Contribuição do autor	8
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2	A SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA.....	11
2.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	11
2.2	LAYOUT ATUAL.....	12
2.3	PRODUTOS.....	16
2.4	QUANTIDADES.....	19
2.5	SETORES E OPERAÇÕES	21
2.5.1	Armazém.....	21
2.5.2	Tanques	22
2.5.3	Produção	22
2.5.4	Secagem	23
2.5.5	Moagem.....	23
2.5.6	Embalagem.....	24
2.6	ADMINISTRAÇÃO E SERVIÇOS DE APOIO	24
2.6.1	PCP (Planejamento e controle da produção).....	24
2.6.2	Manutenção	25
2.6.3	Laboratório	25
2.6.4	Departamento industrial.....	25
2.6.5	Finanças e contabilidade	25

2.6.6	Recursos humanos	26
2.6.7	Planejamento estratégico e desenvolvimento de novos negócios	26
2.7	FLUXO DE INFORMAÇÃO.....	26
2.8	EQUIPAMENTOS.....	27
2.8.1	Layout atual dos equipamentos	29
2.9	FLUXO DE MATERIAIS.....	34
2.9.1	Fluxo macro de materiais	34
2.9.2	Fluxo de materiais por produto	34
2.9.3	Intensidade de fluxo da situação atual.....	36
2.9.4	Diagrama de fluxo da situação atual	38
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	41
3.1	INTRODUÇÃO.....	41
3.2	OBJETIVOS DO ESTUDO DE LAYOUT	41
3.3	TIPOS DE ARRANJO FÍSICO	42
3.4	PLANEJAMENTO DE LAYOUT (SISTEMA SLP)	43
3.4.1	Fases do planejamento de arranjo físico	43
3.4.2	Procedimentos do sistema slp	44
3.5	ARRANJO FÍSICO CELULAR	50
3.5.1	Estágios para implantação de arranjo celular	52
3.6	OPT	54
3.6.1	Regras do OPT	55
3.6.2	Modo de Funcionamento.....	57
3.6.3	Aplicação.....	58
3.7	CONCLUSÕES	58
4	ALTERATIVAS PROPOSTAS	59
4.1	AGRUPAMENTO INICIAL DE FAMÍLIAS E CÉLULAS.....	59
4.2	ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA	59
4.2.1	Tanques	61
4.2.2	Gargalos	62
4.3	ANÁLISE DE VOLUME – VARIEDADE	64
4.3.1	Quantidade por família	64
4.3.2	Intensidade de transporte	64
4.4	DIAGRAMA DE INTER-RELACIONES	67
4.5	LEVANTAMENTO DA ÁREA FÍSICA.....	69
4.5.1	Área de cada família.....	69
4.5.2	Área de estoque de produto acabado	70
4.5.3	Área de outros setores	70
4.6	DIAGRAMA DE INTER-RELACIONES ENTRE ESPAÇOS	71
4.7	GERAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE LAYOUT	74

4.7.1	Layout Candidato A – Células verticais.....	74
4.7.2	Layout Candidato B – Células horizontais.....	76
4.7.3	Layout Candidato C – Processos.....	78
4.7.4	Layout Candidato D – Células e processos	80
5	ESCOLHA E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO	82
5.1	ESCOLHA DA SOLUÇÃO.....	82
5.1.1	Fatores relevantes à escolha	82
5.1.2	Pesos e pontuação.....	85
5.1.3	Resultado da avaliação	86
5.2	DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO	87
5.2.1	Refinamento	87
5.2.2	Gestão da Operação.....	90
5.2.3	Implantação	91
5.2.4	Viabilidade econômica	96
6	CONCLUSÃO	99
6.1	BENEFÍCIOS DO PROJETO	99
6.1.1	Administração	99
6.1.2	Fluxo de materiais	99
6.1.3	Produção	102
6.1.4	Armazenagem.....	103
6.1.5	Custos	104
6.1.6	Pessoal.....	104
6.2	RESUMO DOS BENEFÍCIOS	105
6.3	AVALIAÇÃO	107
7	BIBLIOGRAFIA	108
ANEXO A: FLUXO DE MATERIAIS.....		109
ANEXO B: REAÇÕES QUÍMICAS		117
ANEXO C: MATRIZ DE TECNOLOGIA DE GRUPO.....		119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Tabela com siglas utilizadas no layout geral da <i>planta matriz</i>	13
Tabela 2:	Tabela com siglas utilizadas no layout geral da <i>planta filial</i>	15
Tabela 3:	Tabela com os produtos da empresa QUIM. Fonte: Catálogo de produtos da empresa.....	19
Tabela 4:	Tabela com os produtos e quantidades. Elaborado pelo autor junto da Gerência Industrial.	20
Tabela 5:	Relação de equipamentos e equivalências. Elaborado pelo autor.	29
Tabela 6:	Fluxo de materiais do cloreto estanoso. Elaborado pelo autor.....	35
Tabela 7:	Tabela com os fluxos de materiais para a situação atual. Elaborado pelo autor.....	36
Tabela 8:	Primeira relação de famílias. Elaborado pelo autor.	59
Tabela 9:	Capacidade para a família 1. Elaborado pelo autor.....	60
Tabela 10:	Capacidade para a família 2. Elaborado pelo autor.....	61
Tabela 11:	Capacidade para a família 3. Elaborado pelo autor.....	61
Tabela 12:	Capacidade para a família 4. Elaborado pelo autor.....	61
Tabela 13:	Capacidade para a família 5. Elaborado pelo autor.....	61
Tabela 14:	Relação dos tanques de material em processo. Elaborado pelo autor.	62
Tabela 15:	Lista de gargalos por família. Elaborado pelo autor.	62
Tabela 16:	Carta De Para – Número de viagens. Elaborado pelo autor.	66
Tabela 17:	Área necessária para cada família. Elaborado pelo autor.....	69
Tabela 18:	Área necessária para estoque de cada produto. Elaborado pelo autor.....	70
Tabela 19:	Área dos outros setores de suporte. Elaborado pelo autor.	71
Tabela 20:	Avaliação das alternativas. Elaborado pelo autor.	85
Tabela 21:	Tarefas, precedências e durações. Elaborado pelo autor.....	93
Tabela 22:	Investimento estimado. Fonte: Gerência Industrial.	96
Tabela 23:	Benefícios devidos ao aumento de capacidade. Elaborado pelo autor.....	97
Tabela 24:	Comparação de intensidade de transporte. Elaborado pelo autor. ...	101

Tabela 25:	Aumento da capacidade prevista. Elaborado pelo autor.	103
Tabela 26:	Fluxo de materiais do cloreto estanoso. Elaborado pelo autor.....	109
Tabela 27:	Fluxo de materiais do fosfato de potássio. Elaborado pelo autor....	110
Tabela 28:	Fluxo de materiais do fosfato de zinco. Elaborado pelo autor.....	111
Tabela 29:	Fluxo de materiais do Fluossilicato de sódio. Elaborado pelo autor.....	112
Tabela 30:	Fluxo de materiais do molibdato de amônio. Elaborado pelo autor.	113
Tabela 31:	Fluxo de materiais do molibdato de sódio. Elaborado pelo autor....	114
Tabela 32:	Fluxo de materiais do sulfato de amônio. Elaborado pelo autor.	115
Tabela 33:	Fluxo de materiais do sulfato de potássio. Elaborado pelo autor....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Evolução do faturamento da empresa projetado até 2005 (considerando valor 100 para o ano de 2001). Elaborado pelo autor com ajuda da Gerência Comercial.....	2
Figura 2 : Layout geral da <i>planta matriz</i> . Elaborado pelo autor.....	14
Figura 3 : Layout geral da <i>planta filial</i> . Elaborado pelo autor.	16
Figura 4 : Diagrama P-Q. Elaborado pelo autor.	20
Figura 5 : Fluxo de informação. Elaborado pelo autor.	27
Figura 6 : Layout atual dos equipamentos na FÁBRICA. Elaborado pelo autor. ..	30
Figura 7 : Layout atual dos equipamentos na MOAGEM e SECAGEM. Elaborado pelo autor.....	32
Figura 8 : Layout atual da área de TANQUES. Elaborado pelo autor.	33
Figura 9 : Fluxo macro de materiais. Elaborado pelo autor.....	34
Figura 10 : Momento de transporte anual por fluxos. Elaborado pelo autor.....	36
Figura 11 : Número de viagens anuais por fluxos. Elaborado pelo autor.....	37
Figura 12 : Momento de transporte anual por produtos. Elaborado pelo autor....	37
Figura 13 : Número de viagens anuais por produtos. Elaborado pelo autor.....	38
Figura 14 : Diagrama de fluxo para a situação atual, medido pelo momento de transporte. Elaborado pelo autor.	39
Figura 15 : Diagrama de fluxo para a situação atual, medido pelo número de viagens. Elaborado pelo autor.	40
Figura 16 : Sistema de procedimentos SLP. Adaptado do MUTHER.....	45
Figura 17 : Símbolos ou notações para Diagrama de Processos. Transcrito do MUTHER.....	47
Figura 18 : Notações utilizadas para designar a inter-relação entre as atividades. Transcrito do MUTHER.....	47
Figura 19 : Motivos das Inter-relações (transcrito do MUTHER).....	48
Figura 20 : Método de alocação de máquinas e produtos em célula (transcrito do SLACK).....	53
Figura 21 : Quantidade produzida por família. Elaborado pelo autor.	64
Figura 22 : Número de viagens por família. Elaborado pelo autor.....	65

Figura 23 :	Quantidade de movimento por família. Elaborado pelo autor.....	65
Figura 24 :	Diagrama de Fluxo. Elaborado pelo autor.....	68
Figura 25 :	Diagrama de Inter-relação entre espaços (estoque único). Elaborado pelo autor.....	72
Figura 26 :	Diagrama de Inter-relação entre espaços (estoque dividido por produto). Elaborado pelo autor.....	73
Figura 27 :	Layout candidato A. Elaborado pelo autor.....	75
Figura 28 :	Layout candidato B. Elaborado pelo autor.....	77
Figura 29 :	Layout candidato C. Elaborado pelo autor.....	79
Figura 30 :	Layout candidato D. Elaborado pelo autor.....	81
Figura 31 :	Layout final. Elaborado pelo autor.....	88
Figura 32 :	Detalhe das famílias. Elaborado pelo autor.....	89
Figura 33 :	Detalhe dos estoques e área de embalagem. Elaborado pelo autor....	90
Figura 34 :	Cronograma de implantação. Elaborado pelo autor.....	95
Figura 35 :	Matriz de tecnologia de grupo. Elaborado pelo autor	119

LISTA DE ABREVIATURAS

CNAE: Classificação Nacional de Atividades Econômicas

EPI: Equipamento de Proteção Individual

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MP: Matérias-primas

ONU: Organização das Nações Unidas

OPT: Optimized Production Technology (Tecnologia de produção otimizada)

PA: Produto Acabado

SLP: Systematic Layout Planning (Planejamento sistemático de layout)

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho de formatura é o **desenvolvimento de um arranjo físico¹ para uma nova planta industrial de uma empresa química**, através da mudança dos processos produtivos de maior volume da planta atual para esta nova planta, buscando a **otimização do fluxo de materiais e um aumento de capacidade**.

Para tanto, este trabalho de formatura se valerá da aplicação das técnicas de arranjo físico, principalmente do sistema SLP², e também de fundamentos da Manufatura Celular e OPT³.

Este trabalho é de grande relevância para a empresa, uma vez que as deficiências no arranjo físico atual a impedem de aumentar sua capacidade produtiva e otimizar o fluxo de materiais, tornando difícil acompanhar o crescimento de mercado pela qual tem passado.

Este trabalho terá as seguintes etapas:

- Estudo da situação atual (produtos, processos e layout), com o desenvolvimento de folhas de processo e roteiro de fabricação;
- O estudo de um novo layout, com a aplicação das técnicas de arranjo físico;
- E o desenvolvimento de um cronograma de mudança, com a posterior mudança física dos equipamentos.

O planejamento da mudança física para a nova planta industrial foi determinada pela diretoria para ter início no ano de 2003, estando a nova planta industrial consolidada e operando até o final de 2004.

¹ Também se utiliza a palavra layout para referir-se à arranjo físico

² SLP: Systematic Layout Planning

³ OPT: Optimized Production Technology (Tecnologia de produção otimizada)

1.1.1 RELEVÂNCIA DO TRABALHO PARA A EMPRESA

Este projeto de formatura é de grande importância para a empresa, pois ele definirá todo o processo de mudança no arranjo físico, com a mudança de localidade de parte da fábrica. Esta mudança é necessária para comportar o aumento de demanda dos produtos atuais, como pode ser visto no gráfico abaixo:

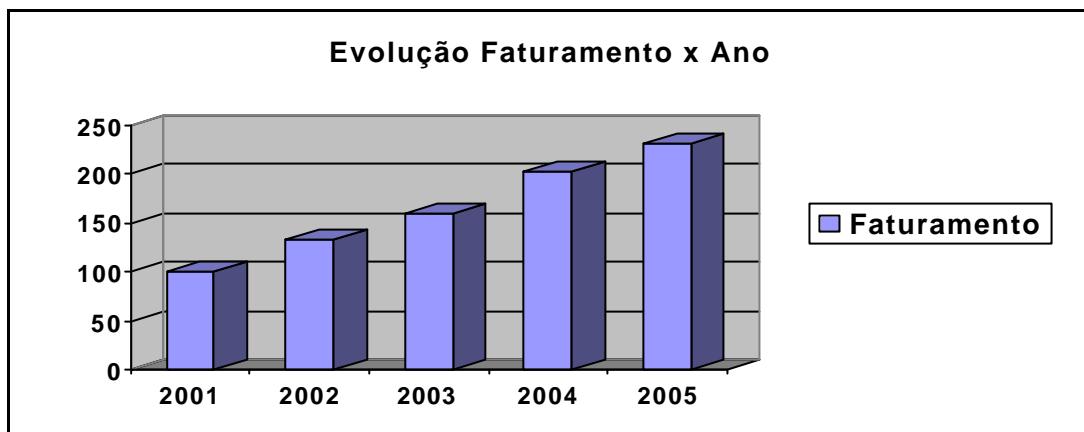


Figura 1 : Evolução do faturamento da empresa projetado até 2005 (considerando valor 100 para o ano de 2001). Fonte: Gerência comercial da empresa.

Pela figura, observa-se a evolução da empresa nos anos de 2001 e 2002, e a projeção de crescimento para até 2005. Esta projeção apenas comprova a necessidade urgente da mudança de parte do site e do novo arranjo físico, para a empresa conseguir satisfazer seus clientes em termos de capacidade, visto que hoje a empresa já não tem mais espaço para expansões.

Este projeto de formatura levará em consideração vários requisitos feitos pela diretoria da empresa para o projeto, sendo os principais:

- Organização dos processos na nova planta de forma modular;
- Modificação de alguns processos, adotando a forma de armazenagem em granel para algumas matérias primas;
- Adequação completa às exigências de meio ambiente;

- Equipamentos e fluxos de processos mais adequados à produção em maior escala;

Esta mudança para a nova planta deverá trazer para a empresa, os seguintes benefícios, entre outros:

- Redução dos custos industriais através da racionalização dos processos produtivos e do fluxo de materiais;
- Redução de custos de matérias primas através da negociação de maiores volumes e utilização de granel;
- Aumento da capacidade produtiva e redução de gargalos.

1.1.2 ESCOPO DO TRABALHO

Apenas os processos de maior volume (itens classe A, em volume) migrarão da planta atual para a nova planta, conforme estabelecido pela diretoria da empresa. Assim, o trabalho de desenho do layout da nova planta terá, como escopo, apenas os processos de alto volume de produção que migrarão. Os processos remanescentes, de baixo volume e de menor importância, não estarão no escopo deste projeto.

1.2 A EMPRESA

A seguir, será apresentada a empresa através da descrição das duas plantas industriais, do histórico, das características do setor em que ela se insere, do tipo de produção, dos produtos e segmentos de mercado.

1.2.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este trabalho de formatura foi realizado numa indústria química, mais especificamente numa empresa produtora de produtos químicos inorgânicos. A empresa conta com aproximadamente 120 funcionários, sendo 100 na área produtiva e 20 na administrativa. Por exigência de seu diretor, não será especificado o nome da empresa. Assim, durante todo o trabalho, a empresa será chamada com o nome fictício de **QUIM**.

A empresa em questão possui duas plantas industriais:

Planta Matriz⁴: É a planta atual da empresa. Ela tem quase 30 anos de história e fabrica uma gama enorme de produtos químicos inorgânicos. Devido a problemas de localização e espaço, terá os processos de maior volume transferidos para a *planta filial*, utilizando os produtos desta nova planta como intermediário nos processos remanescentes. Estes processos remanescentes não estarão no escopo deste projeto, e tratam-se de produtos específicos e de baixo volume. Esta planta se tornará o que os gerentes chamam de “farmacinha”.

Planta Filial: É a nova planta industrial, para onde os processos de maior volume da empresa migrará. Se tornará uma planta para produção de produtos de alto volume, para atender o mercado e também a *planta matriz*, que utilizará seus produtos como produtos intermediários em outros processos. É composta de um galpão novo e vazio, e de uma grande área descampada para futura expansão. Localiza-se num distrito industrial, ao contrário da planta matriz.

1.2.2 HISTÓRICO

A empresa química em questão foi fundada no meados da década de 60, no fundo do quintal da casa dos seus fundadores. Sob uma pequena cobertura, foi construído um forno para a fusão de metais no qual era fabricado sulfureto de ferro

⁴ *Planta matriz* e *planta filial* são nomes fictícios utilizados no decorrer deste trabalho.

por fusão de limalha de ferro com enxofre. Quando se fabricava algum sal, era colocada sobre esse forno uma panela de aço inox, geralmente utilizadas em restaurantes industriais. Funcionou assim cerca de um ano ou dois anos.

Mais tarde, essa cobertura foi demolida e em seu lugar foi construído um galpão. Nos próximos anos foram desenvolvidos inúmeros produtos, cuja produção foi possibilitada pela instalação de novos equipamentos.

Na década de 70, a empresa foi transferida para a *planta matriz*, pois o antigo galpão já era muito pequeno para a empresa que cresceria tanto. Nesta nova planta, além do galpão, também foi instalado um laboratório, um galpão para embalagem e matérias primas e outras dependências.

Nas décadas de 80 e 90, a *planta matriz* cresceu muito, abrigando muito mais do que as instalações existentes na sua criação. Hoje, a *planta matriz* se encontra no seu limite máximo de capacidade e não encontra mais espaço para ampliações.

É por isso que a empresa está dando um novo passo rumo ao futuro, com a aquisição da *planta filial*. Esta nova planta industrial, para onde parte dos processos da empresa migrará, é composta de um galpão novo e vazio e de uma grande área descampada para futura expansão. Ela localiza-se num distrito industrial, ao contrário da *planta matriz*.

1.2.3 CARACTERÍSTICA DO SETOR

No Brasil, o IBGE⁵, com o apoio da ABIQUIM⁶ e utilizando os novos critérios aprovados pela ONU⁷, definiu uma nova Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Segundo esta nova classificação, a empresa QUIM se enquadra na divisão 24 (Fabricação de Produtos Químicos), mas especificamente no segmento 24.1 (Fabricação de Produtos Químicos Inorgânicos).

⁵ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

⁶ ABIQUIM: Associação Brasileira da Indústria Química

⁷ ONU: Organização das Nações Unidas

Produtos químicos inorgânicos são fontes de matéria-prima para uma imensa gama de produtos finais, sendo a maior parte deles hoje caracterizados como *commodities*. Estes produtos são destinados a inúmeros segmentos distintos.

Em geral, empresas produtoras de químicos inorgânicos se dividem no mercado em função de seu principal componente ou processo, como por exemplo derivados de enxofre, ou sulfonação, e atendem a um número limitado de segmentos. A empresa QUIM se destaca pela utilização dos mais variados componentes químicos e processos, atendendo a diferentes segmentos e portes de empresas.

Os produtos químicos inorgânicos estão entre os 10 setores de maior crescimento em exportações do Brasil para o Mercosul. Entre 1990 e 1999, por exemplo, houve um crescimento de 727% de exportações brasileiras de químicos inorgânicos para a Argentina, ou seja, de US\$ 11 milhões para US\$ 91 milhões. No caso de produtos diversos da indústria química, o crescimento foi de 430%, de US\$ 20 milhões para US\$ 106 milhões.⁸

Existe também um grande potencial de crescimento do mercado nacional em função de substituição de importações. Hoje os maiores concorrentes da empresa QUIM, e das empresas nacionais do setor, são produtos importados.

1.2.4 TIPO DE PRODUÇÃO

O tipo de produção predominante é o *intermitente repetitivo*⁹. E as características da produção intermitente são: a grande diversidade da linha de produtos e a variação do roteiro de produção.

⁸ Dados sobre importação e exportação estão disponíveis no site governamental do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet, denominado ALICE-Web (<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>).

⁹ SANTORO, Miguel Cezar. **Planejamento, programação e controle da produção.** São Paulo: EPUSP, 2003. (Apostila)

1.2.5 PRODUTOS E SEGMENTOS DE MERCADO

A indústria QUIM fabrica uma gama enorme de produtos químicos inorgânicos. A empresa atende seus clientes com aproximadamente 180 especificações divididas em mais de 60 produtos diferentes, visto que muitos produtos têm várias especificações, onde variam porcentagem de metais pesados, de sulfitos, de cloretos e outros, tornando-os mais ou menos puros dependendo da utilização. A QUIM também trabalha com um desenvolvimento contínuo de novos produtos e aplicações.

Entre os produtos da QUIM encontram-se sais de estanho, cobalto, molibdênio, zinco, níquel, selênio, além de fosfatos, fluoretos, bifluoretos, fluoboratos, acetatos e sulfatos.

A empresa fornece seus produtos para diversos segmentos de mercado, tais como tratamento de água, agrícola, ração animal, alimentício, cosmético, farmacêutico, fotográfico entre outros.

Os produtos da QUIM serão melhor detalhados no capítulo 2, Situação Atual da Empresa.

1.3 O ESTÁGIO

O estágio se iniciou em fevereiro deste mesmo ano, com atuação na área de Planejamento Estratégico e Desenvolvimento de Novos Negócios.

O trabalho no estágio engloba várias atividades de planejamento e desenvolvimento de novos negócios, como:

- Estudo de viabilidade de novos empreendimentos;
- Montagem de quadros econômico-financeiros;
- Estudos e análises setoriais e de fontes de informação;

- Estudos de mercado para empreendimentos industriais;
- Análise de risco e de sensibilidade, entre outros.

Durante o começo do estágio, foi desenvolvido um Plano de Negócios para a empresa QUIM. Entre as várias ações definidas no plano de negócios para os próximos anos, um que tinha prioridade máxima era a mudança de parte dos processos para a nova planta, com um novo arranjo físico.

O desenvolvimento e o gerenciamento do projeto de mudança de layout ficou a cargo do departamento de Planejamento e Desenvolvimento de Novos Negócios em conjunto com a Gerência Industrial, que daria todo o auxílio técnico necessário.

Assim, foi definido que o autor deste trabalho de formatura estabeleceria o layout da nova planta, com a posterior implementação do projeto feito pela Gerência Industrial.

1.3.1 CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR

O autor foi responsável por todos os estudos necessários para a aplicação deste projeto, exceto alguns estudos químicos específicos, como estudo estequiométrico das reações, mudanças em procedimentos de alguns processos, estudo detalhado do dimensionamento de equipamentos e também estudos de ordem civil, elétrica, química, hidráulica necessários para a implantação do projeto. Estes estudos químicos específicos serão desenvolvidos por uma engenheira química do departamento Industrial, que é uma das pessoas envolvidas no projeto.

Ficará a cargo do Gerente Industrial a coordenação do projeto assim como a definição dos processos que migrarão e aprovação do layout definido pelo autor.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo do layout se inicia com a coleta de informação com os responsáveis da área em questão (principalmente gerentes e diretores), com o objetivo de explicar o trabalho realizado e assim obter sugestões, restrições ao projeto e principalmente observar a reação das pessoas à proposta de mudança.

Com o projeto já encaminhado, as principais formas do novo layout são novamente reportadas ao pessoal envolvido e é acrescentado na discussão, como é o sistema proposto, suas opiniões e sugestões. Isto serve para reformar o projeto de modo à adequá-lo com às opiniões do pessoal pesquisado, expectativas e planos da empresa, pois um projeto pode ser prejudicado se o fator humano não for considerado.

Também é realizado um estudo bibliográfico sobre o tema e tópicos afins, para fundamentar os métodos aplicados no trabalho.

Para facilitar a compreensão do que será realizado neste trabalho de formatura, será apresentada a seguir a estrutura de trabalho em forma de um resumo dos capítulos. Este panorama permitirá ao leitor a visualização dos passos tomados (e sua seqüência lógica) para a concretização da proposta deste TF.

Capítulo 1: Introdução

Apresentação da empresa através da descrição sucinta do histórico, das divisões produtivas, do tipo de produção, dos produtos e do panorama do setor.

Capítulo 2: Situação Atual

Identificação do problema, informações relativas ao atual layout, processo de fabricação, equipamentos, diagrama de processo múltiplos, fluxo de materiais e diagrama de inter-relações, isto é, basicamente os dados de entrada necessários para o desenvolvimento do sistema SLP, que será detalhado no capítulo 3.

Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será desenvolvida a base teórica que permitirá melhor compreender os problemas da empresa e solucioná-los, isto é, será apresentada uma revisão bibliográfica com as principais ferramentas que auxiliarão na resolução dos problemas propostos.

Capítulo 4: Alternativas propostas

Após a descrição da situação atual e da revisão bibliográfica, neste capítulo são apresentadas algumas sugestões de alternativas que levem às melhorias propostas.

Capítulo 5: Escolha e detalhamento da solução

Com a definição das alternativas, este capítulo tratará da escolha da melhor solução, do detalhamento da mesma e de um plano de implantação.

Capítulo 6: Conclusão

Neste capítulo será realizada a avaliação final do trabalho e os comentários sobre os resultados efetivos do mesmo.

2 A SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA

Este capítulo contém a identificação do problema, informações relativas ao atual layout, produtos, quantidades, setores, processos de fabricação, listagem de equipamentos, diagrama de processo múltiplos, fluxo de materiais e diagrama de inter-relações.

2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Entre as alternativas de projetos para serem realizados na empresa, o estudo de layout se mostrou como um tema viável e interessante para ser pesquisado, principalmente porque ele era uma necessidade já levantada pela empresa no plano de negócios. O layout atual da fábrica, e os problemas decorrentes dele, estão mais evidentes hoje devido ao constante crescimento da empresa.

Este crescimento acelerado da empresa sem estudo de fluxo de materiais, resultou num posicionamento desordenado dos equipamentos de produção. Este problema ainda é agravado pelo fato de existir pouquíssima documentação a respeito do processo produtivo, como por exemplo, uma planta do layout atualizada.

O processo de produção em algumas ocasiões é realizado apenas com o conhecimento adquirido pelos supervisores e chefes de setor ao longo dos anos. Apenas os processos de inspeção e análise do produto acabado, ou dos produtos intermediários, tem uma boa documentação ao qual seguir, principalmente através dos métodos de análise, os quais a empresa utiliza sempre para manter o alto padrão de qualidade.

Somando-se a isto, existe grande intensidade de transporte de materiais pela fábrica, um fluxo muitas vezes em zig-zag e, muitas vezes, falta de planejamento e uma boa administração da produção.

Outro problema resultante desta má organização do layout é falta de segurança, ergonomia e higiene pela fábrica.

Tudo isso desmotiva que novos investimentos na área fabril da *planta matriz* sejam realizados, pois estes emperram em problemas como falta de espaço, falta de dados da produção, confusão na distribuição dos equipamentos, “monumentos”¹⁰, e outros. Isto mostra a necessidade da alteração de layout e do uso do espaço na *planta filial*, aproveitando também para introduzir novos conceitos visando a modernização da manufatura.

A seguir a empresa e seus problemas serão melhores descritos, começando pelo layout atual, e seguindo pelos produtos, quantidades, setores, operações, serviços de apoio e outros, que servirão para descrever os fluxos de materiais, as cartas de processos e os diagramas de inter-relações.

