



Mirna de Borba^(a), Monica Maria Mendes Luna^(b),
Fernanda Antunes Batista da Silva^(c)

^(a)Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil / mirna.borba@ufsc.br

^(b)Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil / monica.luna@ufsc.br

^(c)Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil / fernanda.antunes89@gmail.com

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO PARA MICROEMPRESA BASEADO NO PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LAYOUT (SLP)

RESUMO

Na elaboração de um arranjo físico ou layout, procura-se dispor, da melhor forma, máquinas, equipamentos e materiais participantes do processo produtivo visando à eficiência dos processos e a redução de custos. Para isso, devem ser considerados aspectos relativos à movimentação de materiais e pessoas, transporte, capacidade produtiva, estoques de matéria prima e de produto acabado, e espaço disponível. Este artigo apresenta uma proposta de arranjo físico para a nova instalação de uma microempresa de manufatura de medalhas, troféus e similares localizada na grande Florianópolis. O Planejamento Sistemático de Layout (SLP) foi o método usado para gerar e avaliar alternativas de arranjo físico neste trabalho. De natureza aplicada, este estudo qualitativo e descritivo, apresenta os procedimentos seguidos para definir o arranjo físico considerado mais adequado no caso da empresa.

Palavras-chave: Arranjo físico. Layout. Planejamento Sistemático de Layout. SLP.

LAYOUT PROPOSAL FOR A SMALL COMPANY BASED ON SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP)

ABSTRACT

The Layout Facility Planning aims at defining the best way to position machines, equipment and materials within a specific area in order to improve the production process efficiency and to reduce costs. So, aspects related to materials and people movement, production capacity, raw materials and finished product inventories must be considered. This paper presents a proposal of layout for a medals and trophies small manufacturer located in Florianópolis, Brazil. The Systematic Layout Planning (SLP) method was used to generate and assess several layout alternatives. This is a practical, qualitative and descriptive study, which presents the procedures applied to identify the best layout design for that company.

Keywords: Layout design. Systematic Layout Planning.SLP.

1. Introdução

O planejamento do arranjo físico orienta as decisões relativas à disposição física dos recursos que ocupam o espaço de uma instalação. As organizações devem buscar um *layout* que permita a integração de homens, materiais, máquinas, equipamentos e demais itens de apoio à fabricação garantindo a eficiência dos processos.

As abordagens adotadas nos problemas de definição do arranjo físico, ou *FacilityLayoutProblem*(FLP), podem ser voltadas à otimização ou ao projeto, como o caso do Planejamento Sistemático de *Layout* (*SystematicLayout Planning* - SLP) (HERAGU, 2006). Segundo Shahin e Poormostafa (2011), a abordagem de otimização usualmente simplifica as restrições e objetivos do arranjo físico, enquanto a abordagem de projeto incorpora aspectos tanto qualitativos quanto quantitativos em seu planejamento. O sucesso da abordagem de projeto depende da capacidade de gerar alternativas de arranjo físico de qualidade.

Este artigo tem como objetivo descrever um arranjo físico proposto para uma microempresa de manufatura de medalhas, troféus e similares, localizada na Grande Florianópolis. O aumento da demanda levou a referida empresa a adquirir, em 2012, um terreno para construção de uma nova fábrica. Com o objetivo de tornar o processo produtivo mais eficiente e racional, foi realizado o planejamento do arranjo físico desta instalação. Para tanto, foi aplicado o SLP – a fim de gerar e avaliar alternativas de arranjo físico – na definição do arranjo mais adequado ao caso.

O presente trabalho está estruturado em cinco seções. A Introdução apresenta a importância do tema, o objetivo do trabalho e a estrutura do mesmo. A segunda seção traz uma revisão teórica sobre arranjo físico, onde é tratado o método SLP (Planejamento Sistemático de *Layout*). Os procedimentos metodológicos são descritos na sequência. A classificação da pesquisa, a forma de coleta de dados e a descrição da empresa, bem como cada etapa da aplicação do método SLP e os resultados obtidos, fazem parte dessa seção. Uma análise dos resultados obtidos é feita na quarta seção. As conclusões são apresentadas na última seção.

2. Arranjo Físico

A elaboração de um arranjo físico ou *layout* consiste em definir onde posicionar máquinas, equipamentos e materiais participantes

do processo produtivo. É necessário que essa decisão considere aspectos relativos à movimentação, transporte, capacidade produtiva, tempo e estoques de matéria prima e de produto acabado (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Corrêa e Corrêa (2012) definem o arranjo físico como sendo a maneira como os recursos estão dispostos fisicamente dentro de uma instalação.

A influência do projeto de *layout* das instalações industriais sobre a produtividade do trabalho, os custos de fabricação e o *lead-time* é destacada por diversos autores (YANG; SU; HSU, 2000; WATANAPA; WIYARATN, 2011; SHAHIN; POORMOSTAFA, 2011; SANTOS; GOHR; URIO, 2011; SHEWALE; SHETE; SANE, 2012). Conforme destacam Xie e Sahinidis (2008), melhorias no projeto de *layout* podem contribuir para a redução dos custos operacionais das instalações em cerca de 50%.