2.2 LAYOUT ATUAL

O esquema do layout geral da *planta matriz*, representado na figura 2, mostra as principais divisões da fábrica, incluindo áreas administrativas, portões e etc. Este layout simplificado e fora de escala situa o leitor para ter uma visão global da disposição física dos elementos.

As siglas utilizadas no layout geral da planta matriz estão na tabela abaixo.

<i>Sigla</i>	<i>Descrição</i>
Adm1	Área administrativa que engloba a diretoria, o departamento financeiro e a contabilidade, além da área de informática e das salas de reunião.
Adm2	Área administrativa que engloba todos os outros departamentos administrativos, como compras, vendas e planejamento.
Alm/Man	Almoxarifado e área de manutenção da empresa.
Armazém	Armazenagem de matérias-primas e produtos acabados.
Caldeiras	Área composta de 3 caldeiras que suprem a fábrica com vapor.
Emb	Setor onde se embala o produto acabado.

¹⁰ “Monumentos” são áreas que não podem sofrer mudanças de local devido a sua complexa estrutura. Um exemplo na empresa QUIM seria o lago para onde segue a água industrial, que por razões históricas hoje está muito próximo da fábrica e também do refeitório, o que não é adequado.

Fábrica	Setores produtivos, exceto os setores de secagem, moagem e embalagem.
Lab	Laboratórios.
Mo	Setor de moagem.
Pátio	Local de movimentação e armazenagem de produtos em processo. Área com piso de terra e sem cobertura.
P1	Portaria de pessoas e visitantes.
P2	Portão de entrada de matérias-primas e outros insumos.
P3	Portão de expedição.
P4	Portão de entrada para os caminhões que irão abastecer os tanques de matérias-primas a granel.
Ref	Refeitório da empresa
Sec	Setor de secagem.
Tanques	Área de tanques (matérias-primas a granel)

Tabela 1: Tabela com siglas utilizadas no layout geral da *planta matriz*

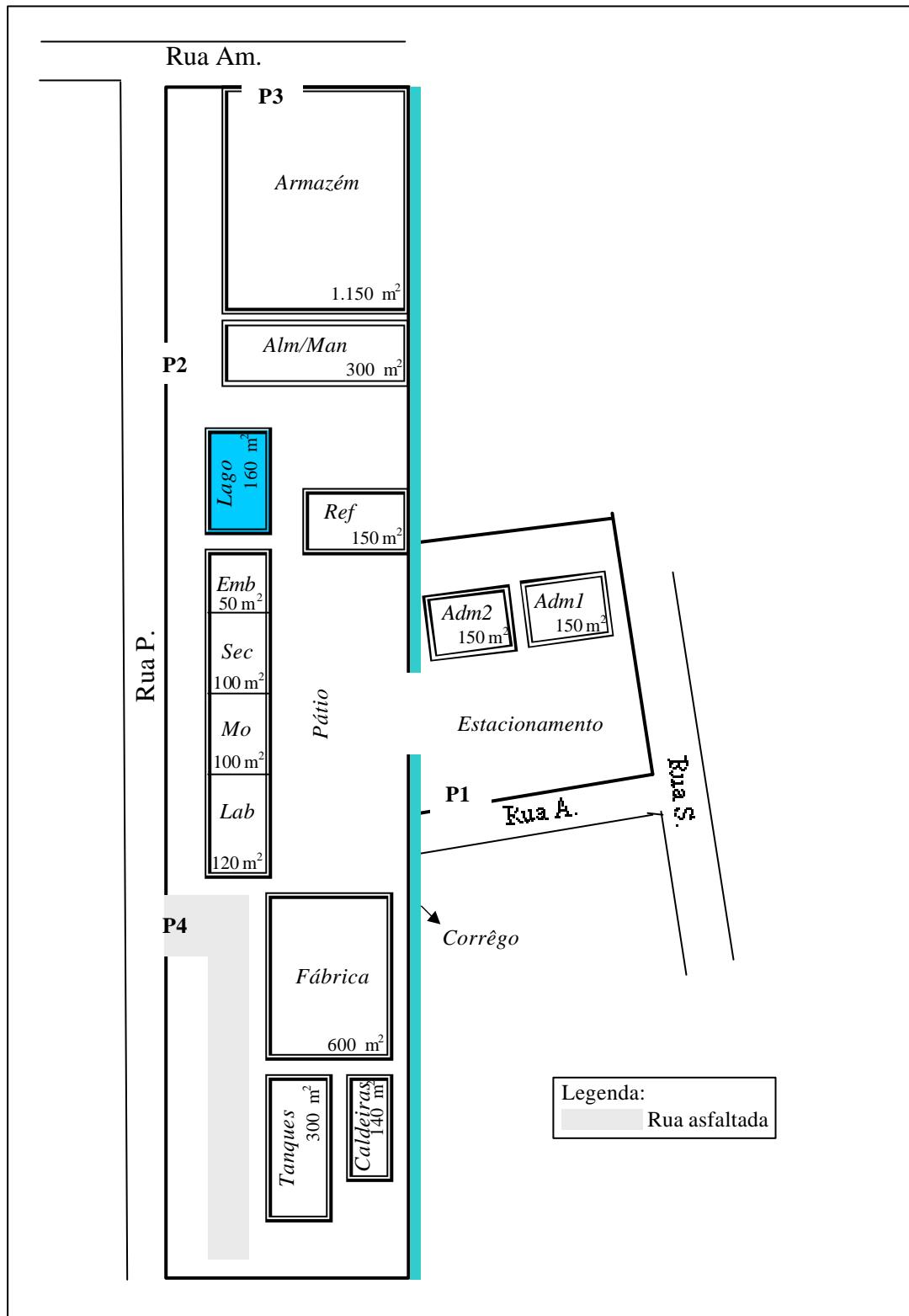


Figura 2 : Layout geral da *planta matriz*. Elaborado pelo autor.

O layout geral da *planta filial*, representado na figura 3, é muito mais simplificado do que a planta atual. A área da *planta filial*, que inclui o galpão da fábrica, foi comprada de uma empresa de fertilizantes há 2 anos. A estrutura do galpão é muito melhor do que os da *planta matriz*, com um pé direito alto e com estrutura de sustentação do telhado de madeira, adequado para empresas que trabalham com substâncias corrosivas ao metal ou concreto, como a QUIM.

É importante ressaltar que na *planta matriz* existe um lago para onde segue a água industrial resultante dos processos, que não será necessário na *planta filial*, pois os processos que para lá migrarão não gerarão nenhum tipo de efluente, conforme requisitado pela diretoria.

As siglas utilizadas no layout geral da planta filial estão na tabela abaixo.

<i>Sigla</i>	<i>Descrição</i>
Adm1	Área administrativa ainda sem uso.
Adm2	Área administrativa ainda sem uso.
Adm3	Área administrativa ainda sem uso.
Fábrica	Setores produtivos.
P1	Portão único de entrada.
Tanques	Futura área de tanques (matérias-primas a granel)

Tabela 2: Tabela com siglas utilizadas no layout geral da *planta filial*

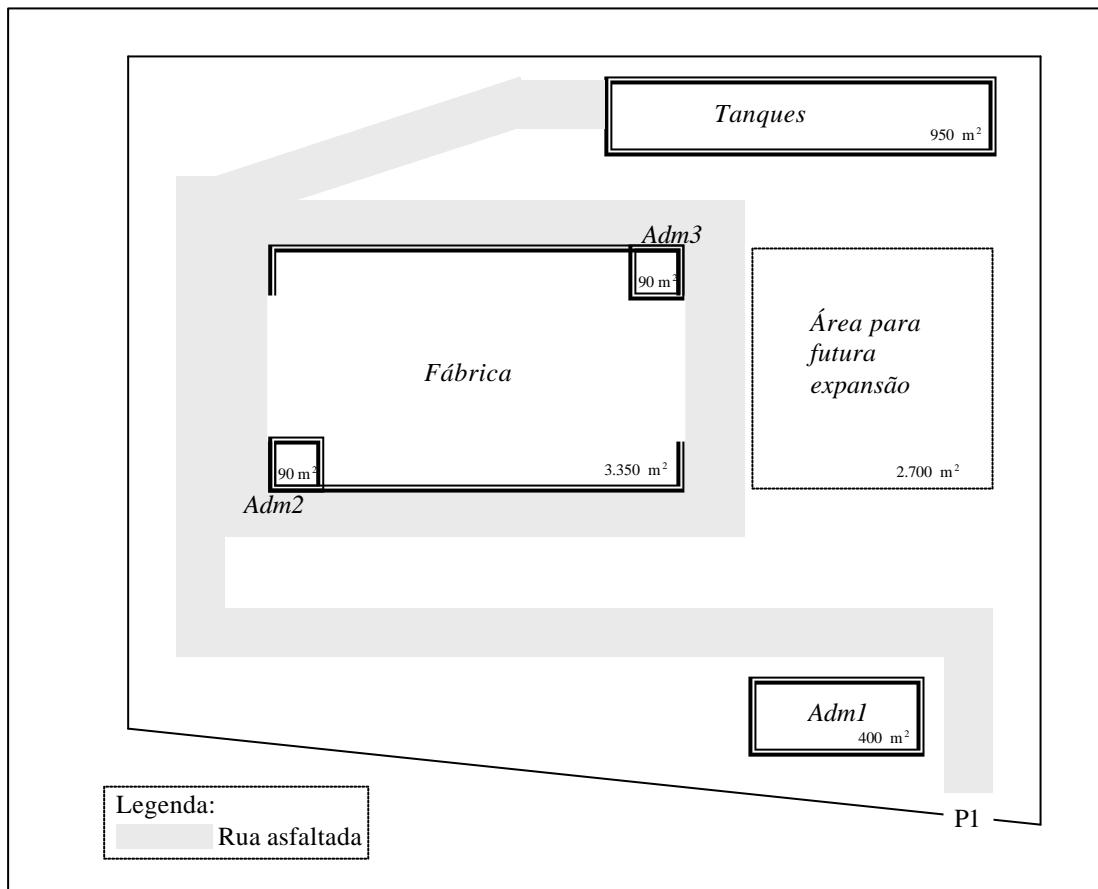


Figura 3 : Layout geral da *planta filial*. Elaborado pelo autor.

2.3 PRODUTOS

A produção da empresa consiste basicamente de químicos inorgânicos. A empresa produz aproximadamente 180 especificações divididas em mais de 60 produtos diferentes, visto que muitos produtos têm várias especificações, onde variam porcentagem de metais pesados, de sulfitos, de cloretos e outros, tornando-os mais ou menos puros dependendo da utilização. Os principais tipos de produtos e segmentos que atendem estão mais abaixo.

<i>Grupos de produtos</i>	<i>Produtos</i>	<i>Segmentos de atuação</i>
Acetatos	Acetato de Amônio	Segmentos de galvanoplastia, conservante de alimentos, cerâmica, preservativos de madeira e outros.
	Acetato de Cádmio	
	Acetato de Zinco	
Ácidos	Ácido Fenolsulfônico	Segmentos de galvanoplastia, limpeza pesada (pedras), detergentes, semicondutores, purificação de ligas metálicas e outros.
	Ácido Fluobórico	
	Ácido Metanosulfônico	
	Ácido Selenioso	
Bifluoretos	Bifluoreto de Amônio	Segmentos de vidro e porcelana, fluxo para soldas, mordente para alumínio e outros.
	Bifluoreto de Potássio	
	Bifluoreto de Sódio	
Carbonatos	Carbonato de Sódio	Segmentos de fotografia e farmacêutico.
Cloreto	Cloreto Estanoso	Fabricação de corantes, estanhagem química e eletrolítica, sensibilizante em metalização de plásticos, prateação de espelhos, estamparia de seda, fluxos para solda, pigmentos, produtos farmacêuticos, catalisador em reações orgânicas, reagente analítico, pirotecnia e outros.
	Cloreto de Lítio	
Cromatos	Cromato de Sódio	Pigmentação de tintas, corantes, proteção de ferro contra corrosão, preservativo para madeira, tingimento de couro, galvanoplastia.
Estanatos	Estanato de Potássio	Estanhagem por imersão de alumínio, banhos eletrolíticos para ligas de zinco/estanho e cobre/estanho, estamparias e outros.
	Estanato de Sódio	
Fenolsulfonatos	Fenolsulfonato de Zinco	Desodorantes e loções adstringentes.
Fluoboratos	Fluoborato de Cobre	Fluxos de soldas, galvanoplastia,

	Fluoborato de Chumbo Fluoborato de Estanho Fluoborato de Sódio	metalurgia e tratamento de superfícies.
Fluossilicatos	Fluossilicato de sódio	Tratamento de água, como fonte de flúor.
Fluoretos	Fluoreto de Amônio	Agentes antitraça, tingimento de tecidos, gravação de vidros, preservativo de madeira, na desinfecção de instalações cervejeiras, fluxo de solda, cerâmicas, tratamento de metais, fluoração de compostos orgânicos, fluoração de água para beber e outros.
	Fluoreto de Bário	
	Fluoreto de Magnésio	
	Fluoreto de Potássio	
	Fluoreto de Sódio	
Fosfatos	Fosfato de Amônio	Fabricação de fermento, papel, tecidos, fertilizantes, solução nutritiva para plantas, fluxo de solda, cosméticos, alimentos infantis, produtos farmacêuticos, ração animal e outros.
	Fosfato de Potássio	
	Fosfato de Sódio	
	Fosfato de Zinco	
Molibdatos	Molibdato de Amônio	Fabricação de pigmentos, fotografia, galvanoplastia e principalmente como micro-nutriente para diversas culturas (segmento agrícola).
	Molibdato de Sódio	
Nitratos	Nitrito de Bário	Fabricação de fogos de artifício, explosivos, produção de diversos óxidos, fertilizantes, ração animal e muitos outros.
	Nitrito de Cálcio	
	Nitrito de Cobalto	
	Nitrito de Cobre	
	Nitrito de Magnésio	
	Nitrito de Níquel	
Selenitos	Selenito de Sódio	Suplemento alimentar para animais
	Selenito de Zinco	
Sulfatos	Sulfato de Alumínio e Amônio	Coagulação ou precipitação de proteínas, fermentação, aditivos para alimentos e muitos outros.
	Sulfato de Amônio	

	Sulfato de Cálcio	
	Sulfato de Estanho	
	Sulfato de Estrôncio	
	Sulfato de Lítio	
	Sulfato de Magnésio	
	Sulfato de Potássio	
	Sulfato de Zinco	
Tetraboratos	Tetraborato de Potássio	Fluxos de solda e fusão de metais.

Tabela 3: Tabela com os produtos da empresa QUIM. Fonte: Catálogo de produtos da empresa.

2.4 QUANTIDADES

Conforme [MUTHER, 1973], o ideal ao planejar um novo arranjo físico seria utilizar como base a projeção dos dados no futuro, isto é, deve-se projetar para que os dados estejam de acordo com as condições existentes no momento de uso do novo layout. Mas para a primeira análise dos produtos, será utilizada a quantidade anual produzida de cada produto durante o ano de 2002, tomadas de dados do Departamento de Planejamento e Controle da Produção.

Depois, com a seleção dos produtos que estão dentro do escopo deste trabalho e que migrarão para a nova planta, serão utilizadas projeções destes produtos com o auxílio de um fator de segurança.

O *Diagrama P-Q¹¹* abaixo mostra o nível de produção de cada produto.

¹¹ Ver capítulo 3, Revisão Bibliográfica.

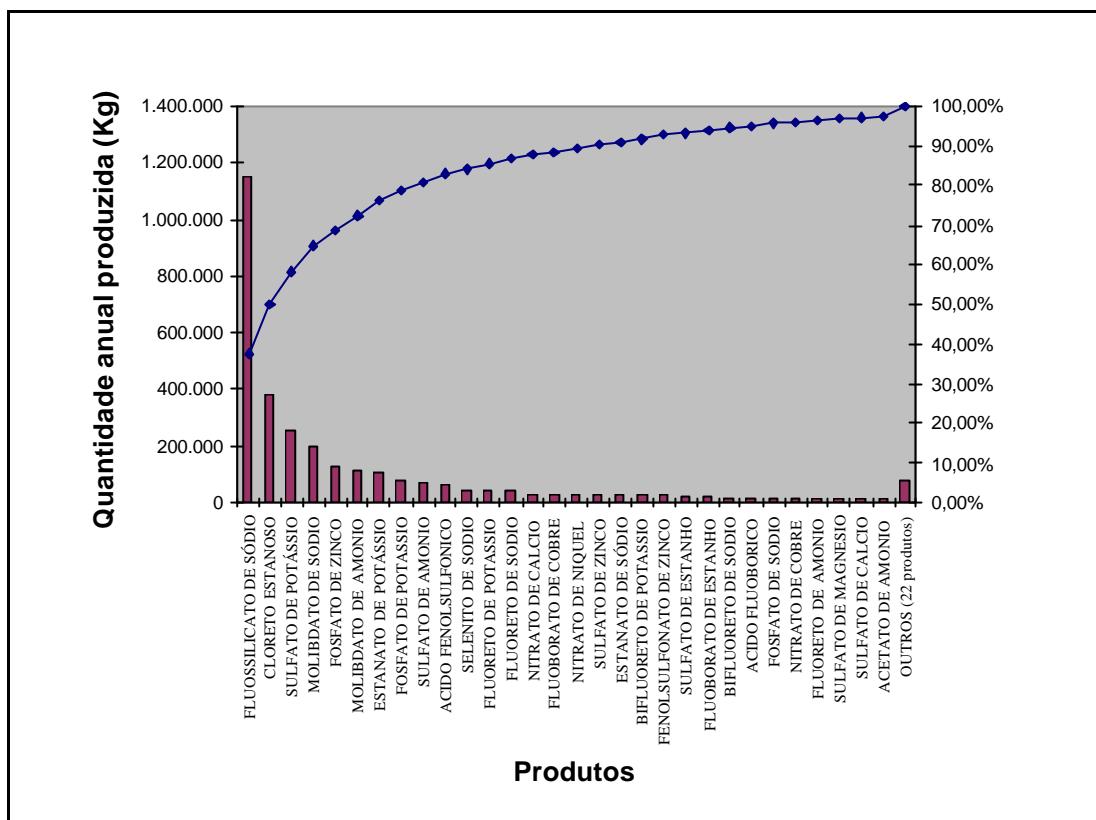


Figura 4 : Diagrama P-Q. Elaborado pelo autor.

Dentro dos produtos acima, aqueles que estão dentro do escopo deste trabalho e que migrarão para a nova planta estão na próxima tabela, junto com um fator de segurança e quantidade estimada que utilizaremos neste trabalho.

Produtos	Produção em 2002 (Kg)	Fator de segurança	Quantidades estimadas
Cloreto estanoso	374.849	20%	450.000
Fosfato de potássio	77.400	10%	85.000
Fosfato de zinco	128.440	10%	140.000
Fluossilicato de sódio	1.150.000	10%	1.275.000
Molibdato de amônio	113.525	30%	150.000
Molibdato de sódio	198.800	30%	260.000
Sulfato de amônio	66.500	20%	80.000
Sulfato de potássio	255.030	20%	305.000

Tabela 4: Tabela com os produtos e quantidades. Elaborado pelo autor junto da Gerência Industrial.

Estes produtos foram escolhidos pelo Gerente Industrial junto com a Diretoria por serem os de maior volume de produção e não gerarem nenhum efluente. Também pesou na hora da escolha a necessidade de manter certas famílias de produtos juntas, como os molibdatos, e também a dificuldade (custo) de outros produtos não selecionados em mudar para a outra planta.

Após a escolha dos produtos, foram definidos alguns fatores de seguranças, conforme sugere [MUTHER,1973]. Estes fatores de segurança foram estabelecidos junto com a Gerência Industrial. Eles servem para contornar certas situações, como o crescimento dos produtos nos próximos anos, sazonalidade e outros. Eles servem para não ocorrer situações onde a empresa tenha que utilizar horas extras de trabalho ou outros artifícios a fim de tentar contornar situações críticas.

Estes 8 produtos selecionados, ou 12% do total, representaram aproximadamente 80% do volume de produção no ano 2002, sendo portanto a parte mais significativa da produção.

2.5 SETORES E OPERAÇÕES

A produção da QUIM está dividida por setores. Cada setor conta com um supervisor e são separados fisicamente de outro setor no layout atual.

Para facilitar o entendimento, os setores foram colocados respectivamente com as operações que nele ocorrem. Algumas variações podem ocorrem de acordo com o produto a ser fabricado.

2.5.1 ARMAZÉM

Este setor faz a inspeção de qualidade das matérias-primas compradas e a apuração do estoque, exceto para as matérias-prima em granel depositado em tanques. As matérias-primas compradas geralmente chegam em forma de sacaria, tambores ou *big-bags*. Quando uma matéria-prima é requisitada por algum processo

produtivo, a empilhadeira a transporta sobre paletes, dando baixa no sistema que regula o estoque.

2.5.2 TANQUES

Esta é uma área importante da empresa, apesar de não ser especificamente um setor, pois é controlada pelo mesmo pessoal do armazém. São nos tanques que são armazenados as matérias-primas a granel. Estas chegam aos processos produtivos através de dutos.

O estoque destas matérias-primas é controlado através do volume dentro de cada tanque.

2.5.3 PRODUÇÃO

Este setor é responsável por inúmeras operações dentro da empresa. Depois de realizadas estas operações, descritas abaixo, os produtos são levados através de empilhadeiras até o setor de secagem, moagem ou embalagem.

Preparação da matéria-prima

Consiste em preparar o material de forma a adequá-lo ao início da produção. Esta adequação geralmente ocorre pesando a matéria-prima que será usada.

Reação

Uma reação (química) ocorre quando certas substâncias se transformam em outras. A ocorrência de uma reação química geralmente é indicada pelo aparecimento de novas substâncias, diferentes das que existiam antes, após as substâncias originais reagirem. Geralmente ocorrem mudanças que confirmam a ocorrência da reação, como desprendimento de gás e calor, mudança de coloração e cheiro, formação de precipitados, mudança no PH e outros. As reações geralmente

ocorrem em uma solução líquida. O líquido resultante desta operação é levado por duto até a próxima operação.

Centrifugação

As separações centrífugas servem para separar partículas sólidas do líquido. Esta separação ocorre pela atuação de uma força centrífuga que pode ser aumentada aumentando a rotação, utilizadas para realizar a decantação de sólidos e para a filtração. A principal utilização na empresa é para filtrar o soluto, ou seja, separar os cristais que formam o produto acabado da *água-mãe*¹². Os cristais separados, que compõe o produto acabado, são levados após esta operação através de empilhadeiras para a secagem e moagem, do líquido onde ocorreu a reação.

2.5.4 SECAGEM

Este setor está repleto de estufas, onde ocorre a secagem dos produtos que chegam da produção. Este processo serve para reduzir a umidade do produto até que atinja suas especificações. Em alguns casos o produto não passa por este setor, sendo levado diretamente para o setor de moagem ou embalagem.

2.5.5 MOAGEM

Este setor contém inúmeros moinhos que servem para fazer a quebra de partículas sólidas dos produtos em partículas menores. Na maioria das vezes a moagem é realizada através do uso da força centrífuga para lançar o material a moer contra a superfície de moagem. No caso da empresa, usa-se a moagem para o material adquirir a granulometria necessária conforme suas especificações. Após este setor, o material é levado até o setor de embalagem

¹² Água-mãe é a água que sobra depois de separado o soluto (cristais que formam o produto final) da reação. Esta água que sobra é utilizada no começo de uma próxima reação, como solução para a reação.

2.5.6 EMBALAGEM

Neste setor ocorrem duas operações. Após este setor, o material está pronto para ser levado para o armazém, onde será feita a expedição do mesmo.

Inspeção

Os inspetores verificam e registram a adequação dos produtos fabricados às especificações do produto ou em alguns casos às exigências do cliente.

Embalagem

Consiste em embalar e lacrar o produto para ser expedido. Cabe ao embalador buscar as embalagens necessárias.

2.6 ADMINISTRAÇÃO E SERVIÇOS DE APOIO

A seguir são comentados alguns dos departamentos da empresa, tanto de caráter técnico ou de suporte como administrativos para uma visão global e resumida do funcionamento da empresa.

2.6.1 PCP (PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO)

O Planejamento é realizado segundo as vendas, a capacidade das máquinas e disponibilidade de materiais. Não existe um cronograma de manutenção para as máquinas em geral, que não é considerado no planejamento. Inicialmente é realizado um planejamento mensal para a distribuição da produção, que tenta produzir para atender a demanda daquele mês. O planejamento semanal define o que será produzido a cada dia, revisando o planejamento mensal caso seja necessário. Assim, diariamente a produção recebe a programação do PCP.

Esta programação necessita revisões pois prioridades podem ser alteradas, além do que existem problemas de atrasos da produção, falta de materiais, quebras de máquinas e outros imprevistos que forçam o PCP a replanejar a programação a qualquer instante.

2.6.2 MANUTENÇÃO

O departamento de manutenção é muito atuante na empresa, apesar de não existir manutenção preventiva ou preditiva. Ele realiza as funções de conserto de máquinas pela fábrica, fabricação de alguns suprimentos e de equipamentos.

2.6.3 LABORATÓRIO

Este departamento atua diretamente nas demais áreas da fábrica, devido à necessidade da inspeção de qualidade durante todo o processo e do produto acabado. O laboratório também realiza as análises necessárias para pesquisas desenvolvidas pelo departamento técnico.

2.6.4 DEPARTAMENTO INDUSTRIAL

O departamento industrial atua tanto em aspectos industriais como também em desenvolvimento técnico. Em relação ao desenvolvimento técnico trabalha para aperfeiçoar os processos e solucionar problemas encontrados, além de desenvolver novos produtos e aplicações.

2.6.5 FINANÇAS E CONTABILIDADE

Departamento responsável pelo controle de contas a receber e pagar, operações de capital, arquivamento de documentos, balanço da empresa, conferencia de contas de clientes e fornecedores entre outras.

2.6.6 RECURSOS HUMANOS

O departamento de RH faz o recrutamento de pessoal e controle de salários. Este departamento é pouco ativo em relação a treinamento e plano de carreira.

2.6.7 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS NEGÓCIOS

Este departamento é novo na empresa e é onde o autor trabalha. Ele atua diretamente com a diretoria e com o departamento industrial, desenvolvendo estudos para os dois.

2.7 FLUXO DE INFORMAÇÃO

A figura 5 representa o fluxo de informação. O fluxo começa em vendas, que envia uma previsão para o PCP, onde é efetuada a programação da produção e o cálculo das necessidades de materiais enviados para o setor de compras.

A produção é controlada pelas ordens de produção emitidas pelo PCP. Após a execução das ordens na produção, os produtos são levados para o setor de embalagem, onde são inspecionados, lacrados e enviados para área de estocagem no armazém. O PCP recebe a informação das ordens de produção encerradas, que utiliza em novas programações.

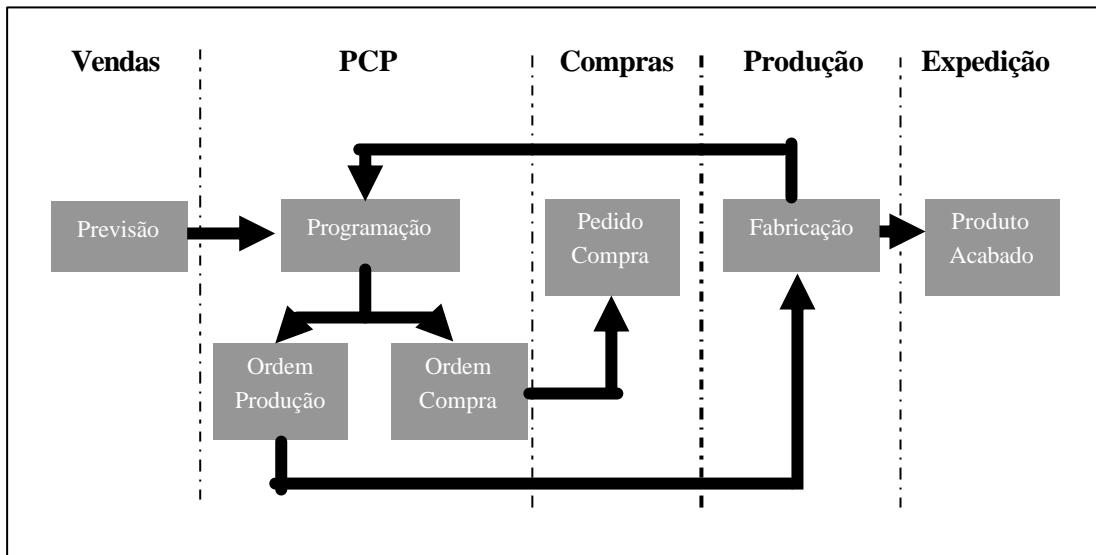


Figura 5 : Fluxo de informação. Elaborado pelo autor.

2.8 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados consistem basicamente de reatores, cêntrifugas, estufas e moinhos. A maioria dos equipamentos são multi-uso, isto é, podem ser usados em qualquer processo ou para qualquer produto. Nesta relação também são citados os tanques necessários para armazenar água-mãe, que ficam dentro da fábrica, e os tanques externos para as matérias-primas a granel.

Será utilizado um código para definir o tipo de equipamento. O código será composto de três letras conforme o tipo de equipamento e dois números seqüenciais crescentes. Ex: REI07, onde “REI” significa Reator de inox e “07” um numeral seqüencial crescente.

Os equipamentos citados na relação a seguir são aqueles disponibilizados para migrar à *planta filial*. Outros equipamentos, não relatados, ficarão na *planta matriz* e não entrarão no escopo deste trabalho.

Os equipamentos estão classificados por ordem de codificação. A penúltima coluna indica o nome pelo qual o equipamento pode ser encontrado na empresa QUIM e a última coluna indica máquinas equivalentes, isto é, equipamentos que podem substituir uns aos outros na execução da mesma operação.

<i>Código</i>	<i>Descrição</i>	<i>Nome do equipamento</i>	<i>Equivalência</i>
REI01	Reator de inox	RE211	REI
REI02	Reator de inox	RE212	REI
REI03	Reator de inox	RE213	REI
REI04	Reator de inox	RE214	REI
REI05	Reator de inox	RE203	REI
REI06	Reator de inox	RE204	REI
REV01	Reator de vidro	RE205	REV
REV02	Reator de vidro	RE201	REV
REE01	Reator embrorrachado	RE210	
CTI01	Centrífuga de inox	CT209	CTI
CTI02	Centrífuga de inox	CT210	CTI
CTI03	Centrífuga de inox	CT211	CTI
CTI04	Centrífuga de inox	CT212	CTI
CTI05	Centrífuga de inox	CT205	CTI
CTI06	Centrífuga de inox	CT206	CTI
ESI01	Estufa de inox	ES301	ESI
ESI02	Estufa de inox	ES302	ESI
ESI03	Estufa de inox	ES303	ESI
FD01	Secador “Flash Dryer”	Flash Dryer	
MOI01	Moinho de inox	MO303	MO
MOI02	Moinho de inox	MO306	MO
MOF01	Moinho de ferro	MO305	MO
TAM01	Tanque de água-mãe	TQ201	TAM
TAM02	Tanque de água-mãe	TQ202	TAM
TAM03	Tanque de água-mãe	TQ203	TAM
TAM04	Tanque de água-mãe	TQ204	TAM
TAM05	Tanque de água-mãe	TQ205	TAM
TAM06	Tanque de água-mãe	TQ206	TAM
TAM07	Tanque de água-mãe	TQ212	TAM

TAM08	Tanque de água-mãe	TQ213	TAM
TAM09	Tanque de água-mãe	TQ214	TAM
TAM10	Tanque de água-mãe	TQ215	TAM
TMP01	Tanques de matéria-prima a granel	TQ105	TMP
TMP02	Tanques de matéria-prima a granel	TQ109	TMP
TMP03	Tanques de matéria-prima a granel	TQ111	TMP
TMP04	Tanques de matéria-prima a granel	TQ112	TMP
TMP05	Tanques de matéria-prima a granel	TQ113	TMP
TMP06	Tanques de matéria-prima a granel	TQ118	TMP

Tabela 5: Relação de equipamentos e equivalências. Elaborado pelo autor.

2.8.1 LAYOUT ATUAL DOS EQUIPAMENTOS

Foram desenhados três layout atuais: Fábrica, Secagem e Moagem. Estes layout são aproximados e contêm apenas os equipamentos que estão no escopo deste trabalho.

A situação atual da empresa

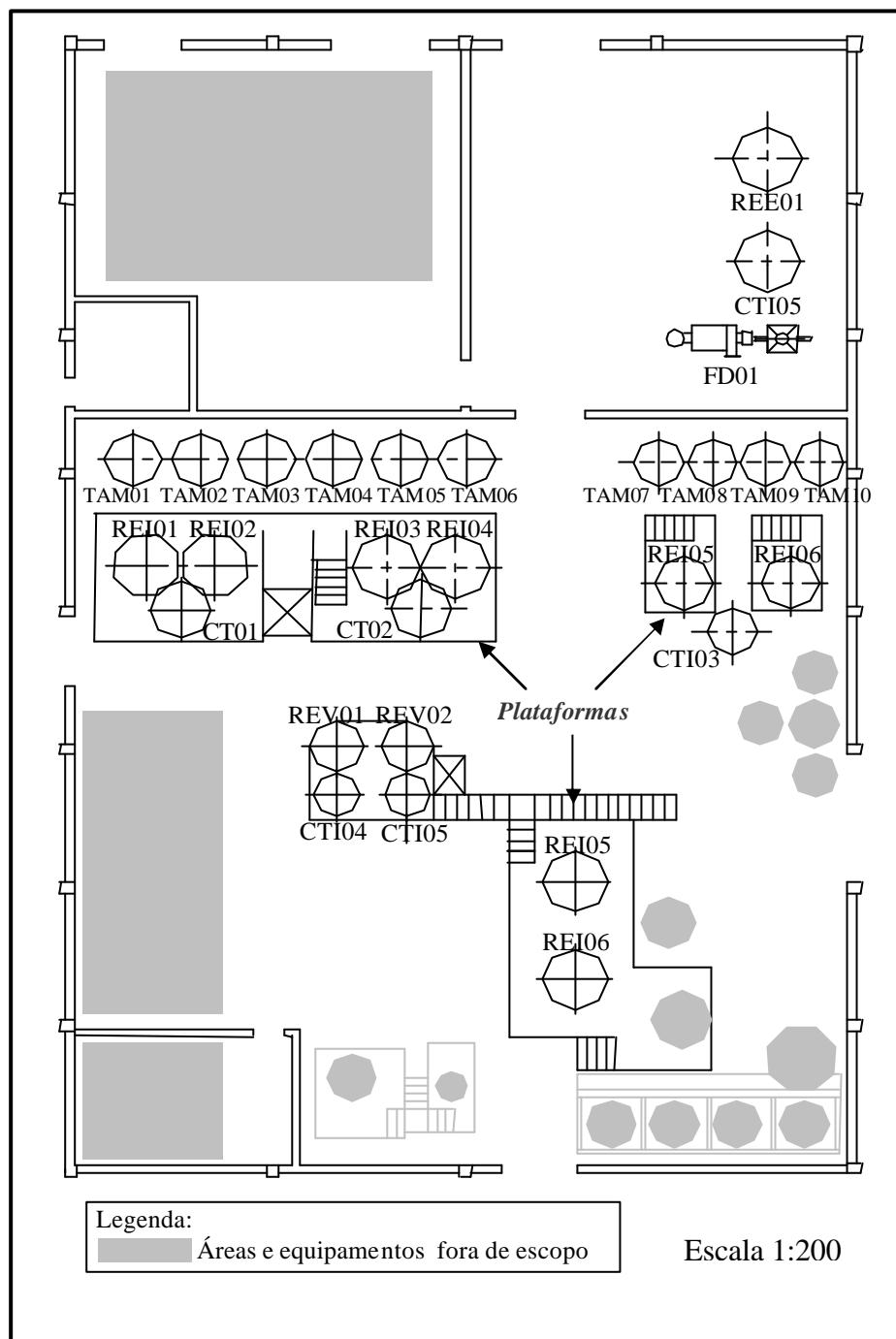


Figura 6 : Layout atual dos equipamentos na FÁBRICA. Elaborado pelo autor.

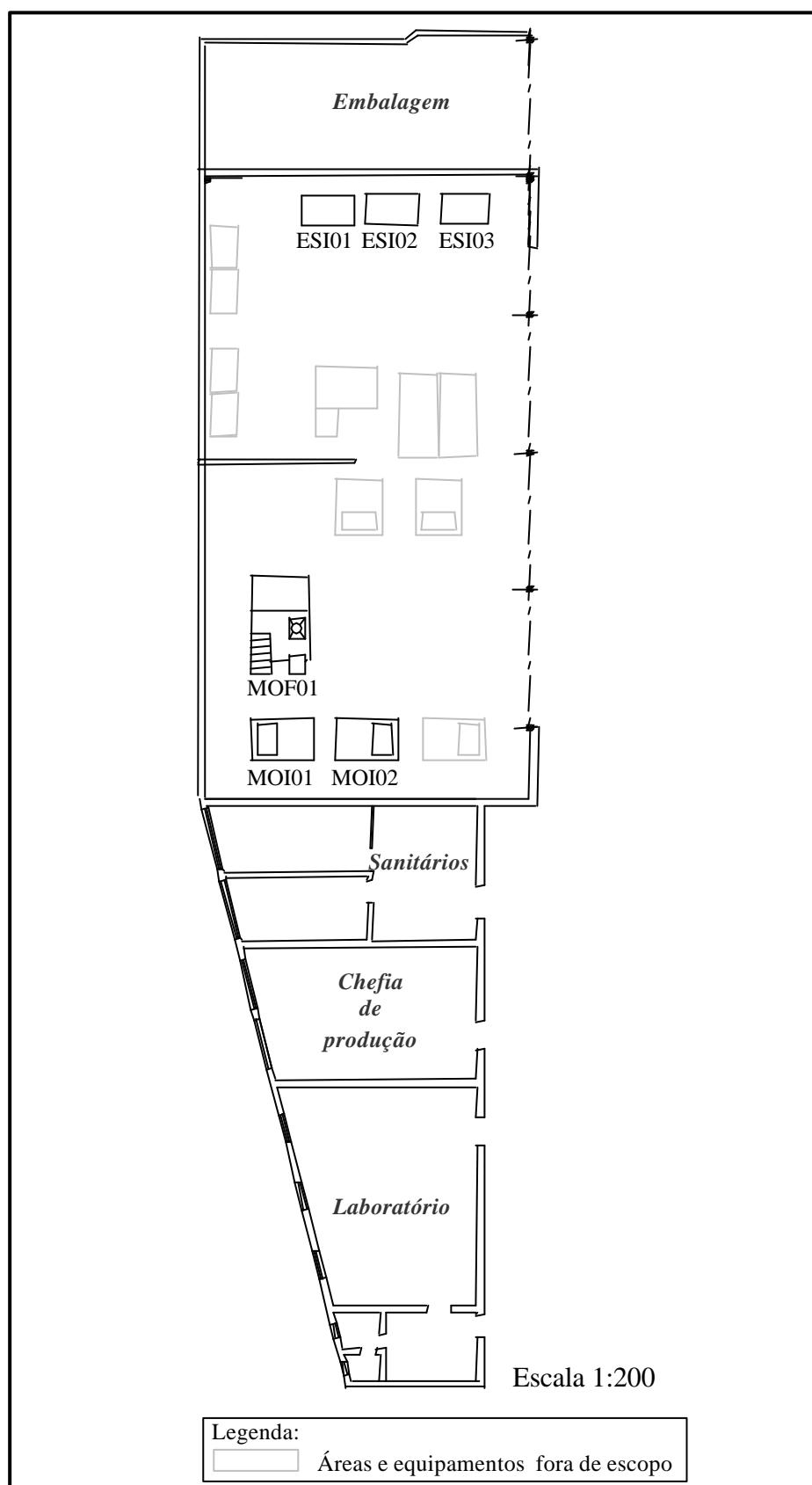


Figura 7 : Layout atual dos equipamentos na MOAGEM e SECAGEM. Elaborado pelo autor.

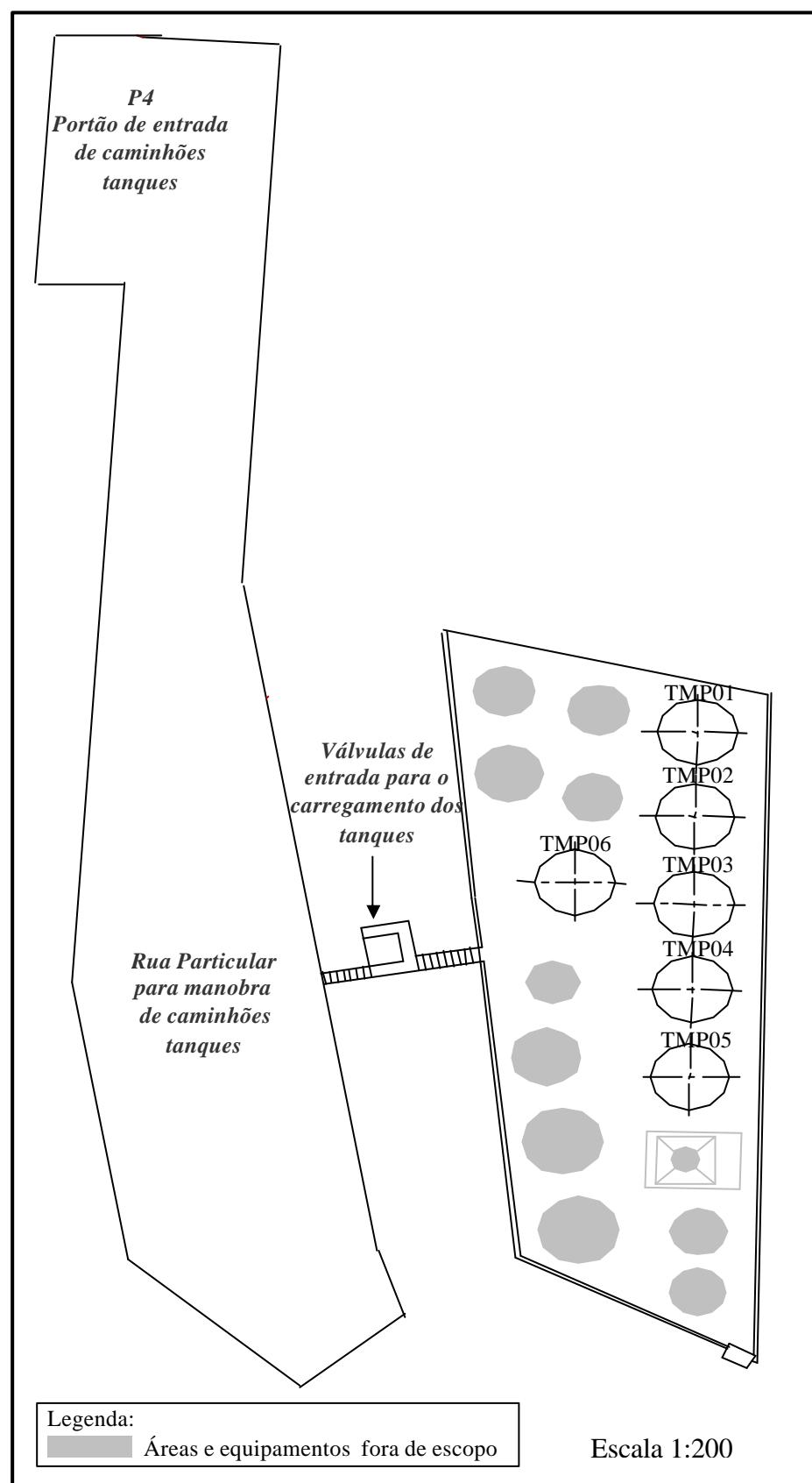


Figura 8 : Layout atual da área de TANQUES. Elaborado pelo autor.

2.9 FLUXO DE MATERIAIS

2.9.1 FLUXO MACRO DE MATERIAIS

A seguir será apresentado o fluxo macro de materiais, isto é, um fluxo simples geral para a produção característica dos produtos da empresa QUIM.

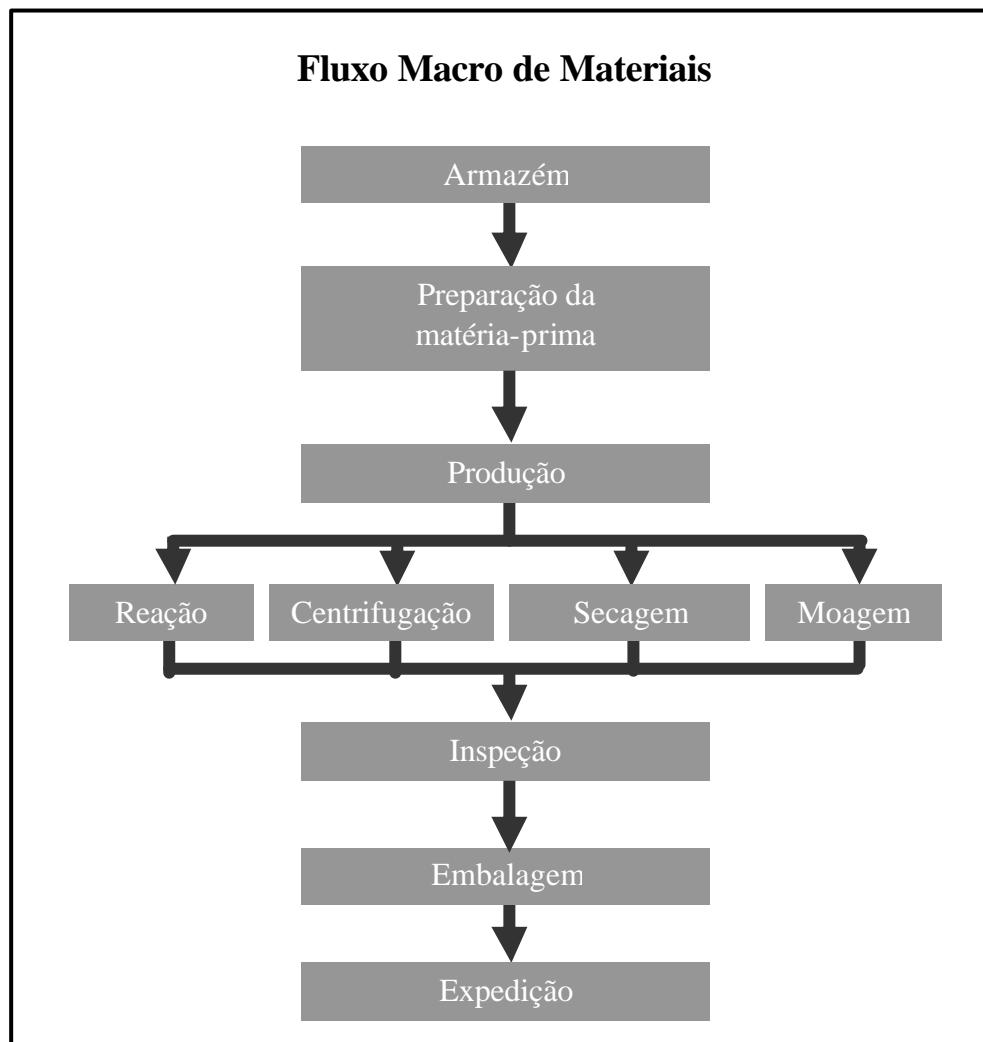


Figura 9 : Fluxo macro de materiais. Elaborado pelo autor.

2.9.2 FLUXO DE MATERIAIS POR PRODUTO

A figura abaixo representa, a título de exemplo, o fluxo de materiais do produto *cloreto estanoso*. Os fluxos dos outros produtos encontram-se no *anexo A*.

Os materiais provenientes dos tanques não foram considerados no fluxo de materiais, pois são transportados através de dutos e não interferem no cálculo total do mesmo.

Para o cálculo da intensidade do fluxo de material, foi utilizado o momento de transporte, isto é, a distância percorrida multiplicado pelo peso transportado. O peso utilizado é a somatória total do ano.

As reações que serviram de suporte para o cálculo dos pesos abaixo se encontram no *anexo B*.

Fluxo de materiais: Cloreto estanoso.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	268	300 ¹³	60.000
Reator de vidro (REV)	Reagir	○				
	Transporte	⇒	2	268	450	900
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	90	268	450	40.500
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	268	450	54.000
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	412	1.072	1.650	155.400
		▽	2			
		○	3			
		⇒	4			
		□	2			

Tabela 6: Fluxo de materiais do cloreto estanoso. Elaborado pelo autor.

¹³ Quantidade de estanho transportado do armazém para reagir com ácido clorídrico vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando cloreto estanoso.

2.9.3 INTENSIDADE DE FLUXO DA SITUAÇÃO ATUAL

A seguir são apresentados dois gráficos de intensidade de fluxo de materiais para a situação atual, em termos de momentos de transporte (ton x m).

O primeiro é para os fluxos descrito na tabela 7 e o segundo para os produtos.

<i>Fluxos</i>	<i>Descrição</i>	<i>Código</i>
Fluxo 1	Armazém para Produção	Arm-Pro
Fluxo 2	Produção para embalagem	Pro-Emb
Fluxo 3	Produção para secagem	Pro-Sec
Fluxo 4	Secagem para Embalagem	Sec-Emb
Fluxo 5	Secagem para Moagem	Sec-Moa
Fluxo 6	Moagem para Embalagem	Moa-Bem
Fluxo 7	Embalagem para Armazém	Emb-Arm

Tabela 7: Tabela com os fluxos de materiais para a situação atual. Elaborado pelo autor.

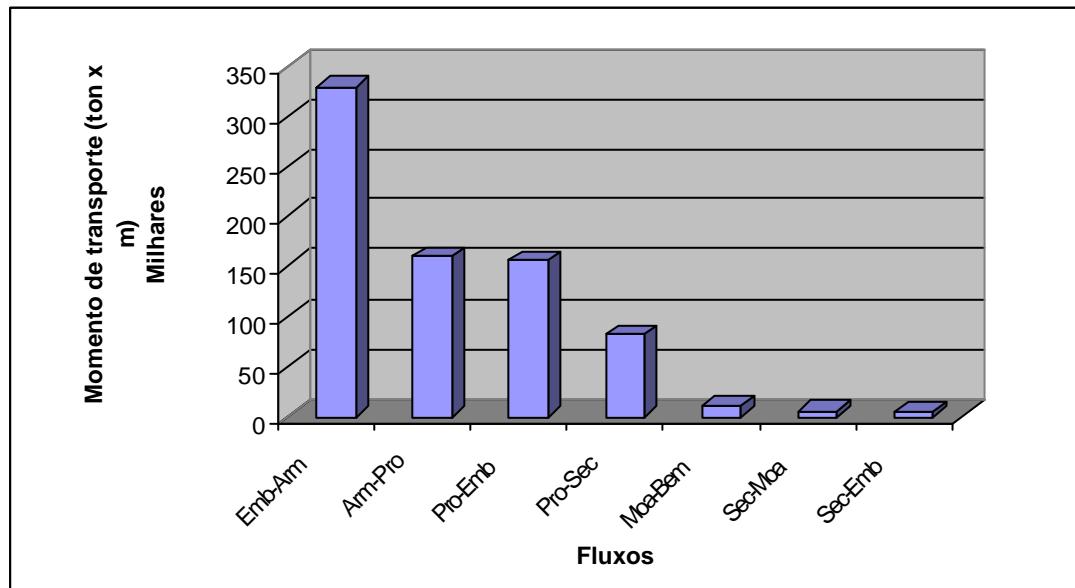


Figura 10 : Pareto do momento de transporte anual por fluxos. Elaborado pelo autor.

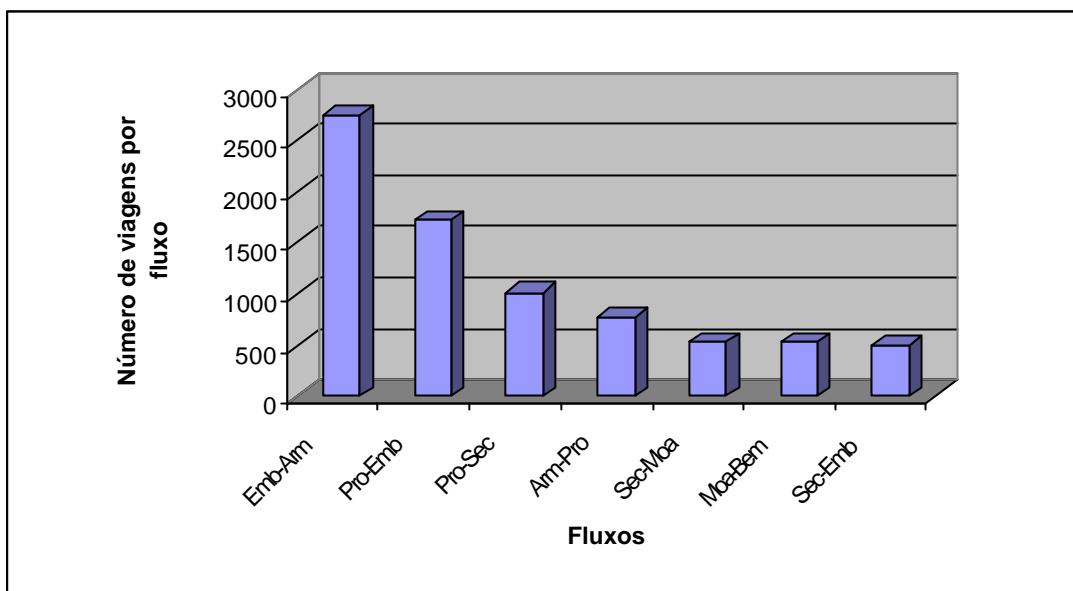


Figura 11 : Pareto do número de viagens anuais por fluxos. Elaborado pelo autor.

Nos gráficos abaixo, estão representados os momentos de transporte por produto e o número de viagens por produto.

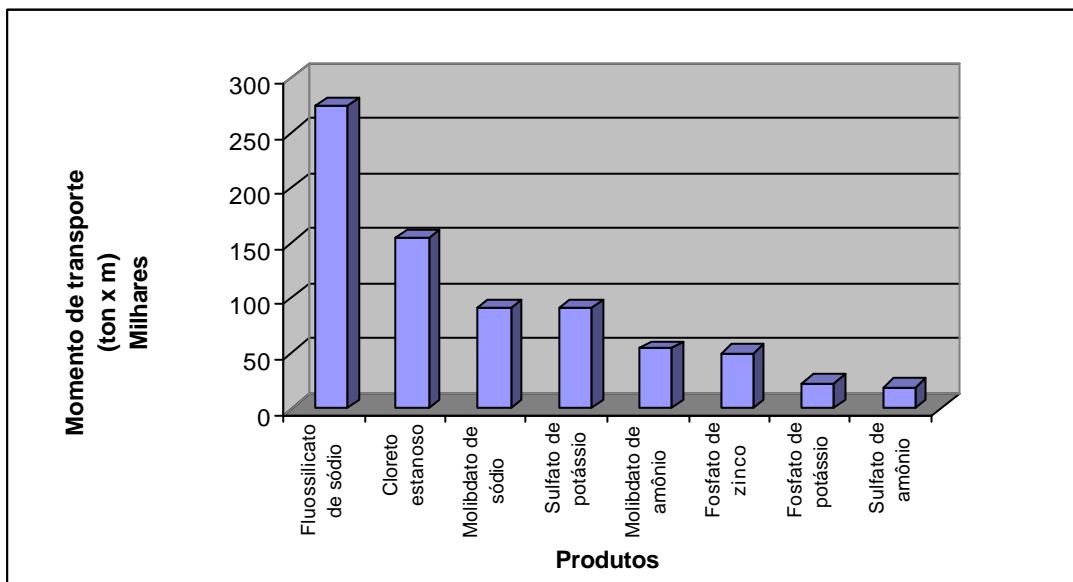


Figura 12 : Pareto do momento de transporte anual por produtos. Elaborado pelo autor.

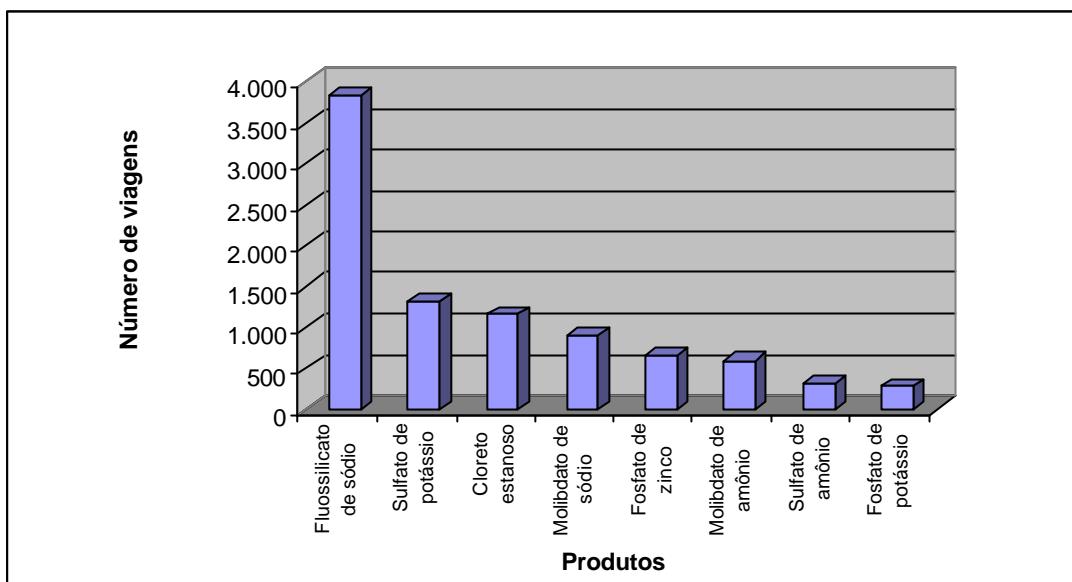


Figura 13 : Pareto do número de viagens anuais por produtos. Elaborado pelo autor.

2.9.4 DIAGRAMA DE FLUXO DA SITUAÇÃO ATUAL

A grande preocupação do estudo de layout é com o fluxo de materiais. Na empresa QUIM, os materiais são movimentados diariamente em grande quantidade, basicamente por empilhadeiras.

Este processo de movimentação de materiais é realizado com carga de alto peso e entre setores relativamente afastados. O trabalho realizado pelas empilhadeiras acarreta elevado risco aos operários, é pouco eficiente considerando o gasto de energia e possui alto tempo de operação se comparado a métodos automatizados.

Para melhor visualizar o fluxo de materiais, um diagrama de fluxo foi traçado diretamente sobre a planta atual da empresa. Pode-se assim quantificar graficamente o trânsito de materiais no layout existente.

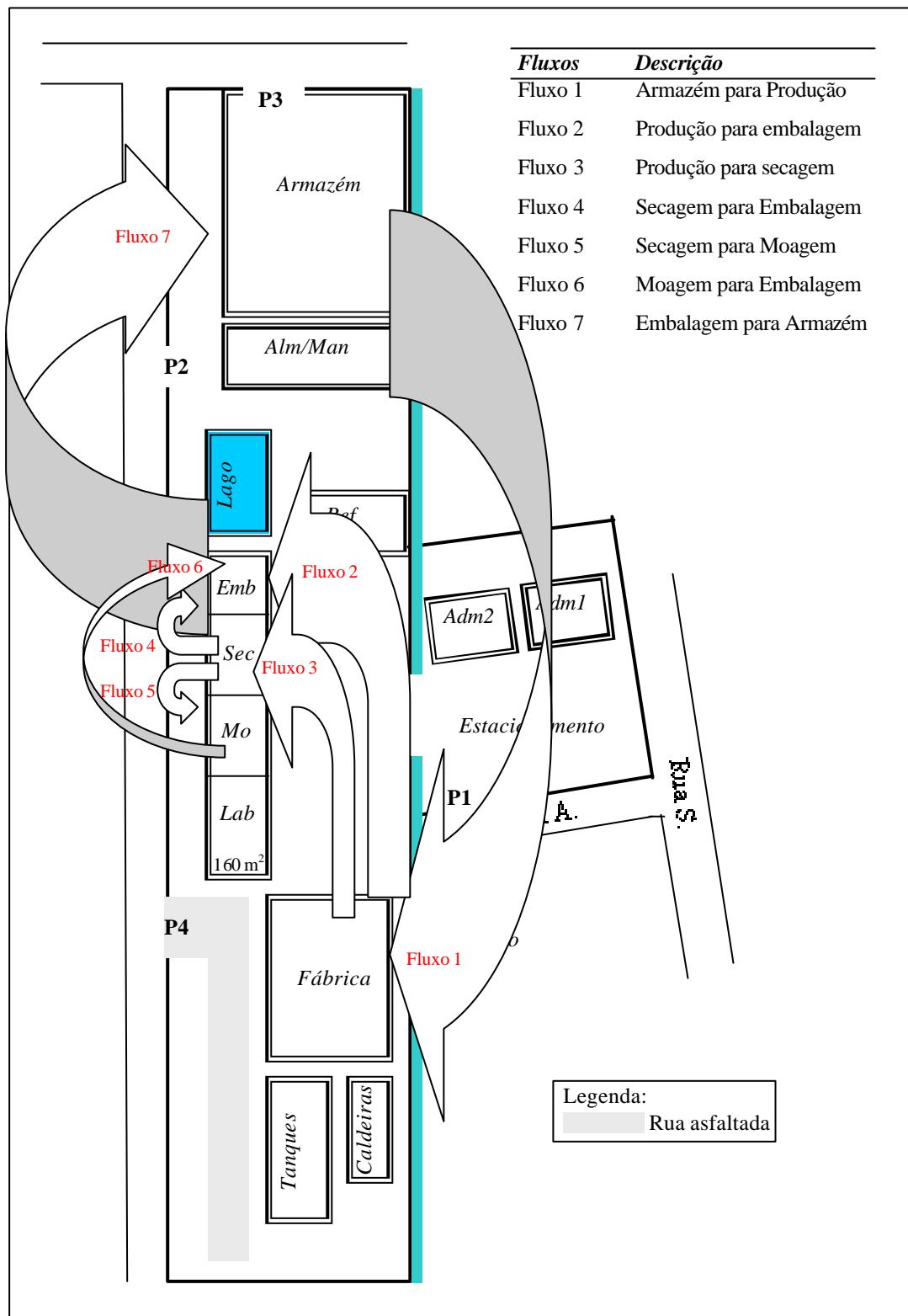


Figura 14 : Diagrama de fluxo para a situação atual, medido pelo momento de transporte.

Elaborado pelo autor.

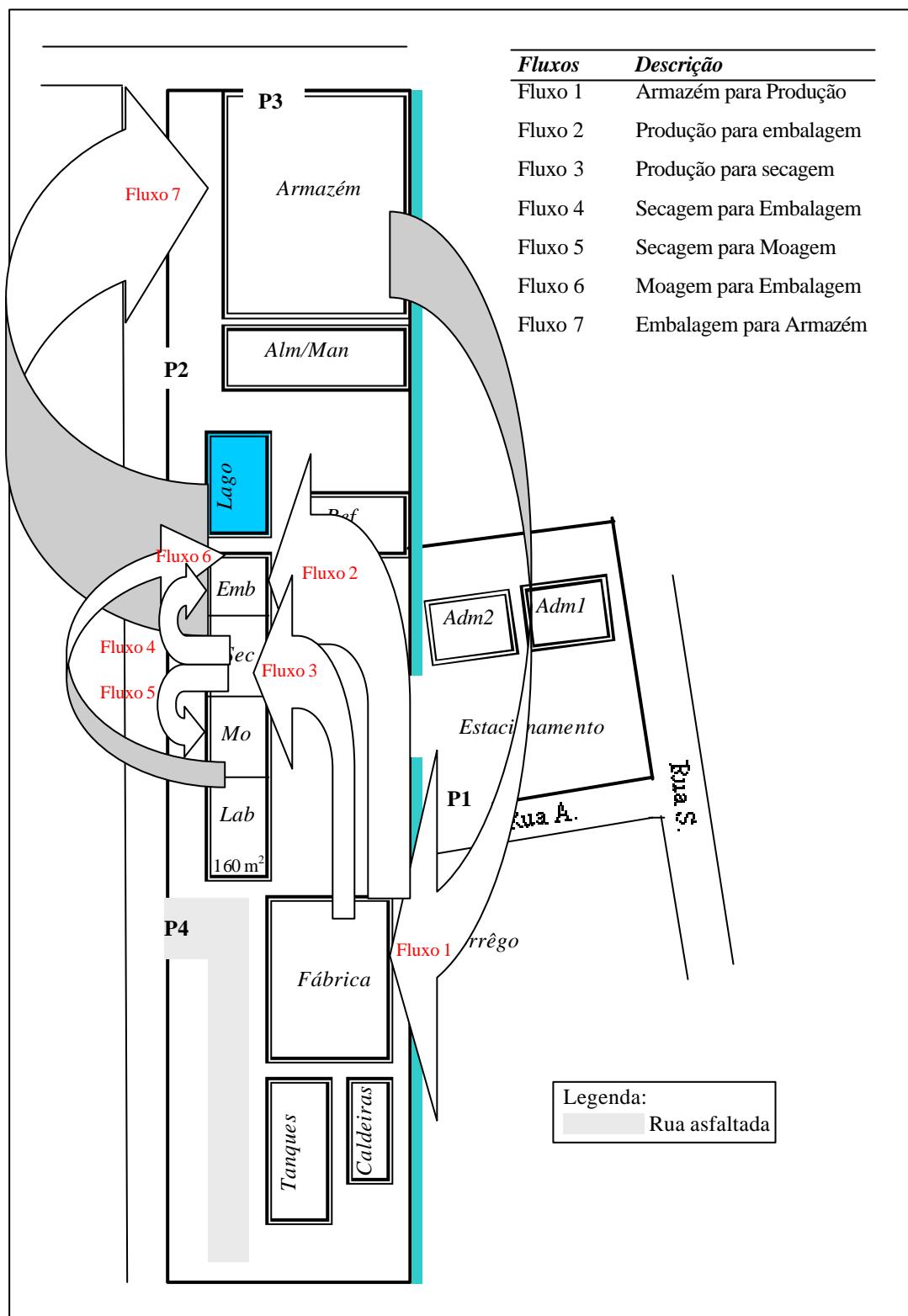


Figura 15 : Diagrama de fluxo para a situação atual, medido pelo número de viagens.

Elaborado pelo autor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conhecido o problema levantado através da análise da situação atual da empresa, é necessário formar uma base teórica que permita melhor compreendê-los para assim solucioná-los. Portanto, neste capítulo serão apresentadas as principais ferramentas que auxiliarão na resolução dos problemas propostos.

3.1 INTRODUÇÃO

Conforme [SLACK, 1996], o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação. De forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. O arranjo físico também determina a maneira pela qual estes recursos transformados fluem através da operação.

Mudanças relativamente pequenas na localização dos recursos podem afetar o fluxo de materiais e de pessoas através da operação. Isto, por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia geral da produção.

3.2 OBJETIVOS DO ESTUDO DE LAYOUT

O estudo de layout é aplicado para solucionar diversos problemas referentes à disposição de equipamentos e pessoas. Por coincidência, uma disposição adequada também melhora a qualidade, o atendimento ao cliente, a satisfação dos empregados, etc. Os mais importantes objetivos do estudo do layout, conforme [HARMON, 1991], são:

- Reorganizar a fábrica no que HARMON chama de subfábricas, isto é, unidades empresarias compactas, que representam fábricas do menor tamanho possível dentro de uma fábrica maior.

- Otimiza os recursos disponíveis através do arranjo físico, reduzindo distância entre setores, movimentação de materiais, tempo de fabricação e custos envolvidos na produção.
- Também se preocupa com melhorias na interação entre pessoas, ergonomia e segurança.

3.3 TIPOS DE ARRANJO FÍSICO

Existem muitas maneiras diferentes de se arranjarem recursos produtivos de transformação. Apesar disso, segundo [SLACK, 1996], a maioria dos arranjos físicos na prática deriva de apenas quatro tipos básicos de arranjo físico. São eles:

Posicional: Utilizado para pequena quantidade de produção, com produto de grande dimensão, que permanece imóvel. Neste tipo de arranjo, movimentam-se máquinas e pessoas ao redor do produto.

Funcional (por processo): Utilizado quando há grande variedade de produtos e seqüência de operações. Neste tipo de arranjo físico, agrupam-se máquinas por tipo de processo.⁷

Linear (por produto): Utilizado para grandes quantidades de produção e processos relativamente simples. Agrupam-se máquinas e pessoas para produção de um produto, geralmente em linha.

Célula de manufatura: Linha de produção flexível (produtos semelhantes). Neste tipo de arranjo, reúnem-se preferencialmente todas máquinas e equipamentos utilizados para a família de produtos produzida.

3.4 PLANEJAMENTO DE LAYOUT (SISTEMA SLP)

Um dos principais métodos utilizado para planejar o arranjo físico de elementos produtivos é o sistema SLP, Systematic Layout Planning [MUTHER, 1978]. Este sistema apresenta uma seqüência específica de procedimentos a serem seguidos, quando se deseja executar o projeto de layout de um modo sistemático e efetivo.

3.4.1 FASES DO PLANEJAMENTO DE ARRANJO FÍSICO

As fases do sistema SLP [MUTHER, 1978] não são consecutivas, existindo uma sobreposição com interferência de fim e início da nova fase, pois o desenvolvimento das fases do sistema possui inter-relação para um melhor desenvolvimento e entendimento entre os propósitos de cada fase. São elas:

Fase 1 - Localização: Determina a localização da área para qual se fará o planejamento das instalações, ou seja, área a ser desenvolvido o arranjo físico.

Fase 2 - Arranjo físico geral: Estabelece a posição relativa entre as diversas áreas. Nesta fase é estabelecida grosseiramente as inter-relações e a configuração geral da área, isto é, um macro layout, geralmente através de blocos, também chamados de block-layout¹⁴. Esta fase possibilita melhor estudo de fluxos e áreas dos setores de forma geral, mas pouco detalhada.

Fase 3 - Arranjo físico detalhado: Envolve a localização de cada máquina e equipamento, isto é, o detalhamento da solução obtida. O resultado desta fase é comumente uma planta com a posição de cada máquina individual ou equipamentos.

¹⁴ Estabelece a posição relativa entre as diversas áreas, também chamado de arranjo de blocos, localização relativa das áreas, layout grosso e outros.

Fase 4 - Implantação: Nesta última fase, planeja-se cada passo da implantação do projeto. Isto inclui o estudo das etapas para concretizar o projeto, com busca de recursos, cronograma de tarefas e procedimentos de instalação de equipamentos quando necessário.

3.4.2 PROCEDIMENTOS DO SISTEMA SLP

Devido ao caráter sistemático do sistema SLP, além de uma estrutura de fases, também se tem um modelo de procedimentos. Este modelo de procedimentos é utilizado na Fase II (arranjo físico geral) e na Fase III (arranjo físico detalhado), que constituem quase todo o projeto de arranjo físico. Para estas duas fases o modelo de procedimento é basicamente o mesmo.

Este modelo e também todo o arranjo físico se baseiam nos seguintes conceitos fundamentais:

- Inter-relação entre setores, que é o grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
- Espaço necessário para cada um destes, que trata da quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;
- Adaptação do estudo às necessidades e restrições impostas, que é o arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

A figura abaixo representa um resumo esquemático dos procedimentos do sistema SLP, seguindo por uma explicação de cada etapa.

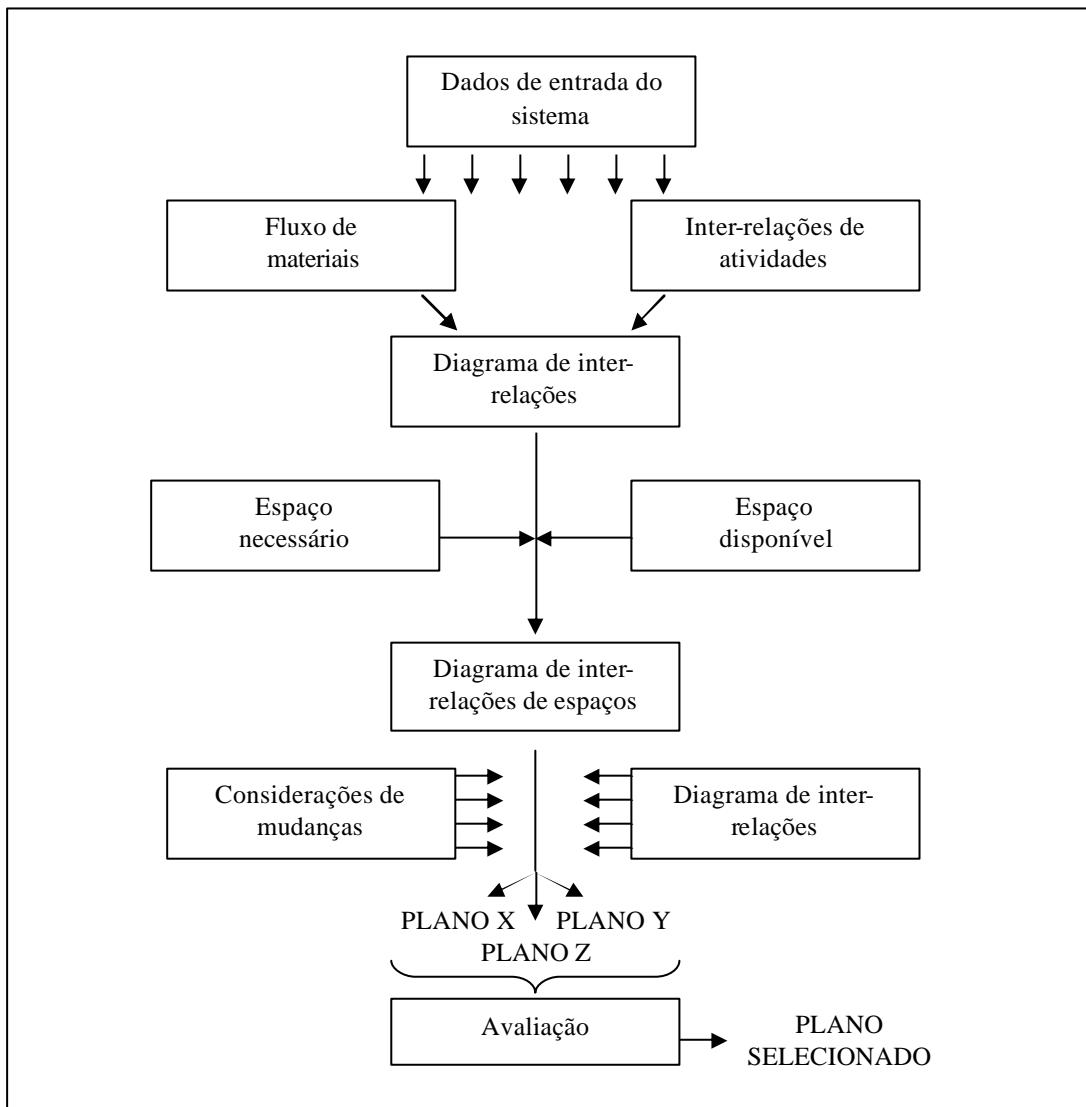


Figura 16 : Sistema de procedimentos SLP. Adaptado do MUTHER

Dados de entrada

Baseado em [MUTHER, 1978], os dados de entrada necessários à resolução de todos os problemas de layout são:

- Produto (material)
- Quantidade (volume)
- Roteiro (seqüência de processo de fabricação)

- Serviços de suporte
- Tempo

A partir destes dados, é possível a construção do gráfico ABC para a análise da composição dos produtos. Este gráfico ABC, que MUTHER chama de *Diagrama P-Q*, é de fundamental importância, pois é a base para a decisão sobre o tipo de arranjo que será adotado: posicional, linear ou uma combinação deles.

Fluxo de materiais

Utiliza-se o diagrama montado de Produto por Quantidade, *Diagrama (P-Q)*, como base para escolher o método mais adequado para se fazer a análise do fluxo de materiais. O diagrama P-Q fornece regiões, as quais associamos os métodos de análise, que são:

Carta de Processos: região A da curva, utilizado para poucos produtos de grande volume de produção. É a descrição do processo de fabricação em um fluxograma que utiliza símbolos apropriados, faz o caminho da matéria prima até a expedição do produto acabado. Os símbolos podem ser vistos mais abaixo.

Carta de Processos Múltiplos: região B da curva, utilizada para produtos numerosos e processos semelhantes e quando não há montagem. Semelhante ao método anterior, mas descreve várias linhas de produção paralelamente, para isso devem possuir processos de fabricação semelhantes. Os produtos são listados na horizontal e os processos na vertical.

Carta De Para: região D da curva, utilizado para muitos produtos altamente diversificados e de baixo volume. É necessário listar todas as operações do processo produtivo e colocá-las na mesma sequência no eixo da horizontal e da vertical.

Símbolo	Ação	Resultado da ação
○	Operação	Fabrica ou executa
→	Transporte	Movimenta
□	Inspeção	Verifica
D	Espera	Interfere
▽	Armazena	Guarda

Figura 17 : Símbolos ou notações para Diagrama de Processos. Transcrito do MUTHER

Inter-relações não baseadas no Fluxo de Materiais

Um outro critério importante para se montar o layout de uma fábrica, além do estudo do fluxo de materiais, é o de análise da relação entre os setores. Esta relação é obtida através da *Carta de Interligações Preferenciais*. Com este documento, se pode integrar serviços de apoio aos departamentos de produção, visualizado o nível de relação entre as atividades, sua importância e justificativa. Isto é feito através de notações, que são classificadas em letras:

Classificação	Inter-relação
A	Absolutamente necessário
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

Figura 18 : Notações utilizadas para designar a inter-relação entre as atividades. Transcrito do MUTHER

Para os motivos das inter-relações, estes são tabelados e numerados, como se pode ver na lista abaixo de razões básicas para as proximidades:

- | | |
|------|-------------------------------------|
| 1 - | Fluxo de materiais |
| 2 - | Necessidade de contato pessoal |
| 3 - | Utilização de equipamentos comuns |
| 4 - | Utilização de registros semelhantes |
| 5 - | Pessoal em comum |
| 6 - | Supervisão ou controle |
| 7 - | Freqüência de contatos |
| 8 - | Urgência de serviços |
| 9 - | Utilização dos mesmos suprimentos |
| 10 - | Intensidade de fluxo de documentos |
| 11 - | Facilidade de administração |

Figura 19 : Motivos das Inter-relações (transcrito do MUTHER)

Diagrama de Inter-relações

Com as relações entre os setores definidos, pode-se montar o *Diagrama de Inter-Relações*. O *Diagrama de Inter-Relações* não considera escala, é uma planta com setores representados por símbolos ligados por linhas que representam a importância da relação.

Em cima do Diagrama de Inter-relações, podemos acrescentar o fluxo de materiais, criando o *Diagrama de fluxo*. O *Diagrama de fluxo* tem objetivo de representar graficamente a intensidade de fluxo de materiais entre os setores. Cada setor é representado por um retângulo e o fluxo por linhas, o número de linhas é proporcional à intensidade do fluxo.

Determinação dos espaços

Para determinação dos espaços, deve-se estabelecer as áreas para as atividades envolvidas e adaptar ao diagrama de inter-relação e/ou fluxo. Para o cálculo de áreas é importante determinar máquinas e equipamentos utilizados na empresa. Quando necessário, pode-se registrá-los em fichas adequadas contendo dimensões do produto, espaço utilizado, suprimento, especificações técnicas e outros.

A somatória dos espaços necessários deve ser igual ou menor ao espaço disponível caso contrário devem ser tomadas medidas para ampliar as instalações, que podem ser feitas aumentando horas de trabalho, melhorando processos, verticalizando a produção e armazenagem, etc.

Diagrama de Inter-relações entre espaços

O *Diagrama de Inter-Relações entre espaços* utiliza o diagrama de fluxo e as áreas necessárias para cada atividade, deste modo tem-se uma melhor visão do layout em uma escala aproximada das áreas.

As atividades permanecem com a mesma numeração, o diagrama montado da mesma forma que o digrama de inter-relação como visto anteriormente, agora considerando as restrições de área. Também se fazem aperfeiçoamentos neste esquema para adaptar as restrições físicas da instalação.

Geração de alternativas

O passo seguinte é a formulação das alternativas ou soluções para o problema. Para este trabalho, pode-se fazer uma adaptação desta etapa, acrescentando técnicas de manufatura celular ao sistema SLP. Assim, transformam-se os *Setores principais* do Diagrama de inter-relação entre espaços, para agora conter mini setores repartido por *Produto*, ou *Família de Produtos*, isto é, máquinas e equipamentos são reunidos de acordo com o produto que é destinado à fabricar. Caso não se utilize manufatura celular, o Diagrama de inter-relação entre espaços será utilizado para a geração de alternativas. Este diagrama serve de base para criar as alternativas, que também considera os demais diagramas e estudos realizados até esta fase.

As alternativas são inicialmente traçadas no *Arranjo Físico Geral*, com posicionamento dos Setores, através de grandes blocos.

Na Fase III, as melhores alternativas serão detalhadas, definindo corredores, localização de máquinas, espaço de estoque, etc. Isto será feito na *Planta Detalhada das Soluções*.

Seleção de alternativas

O processo de seleção indicou a necessidade de duas fases de escolha da solução final. Na primeira fase é utilizada *Avaliação das Análises dos Fatores* e escolha das alternativas pela pesquisa na empresa.

O método de Avaliação da Análise dos Fatores consiste em atribuir notas ponderadas às alternativas em diversos requisitou (ou fatores). Devem-se escolher os fatores importantes para o estudo em questão. Cada fator possui um peso, numa escala de 1 a 10 (adotada). Para cada fator avaliamos as alternativas com notas de 0 a 10 (adotada). A somatória das notas ponderadas para cada alternativa é a sua avaliação final, mas é necessária uma diferença de 20% de pontuação do 1º. sobre o 2º. colocado, para indicar a melhor alternativa.

As alternativas são apresentadas ao pessoal da empresa para discussão e escolha da(s) melhor(es). No caso de empate técnico resultante do método de avaliação anterior, podem-se abrir novas discussões sobre as alternativas com uma reavaliação ou reformulação.

3.5 ARRANJO FÍSICO CELULAR

O *Arranjo Físico Celular*, também denominado *Tecnologia de grupo, Manufatura celular* ou *Ilha de manufatura*, é um grupo de máquinas, pessoas e demais meios necessários para manufatura de uma família de produtos, que apresentam similaridade de processos de fabricação. [LEE, 1996] define células de manufatura como sendo unidades pequenas e autônomas com várias máquinas e operações.

Conforme [LEE, 1996], as células de manufatura podem ser classificadas pelo seu número de produtos e processos. As principais classificações apontadas por ele são:

Células dedicadas: Uma célula de manufatura que produz um único produto com, por exemplo, apenas pequenas variações. Ela tem processos múltiplos e seqüenciais.

Célula com tecnologia de grupo: Esta célula produz uma família de produtos relacionados. Eles têm processos similares, mas não necessariamente idênticos.

Célula Funcional: Estas células contêm um único processo, que opera com uma grande variedade de produtos não relacionados.

Célula de projeto: São células que produzem uma grande variedade de produtos não relacionados com múltiplos processos.

Para se desenvolver um arranjo físico celular, é necessário termos algumas condições que viabilizem sua implantação:

- Agrupamento de famílias de produtos na forma e nas operações necessárias para manufatura;
- Padronizações de máquinas, produtos, ferramentas e dispositivos, com classificação e codificação;
- Flexibilidade de máquinas para trabalhar para uma família de produtos e executar todas operações se possível;
- Requer estudo detalhado sobre balanceamento de linhas.

O arranjo físico celular apresenta características que visam à racionalização e humanização do trabalho. É uma forma organizacional com as seguintes propriedades:

- Incentiva o espírito de equipe, motivando a produção;
- Cargos multifuncionais e equivalência salarial;

- Unificação da responsabilidade à equipe.
- Fluxo de materiais mais organizado;
- Redução de espaço.
- Flexibilidade quanto ao tamanho do lote e mix de produção;
- Supervisão e programação da manufatura simplificada e mais racional;
- Reduz inventários em processo;
- Fixação de data realística de entrega da produção.
- Diminui estoques intermediários e movimentação de materiais, consequentemente reduz custo de armazenagem e movimentação;
- Redução de lead time;
- Avaliação mais precisa do custo;
- Sincronização das necessidades.

3.5.1 ESTÁGIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE ARRANJO CELULAR

Estágio 1- Determinar células (famílias de produtos)

Estudo do processo de fabricação, máquinas disponíveis e produtos para serem agrupados em células. Sistema de codificação e classificação de máquinas, ferramentas e produtos. Para dividirmos produtos em famílias também é necessário analisar o volume de produção para cada família, de modo compatível com capacidade das máquinas.

Um método de agrupar os produtos em famílias e os equipamentos em células de uma forma imparcial é através de mudanças na ordem das linhas e colunas de uma matriz de incidência, conforme afirma [SLACK, 1996], demonstrado na figura abaixo:

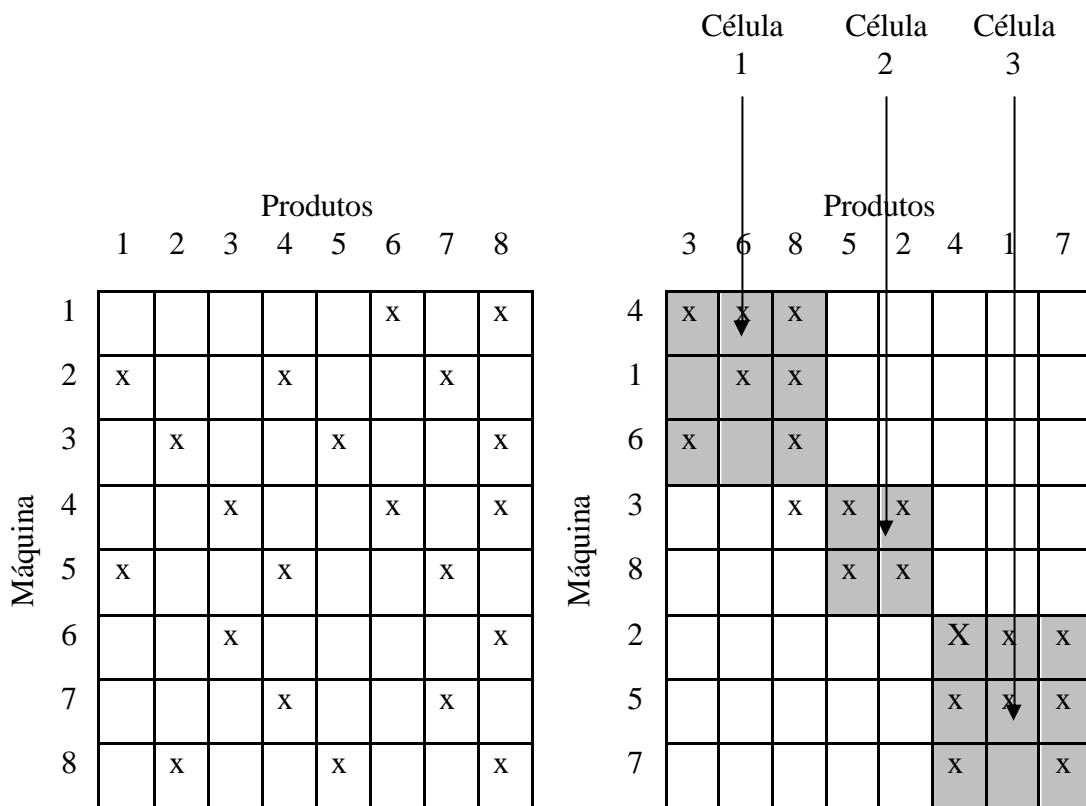


Figura 20 : Método de alocação de máquinas e produtos em célula (transcrito do SLACK)

Estágio 2 - Detalhamento das células

A montagem da célula envolve máquinas, dispositivos, pessoas, fluxo de materiais, arranjo físico das máquinas e outros. Todas as características técnicas são estudadas nesta fase.

Estágio 3- Gestão de operações

Estudo de administração e organização da equipe de trabalho da célula, sistema de informações questões de higiene e segurança, distribuição de tarefas e responsabilidades, balanceamento das linhas, estudo de tampes de máquinas e mão-de-obra, trocas de ferramentas etc.

Estágio 4- Implantação

Após a definição de toda célula, este estágio cuida de como colocá-la em prática. Para isso fazemos um cronograma para instalação do arranjo celular (físico)

e inicio de operação (administração). É necessário listar todas atividades necessárias, como projeto industrial, planta de utilidades, orçamento, materiais necessários, contratação de pessoas, compra e transporte de máquinas e equipamentos, treinamento, testes, etc.

Para cada tarefa estimar tempo de duração e listar tarefas antecedentes necessárias. Assim é possível montar a rede (Gráfico de Gantt) para estudo de implantação.

3.6 OPT

[CORRÊA, 1993] define OPT¹⁵ como um método de gestão da produção, desenvolvido por um grupo de pesquisadores israelenses em 1978, do qual fazia parte o físico Eliyahu Goldratt, que acabou por ser o principal divulgador dos seus princípios.

[CORRÊA, 1993] também afirma que apesar do nome pelo que a técnica ficou conhecida, "tecnologia de produção otimizada", o OPT não é uma técnica otimizante no sentido científico do termo, porque nada garante, que a sua aplicação leve a atingir soluções ótimas, já que é uma técnica baseada em uma série de procedimentos heurísticos, muitos dos quais os proprietários dos direitos de exploração do sistema nem mesmo tornaram públicos.

O método OPT baseia-se na gestão da empresa a partir dos seus gargalos de estrangulamento. Um gargalo estrangulador é um recurso, e pode ser uma máquina ou uma oficina cuja capacidade real de produção é inferior à procura do mercado. Os gargalos de estrangulamento definem as condições de produção numa empresa, o que significa que é necessário tomá-los em consideração para melhor gerir a produção.

¹⁵ Optimized Production Tecnology

Objetivos do OPT

OPT tem como princípio que o objetivo básico das empresas é "ganhar dinheiro e permanecer ganhando". E, para tanto, é necessário que no nível da fábrica, aumente-se o fluxo de materiais e, ao mesmo tempo, reduzam-se os estoques e as despesas operacionais. Estes três termos são definidos como:

Fluxo: é a taxa segundo a qual o sistema gera dinheiro através da venda de seus produtos. Os produtos feitos, mas não vendidos, são classificados como estoque.

Estoque: quantidade pelo dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender. Refere-se apenas as matérias-primas envolvidas.

Despesas operacionais: o dinheiro que o sistema gasta para transformar estoque em vendas.

3.6.1 REGRAS DO OPT

No método OPT é absolutamente necessário entender o relacionamento entre recursos-gargalo e recursos não-gargalo. Recurso gargalo é aquele na qual a demanda do recurso é a mesma da disponibilidade deste recurso. A partir disso, deduz-se que o importante é equilibrar o fluxo e não a capacidade.

Com base nesta premissa surge a 1^a. regra do OPT e, a partir desta, todas as restantes. Assim, conforme [CORRÊA, 1993], as regras são:

1 - *Balancear o fluxo e não a capacidade*: Dado que, a capacidade está sujeita a inúmeras "contrariedades", o importante é conseguir fazer com que o fluxo esteja equilibrado, isto é, encontrar um equilíbrio na forma como a empresa gere dinheiro e outros recursos. Isto se consegue identificando os gargalos no sistema, que são os que limitam o fluxo no sistema global.

2 - O nível de utilização de um não-gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial, mas por outras imposições do sistema: Um recurso não-gargalo pode ser restrinrido por recursos-gargalo ou por imposições do mercado.

3 - Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos: Suponhamos que um recurso não-gargalo alimenta um recurso-gargalo. Ativar o recurso não-gargalo mais do que suficiente para alimentar um recurso-gargalo limitante não contribui em nada com os objetivos do OPT. Neste caso, estaria-se apenas ativando o recurso, e não utilizando-o, o que gera estoques.

4 - Uma hora ganha num recurso-gargalo é uma hora ganha para o sistema global: Como são os recursos-gargalo que limitam a capacidade de fluxo do sistema global, uma hora ganha neste recurso é uma hora ganha para o sistema inteiro.

5 - Uma hora ganha num recurso não-gargalo é um engano: Ganhando uma hora num recurso deste tipo, apenas vai aumentar o estoque, dado que o recurso-gargalo que este alimenta, não vai conseguir absorver esse ganho.

6 - O lote de transferência pode não ser e, freqüentemente, não deveria ser, igual ao lote de processamento: O lote de processamento é analisado na perspectiva do recurso, enquanto que o lote de transferência é analisado na perspectiva do fluxo. Assim, o lote de transferência, em OPT, é sempre uma parte do lote de processamento. O lote de processamento é o tamanho de lote que vai ser processado antes que seja novamente preparado para processamento de outro item. O lote de transferência é a definição do tamanho dos lotes que vão ser transferidos para posteriores operações. Como estes lotes não são iguais, quantidades de material processado podem ser transferidas para uma operação subsequente, mesmo antes de todo o material do lote de processamento estar processado.

7 - O lote de processamento deve ser variável e não fixo: Este lote está dependente da situação da fábrica e, como tal, varia conforme esta.

8 - Os recursos-gargalo além de definirem o fluxo do sistema, definem também o seu estoque: Os materiais são programados para chegarem ao gargalo um tempo antes deste iniciar a sua atividade. Assim, um eventual atraso nos recursos que alimentam o recurso-gargalo pode ser absorvido por esse tempo de segurança.

9 - A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não seqüencialmente. Os lead-times são um

resultado da programação e não podem ser assumidos à priori: Os lead-times são a subtração dos tempos gastos em cada um dos componentes para chegar às datas de início da produção, estes vão ser diferentes de componente para componente. E se os lead-times variam conforme a seqüência das ordens, é mais fácil de analisá-los sob o ponto de vista de resultado.

3.6.2 MODO DE FUNCIONAMENTO

Na necessidade de definir um plano de produção, o método OPT procura inicialmente identificar com clareza todos os recursos a serem utilizados nos processos de produção, sejam eles externos ou não (por exemplo, matéria prima, subprodutos, equipamentos, etc.) e quais as restrições existentes, quer se refiram ao limite da capacidade de produção, quer à procura de mercado ou até mesmo a restrições impostas pela própria empresa.

Este método evidencia uma preocupação extrema na programação das atividades de modo a conseguir uma maximização do fluxo, ou seja, a passagem do material vendido pelo processo produtivo. Começando pelos *recursos críticos*¹⁶ que existem no processo de produção, o OPT identifica estes recursos como os que irão definir o ritmo e volume de produção do sistema (é nesta característica que surge a identidade de recursos críticos do sistema com *tambores*¹⁷ que impõem o ritmo). Assim, o primeiro passo será programar uma produção máxima para estes de acordo com as necessidades existentes.

O segundo passo é tentar prever todos os acontecimentos possíveis de atrasar a produção relacionada com os equipamentos existentes ou com o fornecimento das matérias-primas, criando um *depósito de segurança*¹⁸, conseguindo assim um fluxo contínuo de modo a não existir paradas na linha de produção. Finalmente, um circuito virtual (como uma *corda*¹⁹ sem pontas) constituído por um número fixo de

¹⁶ Chamado por [CORRÊA, 1993] de “recurso restritivo críticos (RRC).”

¹⁷ [CORRÊA, 1993] chama os tambores de “drum”, ou “bater dos tambores”.

¹⁸ [CORRÊA, 1993] chama de “estoque por tempo de segurança”, ou “time buffer”.

¹⁹ [CORRÊA, 1993] chama de “rope”.

elementos (unidades em produção) de modo a sempre que sair uma unidade do depósito se inicie a produção de outra; garantindo deste modo a produção contínua e consequentemente mantendo o estoque dessa matéria com o mesmo valor no depósito de segurança.

São estes os 3 pontos principais para definir a técnica usada pelo método OPT para programar as atividades de produção, tambor-depósito-corda, ou como [CORRÊA, 1993] denomina, “Drum-Buffer-Rope”.

3.6.3 APLICAÇÃO

O OPT considera os recursos-gargalo como merecedores de especial atenção, porque são destes recursos de que dependem à produção da empresa. É nesta perspectiva que o OPT auxilia as empresas a focalizarem as suas atenções nos problemas que possam comprometer o desempenho nestes recursos-gargalos.

As regras do OPT podem perfeitamente ser utilizadas em qualquer empresa, mesmo sem a compra do *software*, que é caro e “proprietário”. Todas as empresas possuem gargalos, mesmo se eles flutuam no decorrer do tempo, em função das variações das condições de produção. Assim, pode-se utilizar o método OPT para determinar como será realizada a gestão da produção global da empresa.

3.7 CONCLUSÕES

Dos fundamentos analisados verificou-se que o mais apropriado para este trabalho seria o sistema SLP, pois abrange todas as etapas do projeto. Contudo, aspectos das outras metodologias também serão considerados no decorrer deste trabalho.

4 ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Após a descrição da situação atual e da revisão bibliográfica, neste capítulo serão desenvolvidos aspectos que levem à criação de algumas alternativas de solução, que por sua vez levarão às melhorias propostas.

4.1 AGRUPAMENTO INICIAL DE FAMÍLIAS E CÉLULAS

Para a formação de famílias será utilizado o método da matriz de incidência produto versus equipamento, montada com o uso dos fluxos de materiais e também com auxílio da gerência industrial. Após várias interações através do algoritmo de diagonalização obtém-se a matriz no *anexo C*.

Com esta matriz foi desenvolvida a tabela a seguir, que apresenta a composição de famílias e células.

<i>Família e Célula</i>	<i>Produtos</i>	<i>Equipamentos</i>
1	Fosfato de zinco Fosfato de potássio	REI01, CTI05, EST01, MOI01, REI04, TAM01 e TAM04.
2	Sulfato de amônio Sulfato de potássio	REI02, REI03, CTI02, CTI03, MOF01, MOI02, EST02, TAM02 e TAM03.
3	Molibdato de amônio Molibdato de sódio	REI05, REI06, CTI06, EST03, TAM05 e TAM06.
4	Cloreto estanoso	REV01, CTI04 e TAM07.
5	Fluossilicato de sódio	REE01, CTI01, FD01 e TAM08

Tabela 8: Primeira relação de famílias. Elaborado pelo autor.

4.2 ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA

As tabelas abaixo contêm dados de produtividade para análise da capacidade produtiva de cada família.

Os dados de produtividade de cada equipamento foram coletados a partir de informações cedidas pelo departamento de PCP e também através da experiência profissional do gerente industrial. A produtividade (quilos por hora) já inclui o tempo geral gasto em paradas como manutenção e setup²⁰.

Os equipamentos sombreados em vermelho são “gargalos” que apresentam carga máxima superior a sua capacidade produtiva e que serão melhores analisados mais abaixo. Considera-se que a capacidade máxima de operação de cada equipamento é de 1.800 horas por ano, pois a empresa pretende trabalhar apenas 1 turno durante a semana, sem horas extras.

Os equipamentos sombreados em amarelo são “gargalos” que não apresentam carga máxima superior a sua capacidade produtiva, pois a demanda ainda é menor do que o “gargalo”.

Família 1

Produto	Qtda/ano	REI01		REI04		CTI05		EST01		MOI01	
		Kg/h	Hrs/ano								
Fosfato de zinco	140.000	170	824			220	387	300	466	70	2.000
Fosfato de potássio	85.000			330	257	300	284	500	170		
TOTAL	225.000	824 h/ano		257 h/ano		671 h/ano		636 h/ano		2.000 h/ano	

Tabela 9: Capacidade para a família 1. Elaborado pelo autor.

Família 2

Produto	Qtda/ano	REI02		REI03		CTI02		CTI03		EST02		MOF01		MOI02	
		Kg/h	Hrs/ano												
Sulfato de amônio	80.000	160	500			550	145			350	230	110	730		
Sulfato de potássio	305.000	150	530	150	1500	530	575			290	1050	160	510	160	1400
TOTAL	385.000	1030 h/ano		1500 h/ano		720 h/ano		0 h/ano		1280 h/ano		1240 h/ano		1400 h/ano	

²⁰ Tempo de preparação dos equipamentos.

Tabela 10: Capacidade para a família 2. Elaborado pelo autor.

Família 3

		REI05		REI06		CTI06		EST03	
Produto	Qtda/ano	Kg/h	Hrs/ ano	Kg/h	Hrs/ ano	Kg/h	Hrs/ Ano	Kg/h	Hrs/ ano
Molibdato de amônio	150.000	160	940			500	300	440	340
Molibdato de sódio	260.000	140	360	140	1500	250	1040	200	1300
TOTAL	410.000	1300 h/ano		1500 h/ano		1340 h/ano		1640 h/ano	

Tabela 11: Capacidade para a família 3. Elaborado pelo autor.

Família 4

		REV01		CTI04	
Produto	Qtda/ano	Kg/h	Hrs/ano	Kg/h	Hrs/ano
Cloreto estanoso	450.000	160	2.370	800	540
TOTAL	450.000	2.370 h/ano		540 h/ano	

Tabela 12: Capacidade para a família 4. Elaborado pelo autor.

Família 5

		REE01		CTI01		FD01	
Produto	Qtda/ano	Kg/h	Hrs/ano	Kg/h	Hrs/ano	Kg/h	Hrs/ano
Fluossilicato de sódio	1.275.000	1100	1160	750	1700	1100	1160
TOTAL	1.275.000	1.160 h/ano		1.700 h/ano		1.160 h/ano	

Tabela 13: Capacidade para a família 5. Elaborado pelo autor.

4.2.1 TANQUES

Para cada um dos produtos é necessário um tanque para armazenar material em processo, chamado de “água-mãe”. Os respectivos tanques podem ser vistos na tabela abaixo:

<i>Família e Célula</i>	<i>Produtos</i>	<i>Equipamentos</i>
1	Fosfato de zinco Fosfato de potássio	TAM01 TAM02
2	Sulfato de amônio Sulfato de potássio	TAM03 TAM04
3	Molibdato de amônio Molibdato de sódio	TAM05 TAM06
4	Cloreto estanoso	TAM07
5	Fluossilicato de sódio	TAM08

Tabela 14: Relação dos tanques de material em processo. Elaborado pelo autor.

4.2.2 GARGALOS

Para cada família, define-se um “gargalo” correspondente, como pode ser visto na tabela abaixo:

<i>Família e Célula</i>	<i>Produtos</i>	<i>Gargalos</i>
1	Fosfato de zinco Fosfato de potássio	MOI01
2	Sulfato de amônio Sulfato de potássio	REI03
3	Molibdato de amônio Molibdato de sódio	EST03
4	Cloreto estanoso	REV01
5	Fluossilicato de sódio	CTI01

Tabela 15: Lista de gargalos por família. Elaborado pelo autor.

Contudo, alguns equipamentos “gargalos” apresentam carga máxima superior a sua capacidade produtiva, isto é, o “gargalo” é maior que a demanda. Nestes casos, o equipamento será melhor detalhado, como pode ser visto abaixo:

Equipamento MOI01

Este equipamento é crítico para a família 1. Ele está acima da sua capacidade anual e não tem nenhum equipamento substituto de maior capacidade disponível.

Deve-se considerá-lo como um gargalo e agir conforme define [CORRÊA, 1993], isto é, definir através deste equipamento o ritmo e volume de produção da família.

Além disso, deve-se prever e evitar todos os acontecimentos possíveis de atrasar a produção relacionada com os equipamentos existentes ou com o fornecimento das matérias-primas, criando um *depósito de segurança*, conseguindo assim um fluxo contínuo de modo a não existir paradas na linha de produção.

Finalmente, um circuito virtual (*corda*) constituído por um número fixo de elementos (unidades em produção), de modo à sempre que sair uma unidade do depósito, se inicie a produção de outra, garantindo deste modo à produção contínua e, consequentemente, mantendo o estoque dessa matéria com o mesmo valor no depósito de segurança.

Também pode-se utilizar as seguintes alternativas para redução da necessidade deste equipamento:

- Fazer horas extras;
- Melhorar manutenção e qualidade do processo;
- Treinar operadores;
- Rever projeto do produto e o projeto do processo;
- Reduzir tempo de setup.

Equipamento REV01

Este equipamento é utilizado pela família 4. Pode-se considerá-lo um gargalo e agir conforme este caso, mas como tem-se um equipamento substituto e que está sobrando da lista de equipamentos que migrarão, acrescenta-se este a família. O equipamento que fará parte da família 4 é o REV02, que trabalhará em conjunto com o REV01.

4.3 ANÁLISE DE VOLUME – VARIEDADE

4.3.1 QUANTIDADE POR FAMÍLIA

A seguir será apresentada novamente a curva ABC, agora para as famílias de produtos.

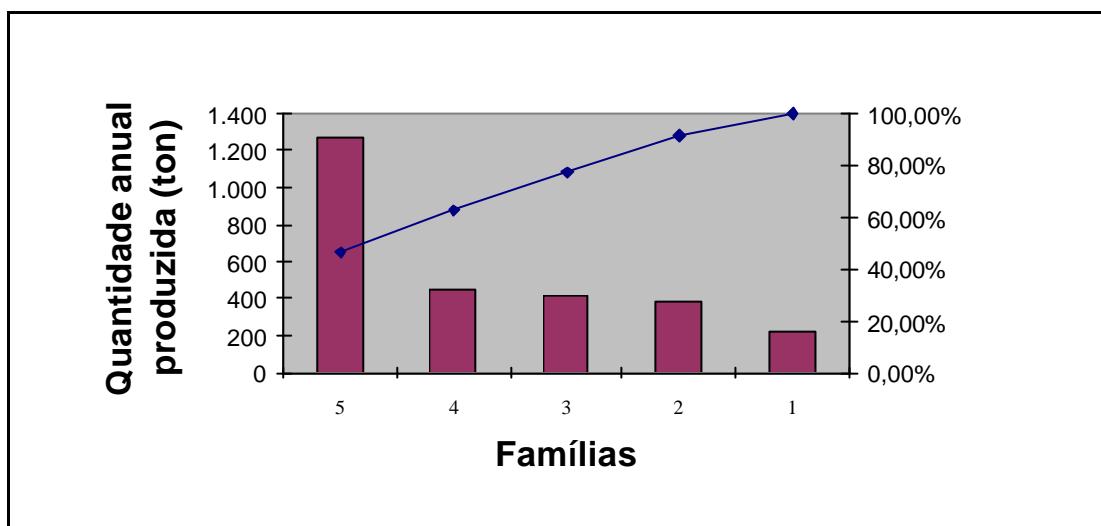


Figura 21 : Quantidade produzida por família. Elaborado pelo autor.

O gráfico acima mostra que a quantidade anual produzida em cada família apenas se destacou na família 5, que engloba o fluossilicato de sódio. As outras famílias ficaram bem distribuídas.

4.3.2 INTENSIDADE DE TRANSPORTE

A intensidade de transporte será a forma de analisar as relações entre as famílias e os setores. Os outros departamentos de produção e serviços auxiliares serão ignorados por já terem locais estabelecidos previamente pela gerência da empresa no novo layout.

A intensidade de transporte pode ser representada por várias unidades, mas comumente utiliza-se o número de viagens ou a quantidade de movimento, como descrito em [MUTHER, 1973].

A seguir têm-se os gráficos do número de viagens e da quantidade de movimento por família.

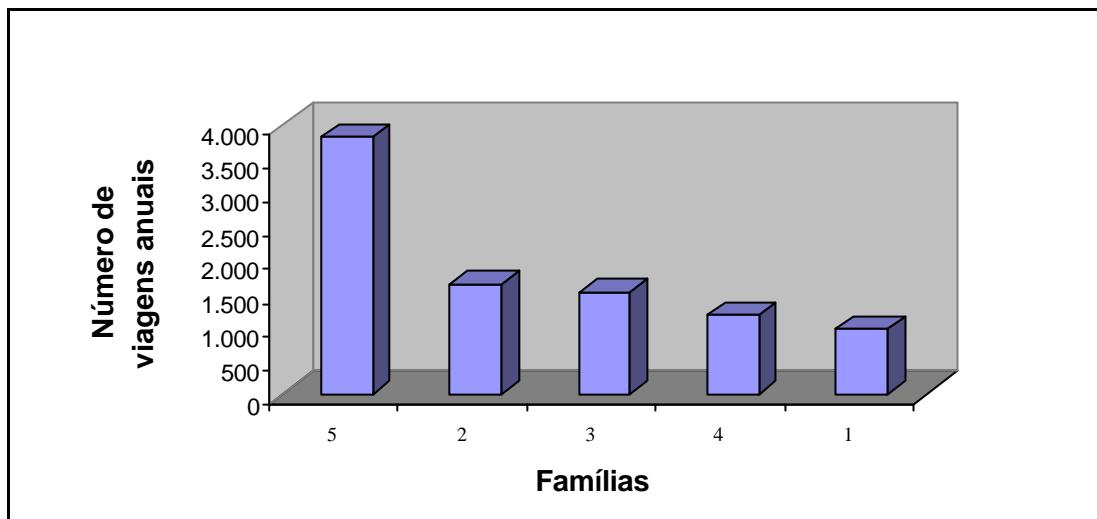


Figura 22 : Número de viagens por família. Elaborado pelo autor.

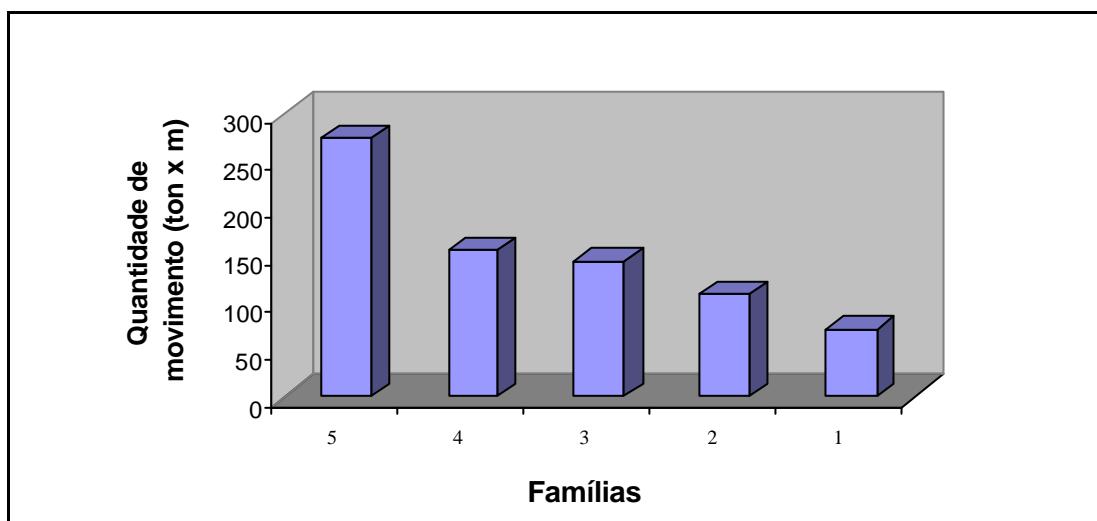


Figura 23 : Quantidade de movimento por família. Elaborado pelo autor.

Para apresentar o fluxo e a intensidade de transporte de materiais entre as famílias, os estoques e o setor de embalagem será utilizada a *Carta De Para*, de uma

forma adaptada. A Carta De Para usual contém Fluxo de Material entre operações do processo produtivo, aqui se tem fluxo entre famílias, estoques e setores já determinados. Outra diferença nesta carta é que todo o material vindo dos tanques será ignorado, pois não acarreta transporte, fazendo com que as somatórias não sejam mais iguais.

Cada retângulo de intersecção representa o fluxo de materiais em número de viagens de empilhadeiras. Através desta carta verifica-se quais são as intensidades de transporte de material, para recebimento e transferência.

<i>De</i>	<i>Para</i>	Estoque de MP	Família 1	Família 2	Família 3	Família 4	Família 5	Embalagem	Estoque de PA	<i>TOTAL</i>
Estoque de MP²¹		134	180	280	268				862	
Família 1						225		225		
Família 2					385		385			
Família 3					410		410			
Família 4					450		450			
Família 5					1275		1275			
Embalagem						2045	2045			
Estoque de PA²²										
TOTAL		134	180	280	268		2745	2045		

Tabela 16: Carta De Para – Número de viagens. Elaborado pelo autor.

²¹ MP: Matérias-primas

²² PA: Produto acabado

4.4 DIAGRAMA DE INTER-RELACÕES

A grande preocupação do estudo deste novo layout é com o fluxo de materiais, que são movimentados diariamente em grande quantidade por empilhadeiras.

Como as inter-relações não baseadas em fluxo têm pouca importância neste estudo de layout, será utilizado o *Diagrama de Fluxo* para representar as inter-relações baseadas em fluxo.

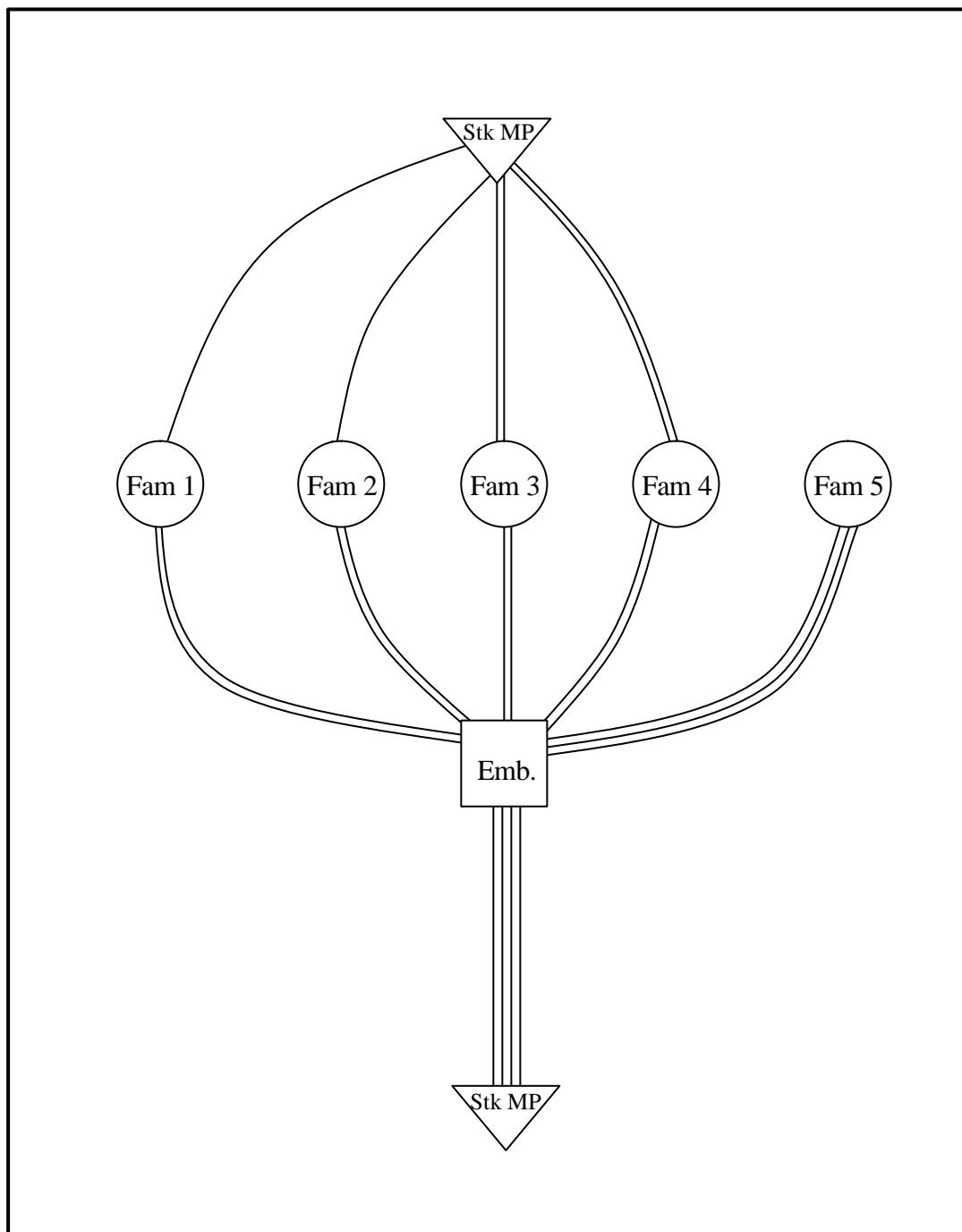


Figura 24 : Diagrama de Fluxo. Elaborado pelo autor.

4.5 LEVANTAMENTO DA ÁREA FÍSICA

4.5.1 ÁREA DE CADA FAMÍLIA

Para a futura definição do layout, será necessário considerar o espaço físico necessário para comportar cada família.

Uma forma de cálculo aproximado da área de cada célula é feita pela somatória das seguintes áreas:

- Equipamento e ferramentas;
- Necessárias para operação (homem);
- Necessária para movimentação interna;
- De entrada das matérias-primas;
- De saída do material para o estoque de produto acabado;

A seguir será apresentada uma tabela com a área de cada família.

<i>Família</i>	<i>Equipam. (m²)</i>	<i>Operador (m²)</i>	<i>Mov.Inter. (m²)</i>	<i>Entrada (m²)</i>	<i>Saída (m²)</i>	<i>TOTAL (m²)</i>
1	17,1	1,6	4	1,5	1,5	25,7
2	20,1	2,4	4	1,5	1,5	29,5
3	14,1	1,6	4	1,5	1,5	22,7
4	9,0	1,6	4	1,5	1,5	17,6
5	10,0	2,4	6	1,5	1,5	21,4

Tabela 17: Área necessária para cada família. Elaborado pelo autor.

4.5.2 ÁREA DE ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO

A área de estoque de cada produto será calculada com base no espaço necessário para manter um estoque de segurança de cada produto, através de valores sugeridos pela gerência comercial da empresa.

Todo o armazenamento dos produtos acabados será realizado em porta-paletes com até três paletes de altura. Para o cálculo da área, este será feito proporcional à área necessária para abrigar os porta-paletes. A tabela abaixo se refere à ocupação de cada produto, na quantidade de paletes necessários em estoque.

<i>Produto</i>	<i>Estoque de segurança (no. de paletes)</i>	<i>Área aproximada dos porta-paletes</i>
Cloreto estanoso	20	(10,5 x 1,5) m
Fosfato de potássio	10	(4,5 x 1,5) m
Fosfato de zinco	10	(4,5 x 1,5) m
Fluossilicato de sódio	150	(75 x 1,5) m
Molibdato de amônio	10	(4,5 x 1,5) m
Molibdato de sódio	20	(10,5 x 1,5) m
Sulfato de amônio	10	(4,5 x 1,5) m
Sulfato de potássio	20	(10,5 x 1,5) m

Tabela 18: Área necessária para estoque de cada produto. Elaborado pelo autor.

4.5.3 ÁREA DE OUTROS SETORES

Os outros setores que migrarão para o novo layout estão na tabela abaixo, além de área e localização:

<i>Setor</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Localização na planta filial²³</i>
Estoque de MP	300	Fábrica
Embalagem	100	Fábrica

²³ Ver item 2.2, Layout atual.

Controle de qualidade (laboratório)	90	Sala Adm3
Manutenção	70	Sala Adm2
Sala da chefia de produção	20	Sala Adm2
PCP	10	Sala Adm1
Outras funções administrativas	100	Sala Adm1

Tabela 19: Área dos outros setores de suporte. Elaborado pelo autor.

4.6 DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÕES ENTRE ESPAÇOS

O *Diagrama de Inter-Relações entre espaços* utiliza o diagrama de fluxo e as áreas necessárias para cada atividade, deste modo tem-se uma melhor visão do layout em uma escala aproximada das áreas.

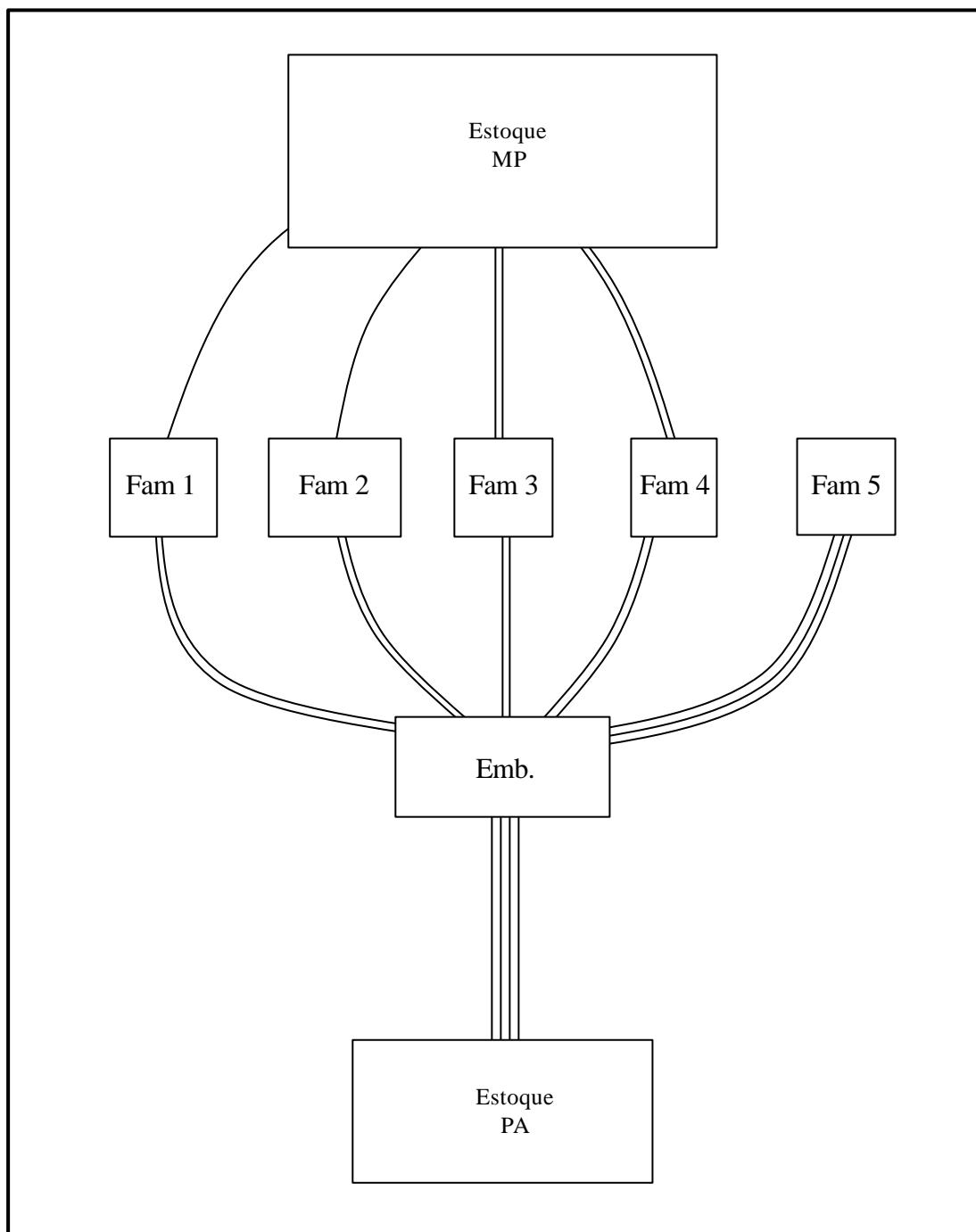


Figura 25 : Diagrama de Inter-relação entre espaços (estoque único). Elaborado pelo autor.

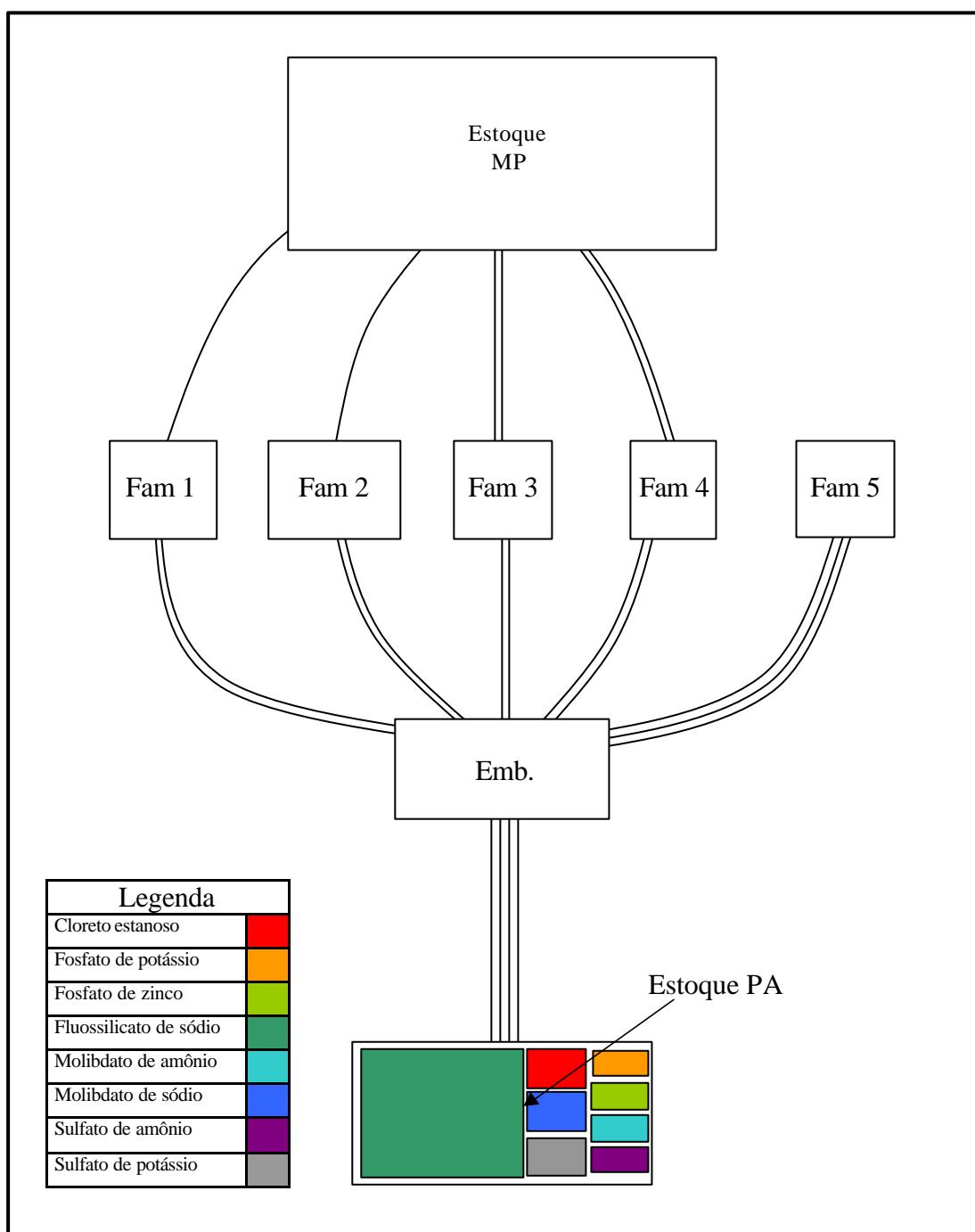


Figura 26 : Diagrama de Inter-relação entre espaços (estoque dividido por produto).

Elaborado pelo autor.

4.7 GERAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE LAYOUT

Com os dados coletados e analisados até o presente momento do trabalho pode-se chegar a diversos tipos de layout, cada qual com seus benefícios e vantagens e seus pontos favoráveis.

Serão elaborados três alternativas de layout que passarão por uma escolha, através de pontuação, para a definição do layout que será melhor detalhado.

4.7.1 LAYOUT CANDIDATO A – CÉLULAS VERTICais

A figura 27 representa o layout A. Este layout foi desenvolvido em células, onde cada família engloba os processos de reação, centrifugação, secagem e moagem.

O transporte de materiais é realizado por dois corredores principais no centro do galpão, reduzindo a área de movimentação e aumentando a segurança dos operadores.

O layout foi dividido em módulos de aproximadamente (5 x 20)m, conforme considerações descritas por [HARMON, 1991], onde serão alocadas as famílias. Existem módulos livres para futura expansão.

Os estoques de produtos acabados e estoques de matérias-primas ficam no centro do galpão, assim como a área de embalagem, onde os materiais ficarão para serem analisados pelo Controle da Qualidade e também serem lacrados.

O recebimento de materiais se dá pela doca leste, enquanto que a expedição ocorre pela doca oeste.

Não serão necessárias mudanças na estrutura do edifício.

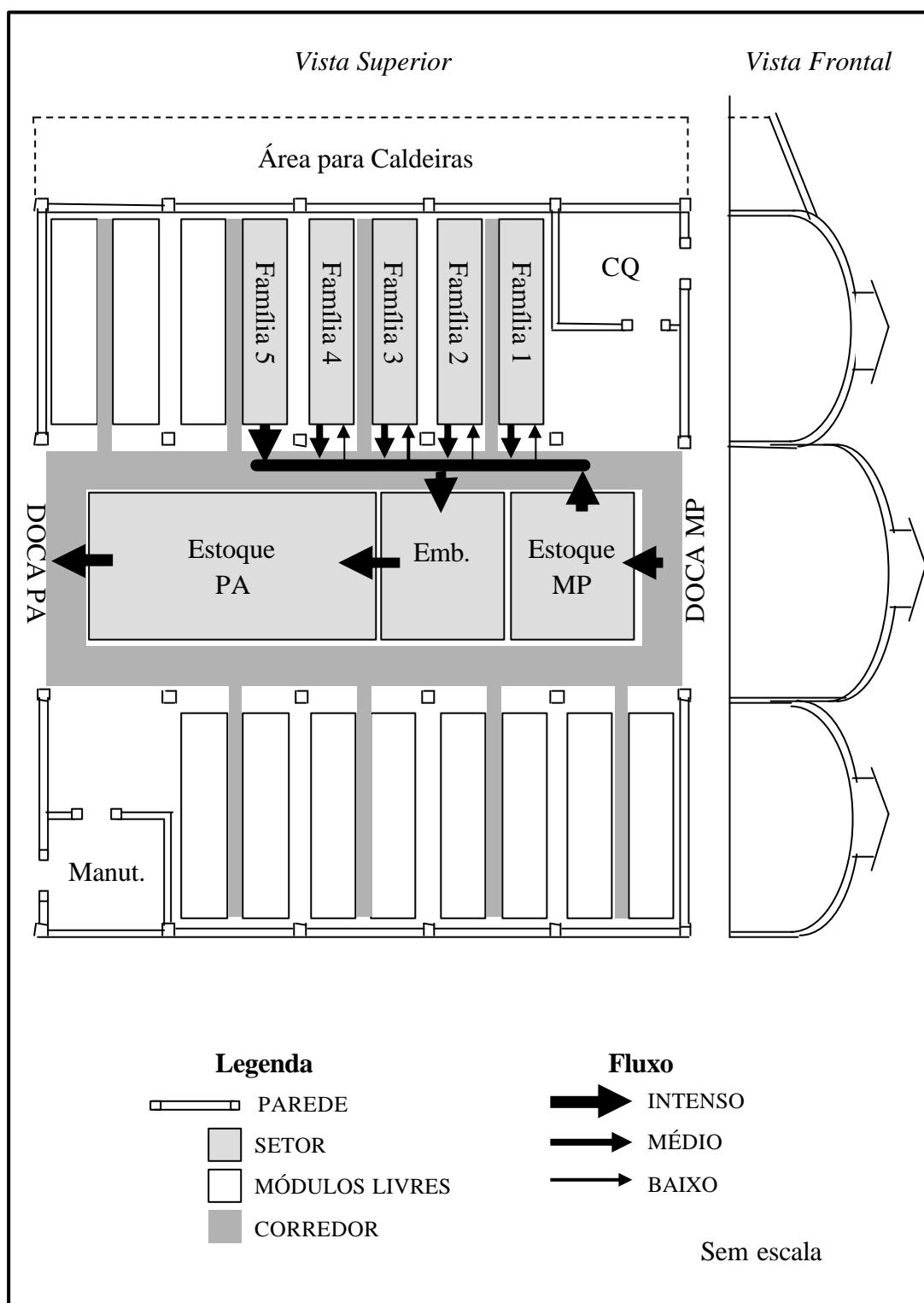


Figura 27 : Layout candidato A. Elaborado pelo autor.

4.7.2 LAYOUT CANDIDATO B – CÉLULAS HORIZONTAIS

A figura 28 representa o layout B. Este layout também foi desenvolvido em células, onde cada família engloba os processos de reação, centrifugação, secagem e moagem. Ao contrário do layout anterior, neste layout nós temos as células percorrendo todo o galpão, incluindo o centro.

O transporte de materiais é realizado por um corredor principal no centro do galpão e outro secundário entre os estoques e as famílias.

O layout, assim como o anterior, foi dividido em módulos de aproximadamente (5 x 20)m, conforme considerações descritas por [HARMON, 1991], onde serão alocadas as famílias. Existem módulos livres para futura expansão.

Os estoques de produtos acabados e estoques de matérias-primas ficam próximos das docas que o receberão. A área de embalagem, onde os materiais ficarão para serem analisados pelo Controle da Qualidade e também serem lacrados, está posicionado entre as famílias e o estoque de produtos acabados.

Não serão necessárias mudanças na estrutura do edifício.

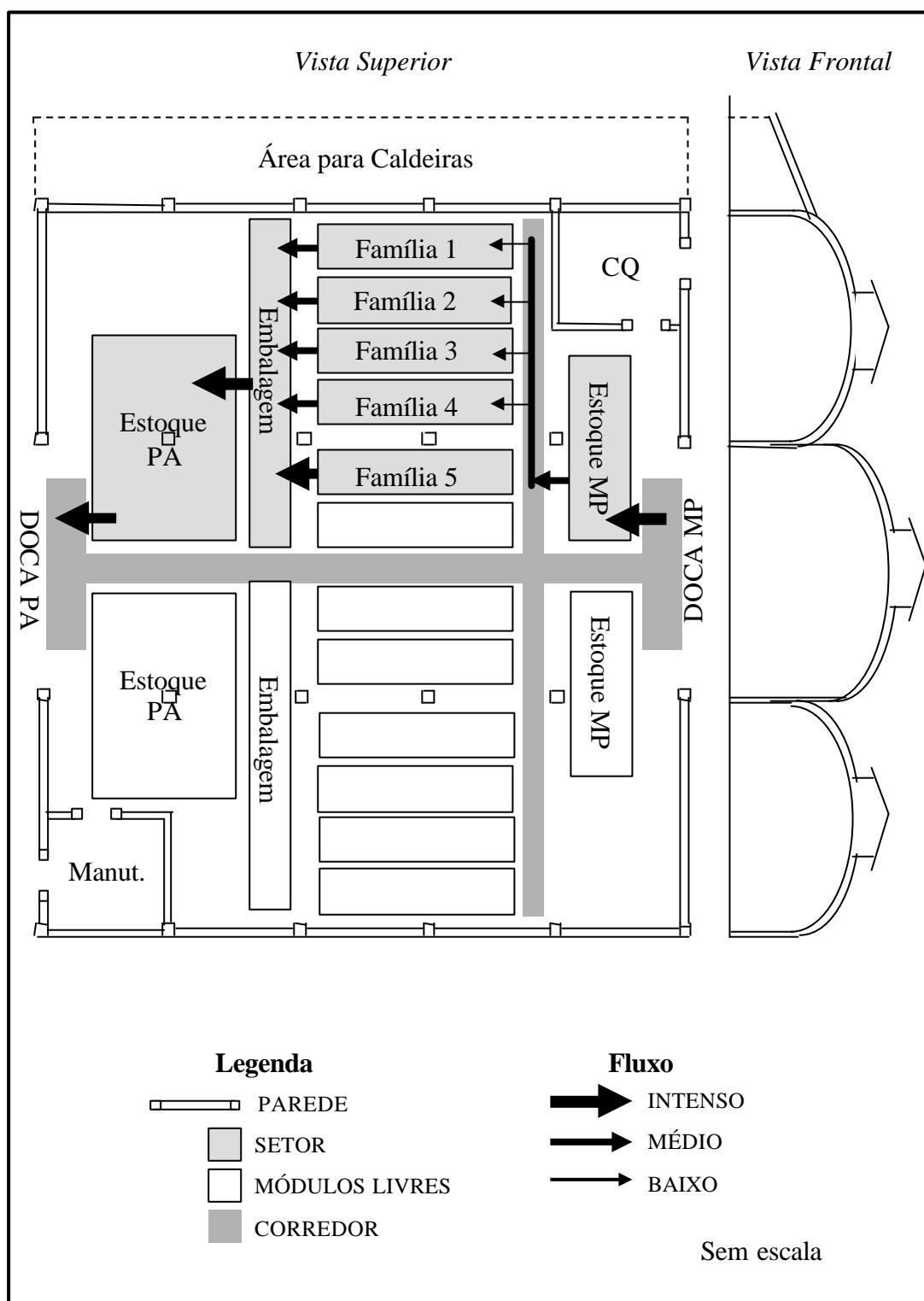


Figura 28 : Layout candidato B. Elaborado pelo autor.

4.7.3 LAYOUT CANDIDATO C – PROCESSOS

A figura 29 representa o layout C. Este é o layout mais semelhante ao atual, da *planta matriz*, em relação ao tipo de arranjo. As células e famílias foram desestruturadas. Os equipamentos continuarão a ser multi-propósitos, servindo para vários processos distintos.

O transporte de materiais é realizado por um corredor principal no centro do galpão.

O layout foi estruturado para ser montado em metade do galpão, ficando a outra metade livre para futura expansão.

Os estoques de produtos acabados e estoques de matérias-primas ficam próximos das docas que o receberão. A área de embalagem, onde os materiais ficarão para serem analisados pelo Controle da Qualidade e também serem lacrados, está posicionado entre os processos produtivos e o estoque de produtos acabados.

Não serão necessárias mudanças na estrutura do edifício.

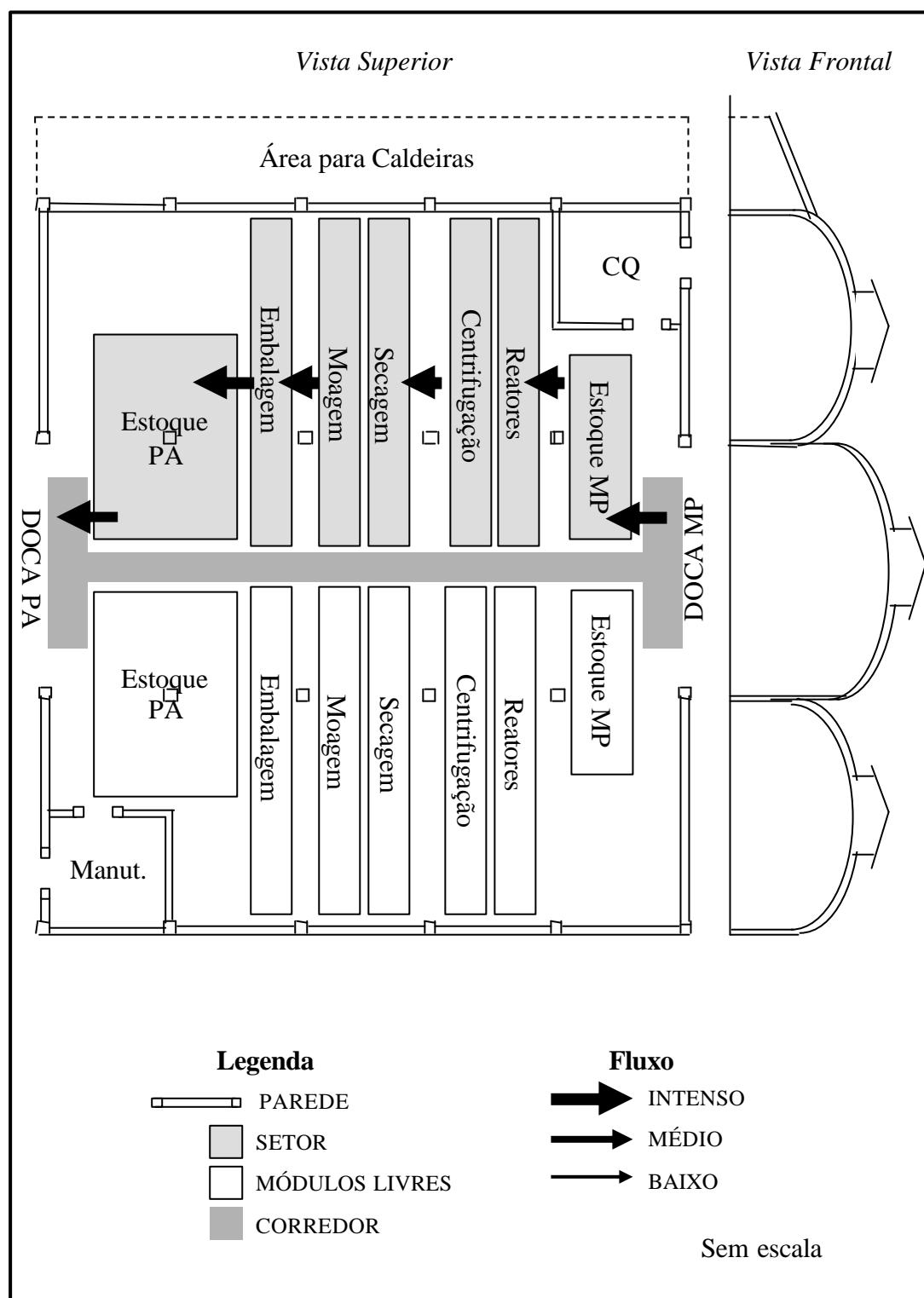


Figura 29 : Layout candidato C. Elaborado pelo autor.

4.7.4 LAYOUT CANDIDATO D – CÉLULAS E PROCESSOS

A figura 30 representa o layout C. Este é o layout foi construído em cima do layout anterior, por processos, mas manteve parte das células de fabricação. As operações de reação e centrifugação serão realizadas na célula, enquanto os processos os outros processos serão realizados em setores funcionais.

O transporte de materiais é realizado por um corredor principal no centro do galpão e outro secundário entre os estoques e as famílias.

O layout foi estruturado para ser montado em metade do galpão, ficando a outra metade livre para futura expansão.

Os estoques de produtos acabados e estoques de matérias-primas ficam próximos das docas que o receberão. A área de embalagem, onde os materiais ficarão para serem analisados pelo Controle da Qualidade e também serem lacrados, está posicionado entre os processos produtivos e o estoque de produtos acabados.

Não serão necessárias mudanças na estrutura do edifício.

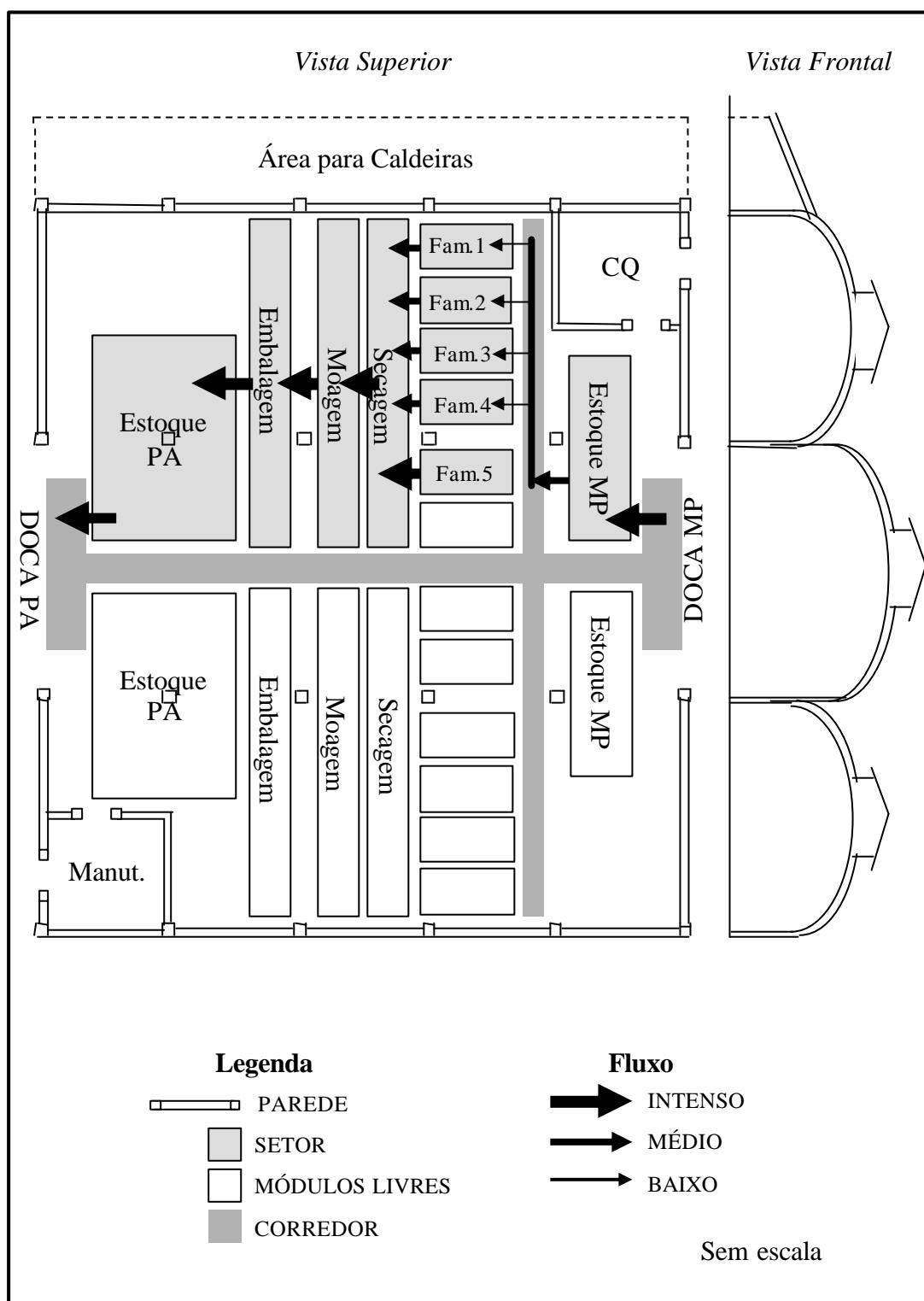


Figura 30 : Layout candidato D. Elaborado pelo autor.

5 ESCOLHA E DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO

Com a definição das alternativas, este capítulo tratará da escolha da melhor solução, do detalhamento da mesma e de um plano de implantação.

5.1 ESCOLHA DA SOLUÇÃO

Para a escolha do layout a ser implantado, será utilizado o método de avaliação da análise de fatores dentre os métodos apresentados por [MUTHER, 1978].

A razão desta escolha está no fato da empresa não possuir nem ser capaz de levantar as vantagens e desvantagens em termos monetários em curto espaço de tempo, a fim de decidir qual o melhor layout. Portanto, o método da análise de fatores que pondera a decisão sobre fatores intangíveis (que não podem ser quantificados) é o mais apropriado.

Este método segue, em resumo, os seguintes procedimentos:

- Listar os fatores significativos e importantes para a tomada de decisão;
- Ponderar os fatores listados;
- Avaliar cada fator em relação a cada candidato;
- Totalizar a pontuação de cada candidato e escolher o melhor layout pela maior pontuação.

5.1.1 FATORES RELEVANTES À ESCOLHA

A seguir serão apresentados os fatores e a descrição dos mesmos.

1 - Eficiência do fluxo de materiais

Fluxo de materiais compreende transporte de materiais dentro da fábrica, de matérias-primas, produtos acabados e intermediários.

2 - Eficiência de estocagem e expedição

Este fator verifica a proximidade do final das linhas de produção com a área de estoque dos produtos acabados e com a área de embarque dos caminhões e a proximidade do estoque de matérias-primas com o início das linhas de produção e com o descarregamento das matérias-primas.

3 – Utilização do espaço

O aproveitamento do espaço pelo layout deve ser racional, eficiente e se possível criar o máximo de áreas livres para futuras expansões.

4 – Facilidade de supervisão, programação e controle

O layout deve facilitar a administração da fábrica e dos processos.

5 – Eficiência na integração dos serviços de suporte

Devem ser consideradas as relações dos setores produtivos com demais setores (departamentos).

6 – Visualização da produção

Acompanhamento e rastreabilidade da produção, visualização de estoques intermediários.

7 – Higiene e segurança

Observar se o sistema de movimentação de materiais é seguro e os estoques na fábrica não oferecem riscos, alem de existir completa higiene dos ambientes de trabalho.

8 – Satisfação do trabalhador e ergonomia

Organização do trabalho, condições ambientais locais, adaptação do funcionário ao sistema, conforto e outros.

9 – Facilidade de instalação de máquinas

Transporte, fixação, ajustes, instalação de máquinas e equipamentos no local determinado pelo novo layout.

10 – Flexibilidade do layout

Possibilidade de alterações no novo layout com deslocamento de máquinas, alterações no sistema de movimentação e na área de estoques ou instalações de novos equipamentos.

11 – Menor necessidade de novas máquinas, equipamentos e construções.

Procura utilizar da melhor forma possível todos insumos atuais, evitando trocas e compras de novas máquinas e equipamentos, além de minimizar as mudanças estruturais.

12 – Menores custos de implantação

Importante fator na avaliação do layout, requerendo o mínimo de gastos com a implantação, treinamento, mão-de-obra e etc.

5.1.2 PESOS E PONTUAÇÃO

Os fatores possuem escalas de prioridades distintas, assim foram atribuídos pesos de 1 a 10 para cada fator, adotados pelo autor seguido a importância verificada durante a escolha dos fatores.

Para cada fator, as alternativas receberam notas de 1 a 10 distribuídas pelo autor com base nas características pré-definidas durante a criação e desenvolvimento. Esta pontuação foi dada pelo autor com ajuda indireta do gerente industrial. No final da avaliação, a opinião da gerência será considerada no desempate, caso seja necessário.

<i>Fator</i>	<i>Peso</i>	<i>Alternativas</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1 - Eficiência do fluxo de materiais	10	9	10	5	6
2 - Eficiência de estocagem e expedição	6	10	6	6	6
3 – Utilização do espaço	5	7	8	6	6
4 – Facilidade de supervisão, programação e controle	6	8	6	3	4
5 – Eficiência na integração dos serviços de suporte	3	8	8	7	7
6 – Visualização da produção	5	10	8	3	4
7 – Higiene e segurança	6	9	9	8	8
8 – Satisfação do trabalhador e ergonomia	7	9	9	5	5
9 – Facilidade de instalação de máquinas	4	9	7	7	7
10 – Flexibilidade do layout	7	8	8	6	6
11 – Menor necessidade de novas máquinas, equipamentos e construções.	6	7	7	9	9
12 – Menores custos de implantação	8	8	8	7	7
TOTAL		622	583	433	454

Tabela 20: Avaliação das alternativas. Elaborado pelo autor.

5.1.3 RESULTADO DA AVALIAÇÃO

O método de *Avaliação de Análises de Fatores* classificou as alternativas, como resumido abaixo:

1º. – Alternativa A 622

2º. – Alternativa B 583

3º. – Alternativa D 454

4º. – Alternativa C 433

Pela avaliação, não se pode afirmar qual alternativa é melhor devido a pouca diferença de pontos obtidos pelo processo. Assim, acrescentam-se as preferências da empresa, representadas pela opinião da Gerência Industrial.

Conforme o mesmo, a *Alternativa A* representa a melhor opção para a empresa, pois apesar desta solução ser muito semelhante a *Alternativa B*, ela é mais atraente pois as famílias ficam próximas a parede, por onde passarão dutos e fios elétricos para seu funcionamento. Os estoques também ficam bem definidos no centro do galpão, não existindo problemas referentes às colunas de sustentação, o que ocorre com a *Alternativa B*. A *Alternativa C* e a *Alternativa D*, que agrupam alguns equipamentos por função, não tiveram boa avaliação pelo gerente.

Acrescentada a opinião da empresa, a qual o autor concorda, e devido o fato desta representar a de maior pontuação, fica definida como alternativa escolhida a *Alternativa A – Células Verticais*.

5.2 DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO

5.2.1 REFINAMENTO

Nesta etapa foi efetuado um estudo mais detalhado do layout escolhido. A posição dos equipamentos foi definida, assim como a distribuição dos porta-paletes nos estoques.

Os equipamentos foram posicionados tendo em vista o melhor fluxo de material interno à célula e o melhor fluxo de material com os demais setores. A opinião da gerência industrial foi consultada para um melhor posicionamento.

Nas próximas figuras, pode-se se ver o detalhamento da solução.

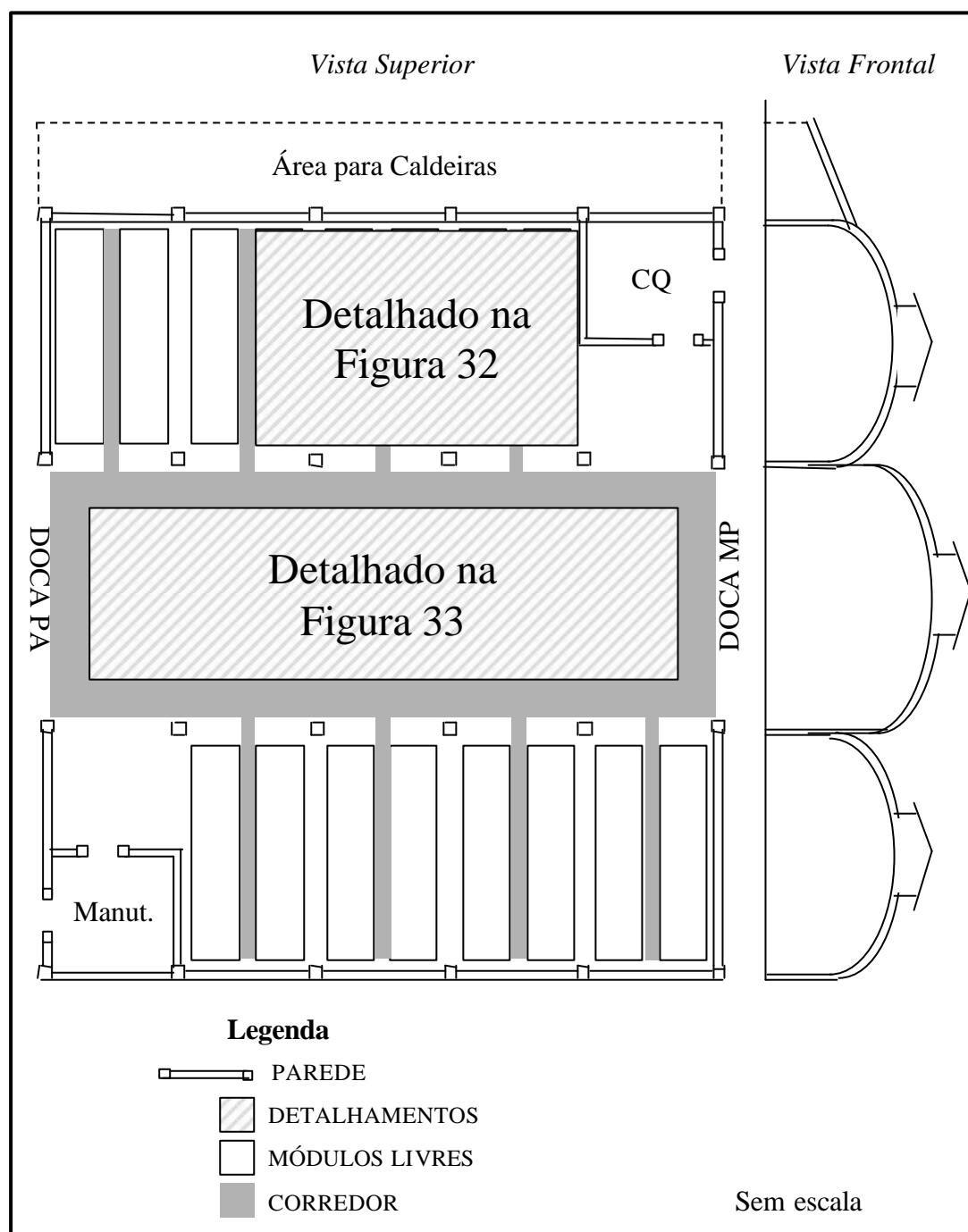


Figura 31 : Layout final. Elaborado pelo autor.

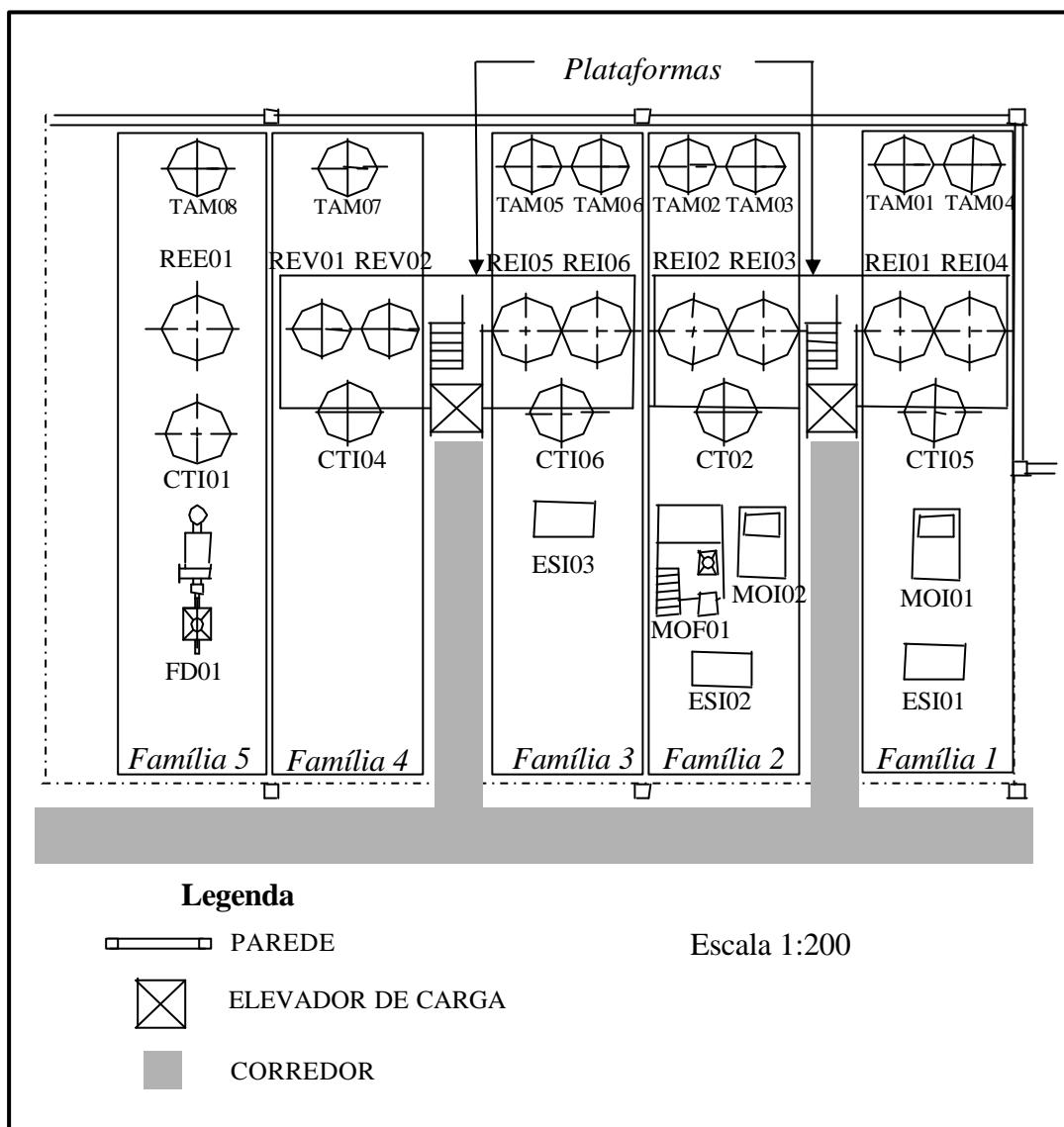


Figura 32 : Detalhe das famílias. Elaborado pelo autor.

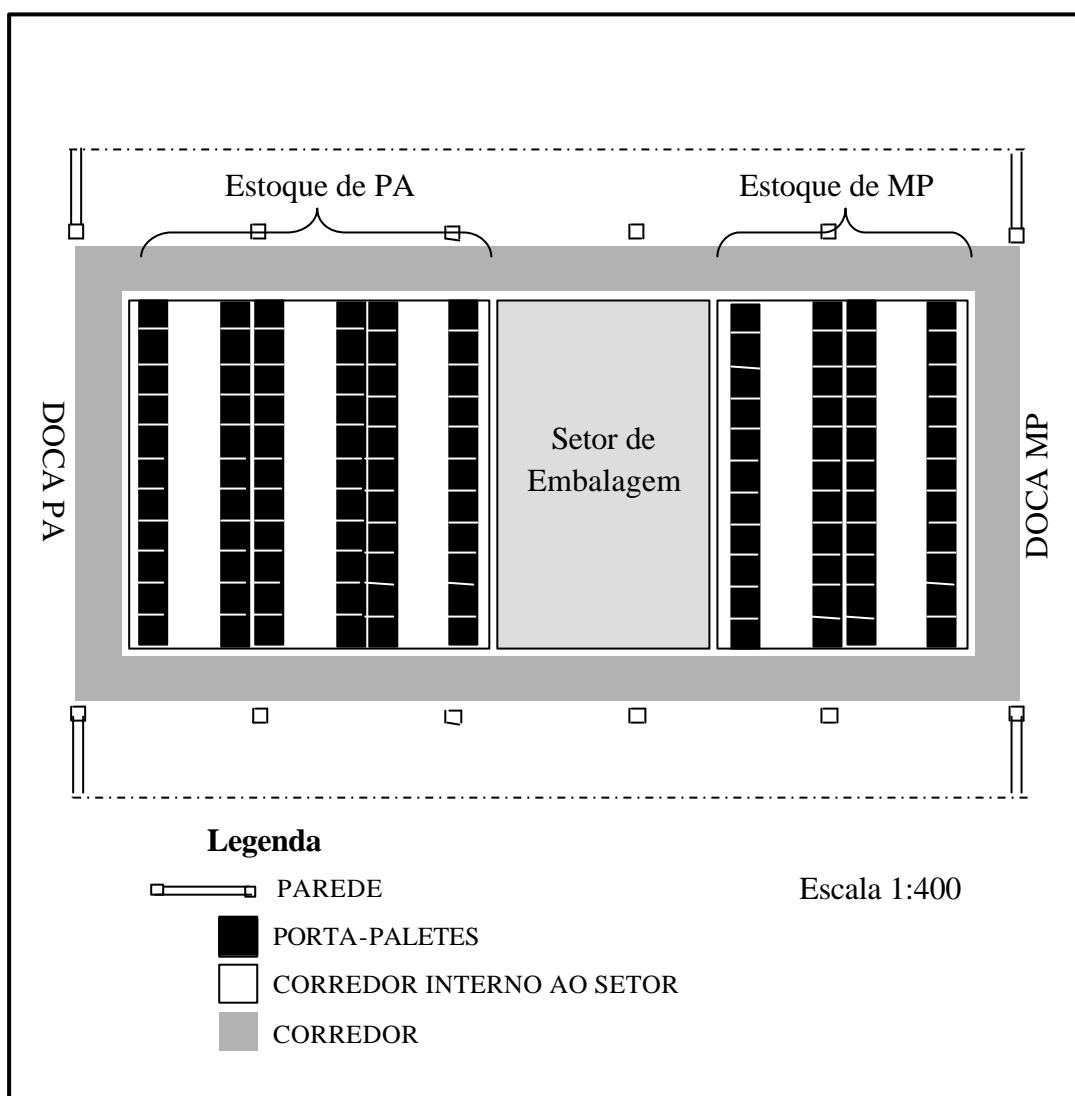


Figura 33 : Detalhe dos estoques e área de embalagem. Elaborado pelo autor.

5.2.2 GESTÃO DA OPERAÇÃO

O quadro de funcionários na planta atual de forma simplificada consiste de operários específicos para cada setor, com funções restritas a um posto de trabalho, controlados por um supervisor. Outros funcionários se encarregam do controle da qualidade, transporte e manutenção.

No novo layout desenvolvido, a proposta é reduzir as diferenças de funções e salários. Um grupo de funcionários homogêneo multifuncional se especializa em uma família de produtos, formando para o caso atual 5 grupos de operários. Os

demais funcionários ficariam encarregados do transporte, manutenção geral e controle da qualidade.

Um dos princípios de layout em Célula é o autocontrole, assim apareceriam poucos níveis hierárquicos, havendo elevação das responsabilidades e funções individuais.

Neste trabalho não será estudado e detalhado o *Organograma* de funcionários das Células, nem *Fichas de Cargos, Responsabilidades* (para cada tipo de operário), *Documentos* utilizados (Boletins, Fichas de controle estatístico do processo, etc.) e outros aspectos que necessários para a gestão das células ou famílias. Estes itens não serão apresentados pois saem da área de estudo deste trabalho, necessitando de pesquisa na área de *Organização do Trabalho na Produção*.

5.2.3 IMPLANTAÇÃO

Definido o layout e tendo-o detalhado, é necessário definir as etapas para partir do estado atual para a nova configuração de layout na *planta filial*. Para isso será realizado um estudo simplificado de tarefas necessárias para a realização da mudança.

Tarefas

1 – Projeto detalhado de layout em escala 1:50; planta com máquinas, equipamentos, postos de trabalho e etc.

2 – Estudo de tempos de produção da máquina, ritmo do operador, capacidade da célula. Tudo isso para dimensionar número de pessoas por célula e outros aspectos do projeto dos processos.

3 – Projetos detalhado de layout em escala 1:50 com rede elétrica (fiação, cabines de força, interruptor, tomadas de luz, máquinas, etc), dutos para matérias-primas e vapor.

4 – Levantamento de mão-de-obra, treinamento, máquinas e equipamentos necessários para o novo layout.

5 – Levantamento detalhado de fornecedores e custos de suprimentos, máquinas e equipamentos (materiais para adequação do piso fabril, plataformas e fundações para instalação dos equipamentos, empilhadeiras e etc).

6 – Programa com instruções/seqüência e montagem da estrutura física do layout; quando e como movimentar equipamentos, instalar utilidades, construções, etc.

7 – Orçamento do projeto, somatório dos custos do projeto incluindo a instalação.

8 – Estudo de viabilidade técnica e econômica, tempo de retorno, benefícios e avaliação final.

9 – Formulação de um programa piloto, com todas as etapas acima redigidas para apresentação à Diretoria.

10 – Discussão para aprovação do programa piloto: apresentação à diretoria do programa e reavaliação das etapas, com correções e modificações necessárias.

11 – Documentação e sistemas; Relatórios de produção, boletins de controle, formulários, programação de células, fichas de cargos e responsabilidades, etc.

12 – Treinamento dos funcionários envolvidos no novo layout; operários, mecânicos, operadores de empilhadeira, supervisores, etc.

13 – Compra de materiais e equipamentos necessários; fios, cabos elétricos, pisos, tintas, dutos, etc.

14 – Compra de máquinas e equipamentos do novo layout (plataformas e empilhadeiras).

15 – Adequação do local onde será implantado o novo layout.

16 – Obra de infra-estrutura; readequação do piso fabril, ligação de utilidades, montagem das plataformas, montagem dos porta-paletes, demarcação do piso para as células, etc.

17 – Fixação e instalação do layout novo (equipamentos), ligação das utilidades.

18 – Teste de funcionamento nas células e ajustes/regulagens de equipamentos.

19 – Início da produção.

Determinação do tempo necessário e precedência das tarefas

Tarefa	Descrição	Precedência	Duração (dias)
1	Projeto do layout		15
2	Projeto de processos	1	10
3	Projeto de utilidades	1	12
4	Listagem de recursos	1,3	3
5	Materiais utilizados	1,3,4	3
6	Programa de obras	1	6
7	Orçamento	5	2
8	Estudo de viabilidade	2,7	3
9	Projeto piloto completo	7,8	20
10	Avaliação para aprovação	9	5
11	Documentação do sistema	9	15
12	Treinamento	9	15
13	Compra de materiais p/ instalação	10	10
14	Compra de equipamentos	10	10
15	Adequação do novo local	6,10	7
16	Obra de infra-estrutura	6,13,15	9
17	Instalação do novo layout	6,16,14	5
18	Ajustes e testes	17	15
19	Início da produção	11,12,18	

Tabela 21: Tarefas, precedências e durações. Elaborado pelo autor.

Cronograma de atividades: Gráfico de GANTT

Cronograma para realização do projeto completo, com base nas tarefas e tempos de realização elaborados anteriormente. Considera-se início do projeto em janeiro de 2004. O gráfico de GANTT está representado na próxima figura.

Escolha e detalhamento da solução

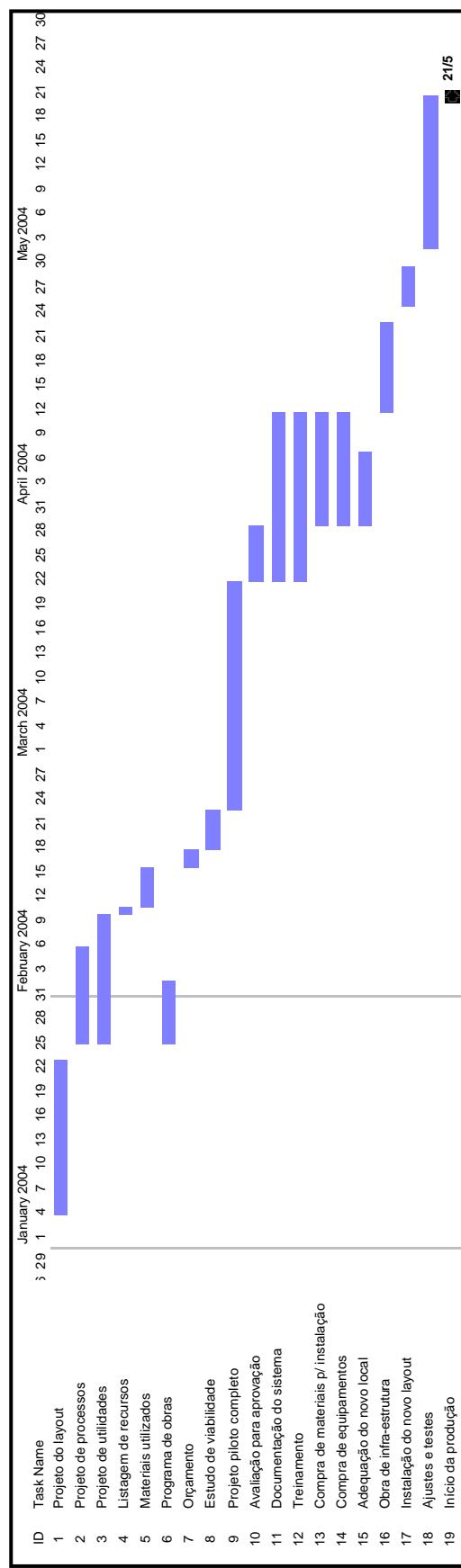


Figura 34 : Cronograma de implantação. Elaborado pelo autor.

5.2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste item, as estimativas de investimentos e benefícios serão analisados e comparados dentro de um instrumento de análise financeira para que se possa chegar a uma estimativa sobre a viabilidade econômica do projeto.

Investimentos

Para a estimativa de investimento do projeto, serão considerados apenas os investimentos de infra-estrutura necessários ao projeto. Outros investimentos de menor importância em capital (como treinamento, contratação de pessoal, setup inicial e etc) não serão considerados neste estudo de viabilidade.

<i>Investimento estimado</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Novos equipamentos	50.000
Civil/estruturas (instaladas)	100.000
Tubulação (instalada)	80.000
Instalação Elétrica (instalada)	60.000
Engenharia	40.000
Licenças	10.000
Total	430.000

Tabela 22: Investimento estimado. Fonte: Gerência Industrial

Benefícios

Para o cálculo dos benefícios associados ao projeto, serão considerados apenas aqueles advindos do aumento da capacidade produtiva da empresa. Outros benefícios indiretos, como redução nos custos de produção, melhora no fluxo de materiais, aumento da segurança e da satisfação do trabalhador e etc, não serão contabilizados por serem de difícil estimativa e de menor importância em capital.

O valor do aumento da capacidade produtiva da empresa será medido multiplicando-se o incremento de capacidade produtiva pelo lucro esperado por unidade.

O valor do incremento (aumento) de capacidade para cada produto com o novo layout, calculado com base nas informações do item 4.2., se encontra na tabela abaixo. Os lucros esperados por unidade de cada produto foram estimados com base em informações da Gerência comercial.

É importante ressaltar que o valor total destes benefícios irá depender da utilização máxima de toda a capacidade produtiva. Alterações na demanda podem alterar significativamente estes resultados.

<i>Produto</i>	<i>Aumento da capacidade (ton/ano)</i>	<i>Lucro estimado (R\$/ton)</i>	<i>Lucro incremental (R\$/ano)</i>
Cloreto estanoso	180	150,00	27.000,00
Fosfato de potássio	395	200,00	79.000,00
Fosfato de zinco	0	200,00	0,00
Fluossilicato de sódio	500	100,00	50.000,00
Molibdato de amônio	130	150,00	19.500,00
Molibdato de sódio	90	150,00	13.500,00
Sulfato de amônio	70	300,00	21.000,00
Sulfato de potássio	110	300,00	33.000,00
Total			243.000,00

Tabela 23: Benefícios devidos ao aumento de capacidade. Elaborado pelo autor.

Assim, conclui-se que os benefícios anuais do projeto serão de R\$243.000,00.

Análise Financeira

Com base nos cálculos anteriores, percebe-se que o projeto terá um investimento inicial estimado em R\$430.000 e benefícios anuais estimados em

R\$243.000. O demonstrativo financeiro para 5 anos está na figura abaixo, considerando todas projeções constantes.

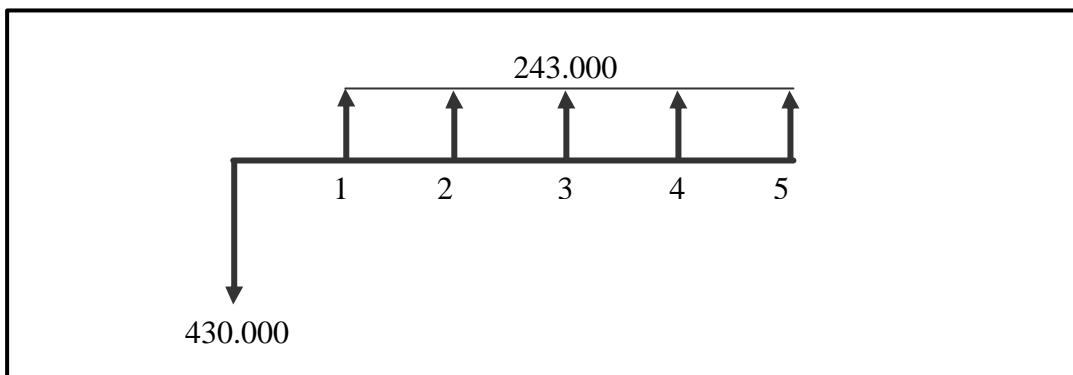


Figura 35 : Demonstrativo de viabilidade econômica para 5 anos. Elaborado pelo autor.

Somente considerando o resultado advindo do aumento da capacidade, percebe-se que o projeto é viável e se paga em menos de 2 anos. Na realidade, este projeto paga-se em menos tempo ainda pois o estudo foi realizado subestimando-se os benefícios e superestimando o investimento, além de não considerar outros benefícios indiretos citados.

Por fim, ressalta-se que este projeto tem um caráter estratégico para a empresa e suas mudanças afetarão de maneira profunda a estrutura da mesma. Os resultados positivos desta estimativa de viabilidade econômica apenas reafirmam a validade deste projeto, já que necessidades difíceis de serem avaliadas financeiramente (como segurança e meio ambiente) já justificavam a implementação do mesmo frente a empresa.

6 CONCLUSÃO

Com a solução obtida, trata-se agora dos benefícios de projeto e outros resultados.

6.1 BENEFÍCIOS DO PROJETO

6.1.1 ADMINISTRAÇÃO

Facilidade de organização, programação e controle da produção

Com o agrupamento de produtos em famílias e com os operários trabalhando em equipe, será mais fácil à organização, programação e controle da produção.

Facilidade de visualização da produção

O controle de estoque de produtos acabados, em processo e matérias-primas ficará mais fácil, com imediata visualização devido à reunião em célula. Outra facilidade será em relação a rastreabilidade do material.

6.1.2 FLUXO DE MATERIAIS

Segurança

Devido à redução de distâncias entre setores, o transito de empilhadeiras será consideravelmente menor. A área de produção e os postos de trabalho possuem menor transito de veículos também, que ficam confinados nos corredores.

Agilidade

O sistema de transporte na nova planta ficará mais veloz, devido às distâncias menores e a menos manobras necessárias. Isto evitará paradas por falta de empilhadeiras, como ocorre atualmente.

Redução de intensidade de transporte

Considerando a mesma produção para as duas situações, e iguais quantidades de materiais transportados entre setores, são realizadas comparações de intensidade de transporte, para o atual processo (calculadas no capítulo 2) e projeções para a solução obtida (calculadas no capítulo 4).

Para facilitar a comparação, os cálculos serão agrupados nas famílias de produtos, inclusive para a situação atual da empresa. As formas de intensidade de transporte calculadas são:

1) Número de viagens: (N.V.)

Número de viagens realizadas

2) Momento de transporte: (ton x m)

Peso do material transportado x distância percorrida

Verifica-se uma redução na intensidade de transporte de materiais, para os dois casos, como se pode ver na tabela a seguir:

<i>Família</i>	<i>Número de viagens anual (N.V.)</i>		<i>Momento de transporte anual (ton x m)</i>	
	<i>Atual</i>	<i>Solução</i>	<i>Atual</i>	<i>Solução</i>
1	949	584	72.250	17.520
2	1640	870	108.550	26.100

3	1510	1.100	144.100	35.800
4	1168	1.168	154.125	37.720
5	3825	2.550	274.125	89.250
TOTAL	9.092	6.272	753.150	206.390

Tabela 24: Comparação de intensidade de transporte. Elaborado pelo autor.

Há uma redução 2.820 *viagens anuais* com a solução, representando uma queda de 30% do total, razoavelmente significativa. Esta diferença é gerada porque a maior parte do transporte atual será realizado dentro da célula, não necessitando de transporte de empilhadeiras.

Para o momento de transporte, observa-se uma queda de 546.760 *ton x m*, ou 73% do total atual. Esta diferença vem do fato das distâncias serem bem menores com o novo layout.

Com o novo layout em células, o cruzamento do fluxo de materiais diminuirá visivelmente. Os produtos percorriam caminhos em zig-zag, indo e voltando, até chegarem a expedição. Os processos na situação atual estão posicionados de forma funcional, fazendo os produtos percorrerem caminhos complexos. Já no novo layout os caminhos percorridos são bem mais simples, consistindo basicamente por:

- Transporte do estoque de matérias-primas às famílias (células);
- Transporte do material das famílias (células) à área de embalagem para inspeção e colocação do lacre;
- Transporte para o estoque de produtos acabados;
- Expedição.

6.1.3 PRODUÇÃO

Redução dos estoques intermediários

A quantidade de estoque intermediário entre os processos de centrifugagem e secagem e, também entre a secagem e moagem, será menor devido ao sistema produzir apenas o necessário dentro das células. Com isso há ganho de espaço e redução do capital em materiais em processo.

Aumento da qualidade

Devido à rastreabilidade do processo, aumento da satisfação do trabalho, menor monotonia dos trabalhadores, controle de qualidade dentro das células de manufatura e atenção especial às quebras de máquinas e defeitos na produção espera-se um aumento da qualidade no produto final.

Ganho de espaço

O novo layout apresenta módulos (áreas) livres, que possibilitam a expansão das atuais células ou a criação de novas células. A área utilizada pelas famílias atuais representa apenas 30% do espaço reservado no layout para famílias de produtos.

Aumento da capacidade produtiva total

O novo layout resultou num significativo aumento da capacidade total. Isto devido principalmente à eliminação dos gargalos de produção dentro das famílias, com a alocação mais adequada dos equipamentos.

A capacidade atual da planta matriz e a projeção de capacidade para o novo layout, calculado com base nas informações do item 4.2., se encontram na tabela abaixo. Todos os cálculos de capacidade são para situações normais de produção, com turno único de trabalho (sem horas extras). Para os produtos que dividem a mesma família, pode existir um *trade-off* entre eles, isto é, a capacidade máxima de

produção de um dos produtos pode comprometer a capacidade do outro, devido ao uso comum de certos equipamentos.

<i>Produto</i>	<i>Capacidade (Kg/ano)</i>		<i>Aumento</i>	
	<i>Atual</i>	<i>Solução</i>	<i>Diferença (Kg/ano)</i>	<i>%</i>
Cloreto estanoso	400.000	580.000	180.000	45%
Fosfato de potássio	90.000	485.000	395.000	440%
Fosfato de zinco	140.000	140.000	0	0%
Fluossilicato de sódio	1.000.000	1.500.000	500.000	50%
Molibdato de amônio	130.000	260.000	130.000	100%
Molibdato de sódio	240.000	330.000	90.000	38%
Sulfato de amônio	100.000	170.000	70.000	70%
Sulfato de potássio	270.000	380.000	110.000	40%

Tabela 25: Aumento da capacidade prevista. Elaborado pelo autor.

6.1.4 ARMAZENAGEM

Melhor organização do espaço nos estoques

A aproximação das famílias de produção com os estoques facilita o escoamento dos produtos acabados e a busca de matérias-primas. O uso de dois portões, um para receber material e outro para expedição também contribui para a melhor organização dos estoques, devido o aumento da acessibilidade aos mesmos.

Aumento no tamanho dos estoques

O estoque de produtos acabados ocupará no novo layout uma área aproximada de $300m^2$, com porta-paletes de capacidade para mais de 250 paletes. A área de estoque de matérias-primas ocupará no novo layout uma área aproximada de $200m^2$, com porta-paletes de capacidade para mais de 150 paletes.

6.1.5 CUSTOS

A redução de custo ocorrerá principalmente devido:

Menos estoque intermediário

Menor quantidade de material em processo. E redução de gastos com equipamentos de transporte destes materiais.

Menos inventários

Menos operações administrativas de contar, cadastrar, conferir, emitir relatórios. Redução de serviços, tempo gasto na tarefa e utilização de equipamentos.

Aumento da qualidade

Aumento da produtividade, com menores índices de perdas, quebras de máquinas e retrabalho, levam à economia de recursos utilizados.

Melhor sistema de transporte

O sistema de transporte requer menores esforços (menor solicitação de carga) possibilitando aumento da vida útil e gastos com manutenção.

6.1.6 PESSOAL

Enriquecimento de cargos

Enriquecimento de cargos através do “empowerment”, com treinamento para operação em diversos tipos de equipamentos (versatilidade), auto-controle sobre as células de manufatura e outros.

Melhor conhecimento do processo

Conhecimento global dos processos: produção (operação das máquinas), projeto (peças e funcionamentos das máquinas), manutenção e controle da qualidade.

Autocontrole

O funcionário é o “dono do processo”, responsável assim como toda sua equipe pelo bom funcionamento da célula. O trabalho é feito em grupo, todos fiscalizam e se responsabilizam. Uma boa produção é recompensada através de benefícios e prêmios. Isto também aumenta seu prestígio, reconhecimento e importância.

Aumento da satisfação e da produtividade

As consequências do autocontrole e do enriquecimento dos cargos levam à motivação, mais interesse e identificação com os objetivos do trabalho. Melhores resultados podem vir disto.

Homogeneização de responsabilidades e salários

Menor quantidade de graus hierárquicos com funcionários polivalentes, criando um ambiente de maior harmonia, reduzindo diferenças, competições, discórdias entre funcionários.

6.2 RESUMO DOS BENEFÍCIOS

Resumo dos benefícios obtidos pelo projeto, detalhados no item anterior:

- Facilidade de organização, programação e controle da produção, devido ao agrupamento de produtos em famílias de forma a trabalharem em equipe;
- Facilidade de rastreabilidade dos materiais e visualização da produção;
- Redução da intensidade de transporte de materiais, beneficiando manutenção, menor desgaste e custos de operação de empilhadeiras, além de tornar o transporte mais ágil. Também contribui para tornar o ambiente mais seguro, mais agradável e menos poluído para os operários;
- O sistema de produção proposto visa aumento da qualidade (pela atenção aos gargalos de produção e equipamentos críticos ou problemáticos) e redução de estoque intermediário com ganho de espaço;
- Melhorias na organização dos estoques e aumento no número de espaços nos porta-paletes;
- Também há redução esperada dos custos de transporte e de inventários;
- A nível pessoal, também há melhorias, com enriquecimento de cargos, maior responsabilidade e participação no trabalho. Esses fatores estimulam a motivação e interesse pelo trabalho.

Além desses benefícios qualitativos, também se podem descrever valores quantitativos:

- Redução de 30% no número de viagens com a empilhadeira;
- Redução de 73% no momento de movimentação;
- Uso de apenas 30% do espaço total reservado para famílias de produtos;
- Estoque para aproximadamente 250 paletes de produtos acabados e de 150 paletes de matérias-primas;
- Aumento de capacidade prevista conforme tabela 21 (item 6.1.3, acima).

6.3 AVALIAÇÃO

Ao final deste processo de pesquisa, criação, desenvolvimento, avaliação e correção, concluiu-se que as metas planejadas foram atingidas com boa eficiência. As etapas de estudo de layout realizadas contribuíram para compreensão do processo produtivo, familiarização com a fábrica e é claro, com o método didático.

A construção deste projeto foi um trabalho de grande interesse que despertou entusiasmo e criatividade pelas possibilidades que oferece e grande abrangência de áreas relacionadas, como: planejamento da produção e controle de estoque, administração (definição de cargos e responsabilidades) do nível de chão de fábrica à gerência, preocupação com produtividade, motivação, higiene e segurança do trabalho entre outros.

Este estudo também revelou a viabilidade da mudança de layout visando melhorias em diversos campos. Para isso, são necessários investimentos com retorno a médio e longo prazo, mais inúmeros benefícios intangíveis. Também há alguns riscos inerentes ao projeto, como a modificação de processo já em regime por um novo tipo de arranjo ainda não experimentado pela empresa.

Basicamente não há alterações no processo produtivo (maquinário, processos, etc), ficando a maior diferença no arranjo físico desenvolvido (arranjo celular) e na administração, movimentação e armazenagem.

Os valores são reais da empresa e estimados pelo autor quando não disponíveis, cálculos e métodos de desenvolvimento foram pesquisados a fim de fazer algo o mais próximo da modelagem real.

Confrontando os custos e riscos com os benefícios, o autor conclui que este projeto é vantajoso e é mais um passo necessário na modernização e crescimento da empresa em questão.

7 BIBLIOGRAFIA

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N.. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.**São Paulo: Atlas, 1993.

GOMIDE, R.. **Operações Unitárias: Operações com sistemas sólidos granulares.** São Paulo, R. Gomide, 1980.

GOMIDE, R.. **Operações Unitárias: Separações Mecânicas.** São Paulo, R. Gomide, 1980.

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

LEE, Q.. **Facilities and workplace design: as illustrated guide.** Norcross, EMP Books, 1996.

MUTHER, R.. **Planejamento do layout: Sistema SLP.** São Paulo, Edgar Blücher, 1978.

SANTORO, M C.. **Planejamento, programação e controle da produção.** São Paulo: EPUSP, 2003. (Apostila)

SLACK, Nigel.. **Administração da produção.** Revisão técnica Henrique Correa, Irineu Ganesi. São Paulo: Atlas, 1996.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. ESCOLA POLITECNICA. SERVIÇO DE BIBLIOTECAS. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses.** 2^a edição.São Paulo, 2001.

ANEXO A: FLUXO DE MATERIAIS

Os fluxos de materiais foram arredondados e simplificados para conter apenas as viagens importantes e significativas. Todo material líquido não entrou como transporte, pois não impacto na intensidade de fluxo.

Fluxo de materiais: *Cloreto estanoso.*

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	268	300 ²⁴	60.000
Reator de vidro (REV)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	90	450	450	40.500
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	450	450	54.000
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	410	1.168	1.200	154.500
		▽	2			
		○	3			
		⇒	3			
		□	2			

Tabela 26: Fluxo de materiais do cloreto estanoso. Elaborado pelo autor.

²⁴ Quantidade de estanho transportado do armazém para reagir com ácido clorídrico vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando cloreto estanoso.

Fluxo de materiais: Fosfato de potássio.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	30	23 ²⁵	4.600
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	85	85	6.800
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	85	85	850
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	85	85	10.200
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	410	285	278	22.450
		▽	2			
		○	4			
		⇒	4			
		□	2			

Tabela 27: Fluxo de materiais do fosfato de potássio. Elaborado pelo autor.

²⁵ Quantidade de potassa cáustica transportada do armazém para reagir com ácido fosfórico vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando fosfato de potássio.

Fluxo de materiais: Fosfato de zinco.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Arma zém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	104	88 ²⁶	17.600
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	140	140	11.200
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	140	140	1.400
Moagem	Moer	○				
	Transporte	⇒	20	140	140	2.800
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	140	140	16.800
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	430	664	648	49.800
		▽	2			
		○	5			
		⇒	5			
		□	2			

Tabela 28: Fluxo de materiais do fosfato de zinco. Elaborado pelo autor.

²⁶ Quantidade de óxido de zinco transportado do armazém para reagir com ácido fosfórico vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando fosfato de zinco.

Fluxo de materiais: Fluossilicato de sódio.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens²⁷ por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Reator de vidro (REE)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	5	1.275	1.275	6.375
“Flash Dryer”	Secar	○				
	Transportar	⇒	90	1.275	1.275	114.750
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	1.275	1.275	153.000
Armazém	Estoque	▽				
TOTAL			215	3.825	3.825	274.125
▽		1				
○		4				
⇒		3				
□		1				

Tabela 29: Fluxo de materiais do Fluossilicato de sódio. Elaborado pelo autor.

²⁷ Todo o transporte das matérias-primas é feito por dutos vindos dos tanques, por isso não entram no cálculo do fluxo.

Fluxo de materiais: Molibdato de amônio.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percurso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	150	110^{28}	22.000
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	150	150	12.000
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	150	150	1.500
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	150	150	18.000
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	410	600	560	53.500
		▽	2			
		○	4			
		⇒	4			
		□	2			

Tabela 30: Fluxo de materiais do molibdato de amônio. Elaborado pelo autor.

²⁸ Quantidade de trióxido de molibdênio transportado do armazém para reagir com hidróxido de amônia vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando molibdato de amônio.

Fluxo de materiais: Molibdato de sódio.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	130	180 ²⁹	36.000
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	260	260	20.800
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	260	260	2.600
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	260	260	31.200
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	410	910	960	90.600
		▽	2			
		○	4			
		⇒	4			
		□	2			

Tabela 31: Fluxo de materiais do molibdato de sódio. Elaborado pelo autor.

²⁹ Quantidade de trióxido de molibdênio transportado do armazém para reagir com soda cáustica vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando molibdato de sódio.

Fluxo de materiais: Sulfato de amônio.

<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percorso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso³⁰ (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	80	80	6.400
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	80	80	800
Moagem	Moer	○				
	Transporte	⇒	20	80	80	1.600
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	80	80	9.600
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	230	320	320	18.400
	▽	1				
	○	5				
	⇒	4				
	□	1				

Tabela 32: Fluxo de materiais do sulfato de amônio. Elaborado pelo autor.

³⁰ As matérias-primas (hidróxido de amônio e ácido sulfúrico) vêm através dos dutos dos tanques, reagindo para formar sulfato de amônio.

Fluxo de materiais: Sulfato de potássio.

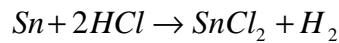
<i>Setor/ Equipamento</i>	<i>Operação</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Percuso (m)</i>	<i>Viagens por ano</i>	<i>Peso (ton/ano)</i>	<i>Intensidade de fluxo (ton.m)</i>
Armazém	Estocagem	▽				
	Inspeção	□				
	Transporte	⇒	200	100	100 ³¹	20.000
Reator de inox (REI)	Reagir	○				
Centrífuga (CTI)	Centrifugar	○				
	Transporte	⇒	80	305	305	24.400
Secagem	Secar	○				
	Transporte	⇒	10	305	305	3.050
Moagem	Moer	○				
	Transporte	⇒	20	305	305	6.100
Embalagem	Inspeção	□				
	Embalar	○				
	Transporte	⇒	120	305	305	36.600
Armazém	Estoque	▽				
		TOTAL	430	1320	1320	90.150
		▽	2			
		○	5			
		⇒	5			
		□	2			

Tabela 33: Fluxo de materiais do sulfato de potássio. Elaborado pelo autor.

³¹ Quantidade de potassa cáustica transportado do armazém para reagir com ácido sulfúrico vindo dos tanques (não incluso no fluxo), formando sulfato de potássio.

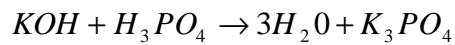
ANEXO B: REAÇÕES QUÍMICAS

Cloreto estanoso



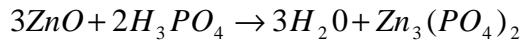
estanho + ácido clorídrico \rightarrow cloreto estanoso + hidrogênio

Fosfato de potássio



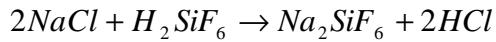
potassa cáustica + ácido fosfórico \rightarrow água + fosfato de potássio

Fosfato de zinco



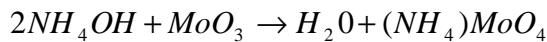
óxido de zinco + ácido fosfórico \rightarrow água + fosfato de zinco

Fluossilicato de sódio

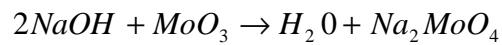


cloreto de sódio + ácido fluossilicico \rightarrow fluossilicato de sódio + ácido clorídrico

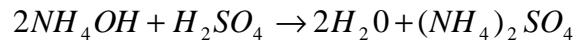
Molibdato de amônio



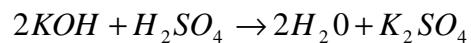
hidróxido de amônia + trióxido de molibdênio \rightarrow água + molibdato de amônio

Molibdato de sódio

soda cáustica + trióxido de molibdênio \rightarrow água + molibdato de sódio

Sulfato de amônio

hidróxido de amônia + ácido sulfúrico \rightarrow água + sulfato de amônio

Sulfato de potássio

potassa cáustica + ácido sulfúrico \rightarrow água + sulfato de potássio

ANEXO C: MATRIZ DE TECNOLOGIA DE GRUPO

		Produtos							
		Fosfato de zinco	Sulfato de amônio	Sulfato de potássio	Fosfato de potássio	Molibdato de amônio	Molibdato de sódio	Cloreto estanoso	Fluossilicato de sódio
Equipamentos									
TAM10									0
TAM09									0
REV02									0
TAM08								1	1
FD01								1	1
REE01								1	1
CTI01								1	1
TAM07							1	2	2
REV01							1	2	2
CTI04							1	2	2
REI06								4	4
TAM06								4	4
REI05					1			8	8
TAM05					1			8	8
CTI06					1	1		12	12
ESI03					1	1		12	12
REI04					1			16	16
TAM04					1			16	16
REI03		1			1			32	32
CTI03			1					32	32
TAM03			1					32	32
MOF01			1					32	32
REI02			1					64	64
TAM02			1					64	64
CTI02			1					64	64
MOI02			1					64	64
ESI02			1	1				96	96
MOI01	1					1		128	128
REI01	1					1		128	128
TAM01	1					1		128	128
ESI01	1					1		144	144
CTI05	1					1		144	144

Figura 36 : Matriz de tecnologia de grupo. Elaborado pelo autor.