O planejamento do arranjo físico não se limita à disposição racional de equipamentos e móveis mas, como afirma Borba *et al.* (1998), também é responsável pela alocação dos corredores, dos serviços auxiliares e de um ambiente físico apropriado às condições humanas de trabalho. O objetivo do planejamento do arranjo físico é definir um fluxo de trabalho mais eficiente do ponto de vista do custo de produção, o que acarreta numa melhoria em diversas outras áreas da produção (MAYER, 1990).

Alguns princípios devem nortear o planejamento de um arranjo físico visando promover um melhor ambiente de trabalho nas instalações, dentre os quais se destacam aqueles citados em Vieira (1976):

- Integração entre os funcionários, os materiais, as máquinas e as atividades;
- Minimização das distâncias, mantendo-se somente aquelas movimentações indispensáveis para o fluxo produtivo, a fim de evitar esforços inúteis e aumentos dos custos;
- Fluxo contínuo de material, buscando-se evitar cruzamentos, retornos, paradas e caminhos aleatórios;
- Racionalização do espaço, utilizando os espaços disponíveis da melhor maneira e, se possível, utilizando as três dimensões, visando diminuir principalmente a superfície de estocagem;
- Satisfação e segurança devem ser proporcionadas ao trabalhador para que este se encontre motivado e satisfeito;
- Flexibilidade, permitindo que o arranjo físico seja alterado para atender mudanças no processo produtivo.

2.1. As abordagens usadas para planejamento de arranjo físico

De acordo com a literatura, podem-se identificar duas principais categorias de soluções para os problemas de arranjo físico: as baseadas em técnicas de otimização e aquelas baseadas em procedimentos (YANG; SU; HSU, 2000; SHANIN; POORMOSTAFA, 2011; HERAGU, 2006). Os algoritmos de otimização simplificam as restrições e funções a serem consideradas no arranjo físico visando definir uma função objetivo. Os resultados obtidos, frequentemente, necessitam de modificações significativas (YANG; SU; HSU, 2000).

A abordagem de procedimentos, por outro lado, depende da qualidade das alternativas de arranjos geradas, as quais podem incorporar objetivos qualitativos e quantitativos. O processo de definição de arranjo nestes casos é realizado em várias etapas, as quais são resolvidas sequencialmente (YANG; SU; HSU, 2000). De acordo com Shanin e Poormostafa (2011), o SLP é o mais conhecido método para determinação de arranjo na área de gestão da produção.

2.2. Sistema SLP (*Systematic Planning Layout*)

O Sistema SLP (Planejamento Sistemático de *Layout*) foi elaborado por Richard Muther visando à sistematização de projetos de arranjo físico, uma vez que envolve uma estruturação de fases, um modelo de procedimentos e diversas convenções para a identificação, avaliação e visualização das áreas, equipamentos e máquinas envolvidas no planejamento do arranjo físico (MUTHER, 1978).

Dentre os trabalhos que utilizam o SLP na definição de arranjo físico, destacam-se: Yang, Su e Hsu (2000) definem um arranjo de uma fábrica de semicondutores com base neste método; Gilbert (2004) utiliza o método para planejar um escritório; Watanapa e Wiyaratn (2011) aplicam SLP numa fábrica de polias; Shewale, Shete e Sane (2012) elaboram um novo arranjo físico para uma fábrica de compressores; Santos, Gohr e Urio (2011) aplicam o planejamento sistemático de *layout* em uma fábrica de baterias automotivas.

As quatro fases que compõem a estrutura proposta por Muther (1978) estão representadas na figura 1: localização, arranjo físico geral, arranjo físico detalhado e implantação. Na primeira fase, deve-se determinar se o planejamento do arranjo físico será feito para uma nova instalação ou instalação existente e em

uso, ou seja, um rearranjo de *layout*. A segunda e terceira fases, as quais visam, respectivamente, estabelecer a posição relativa entre as áreas da empresa e a definição do local das máquinas, equipamentos, móveis, etc., são detalhadas e compõem o sistema de procedimentos SLP.

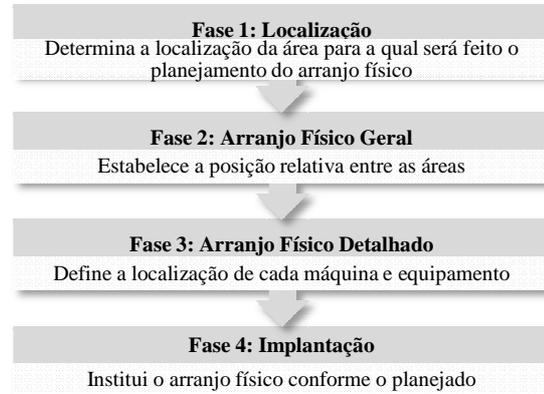


Figura 1 - As fases do Sistema SLP.

Fonte: Adaptado de MUTHER, 1978.

Pode-se observar que as atividades do planejamento do arranjo físico propriamente dito estão contempladas nas fases 2 e 3, que constituem o sistema de procedimentos do SLP, como ratificam Santos, Gohr e Urio (2011):

Todas as fases são inter-relacionadas entre si, de forma que as saídas da fase anterior sirvam de entradas para a fase seguinte. Entretanto, embora exista uma aparente relação de dependência entre as fases, o escopo do projeto pode ser delimitado em apenas uma ou duas fases, especialmente quando o SLP é aplicado no reprojeto de *layouts* existentes, que possuem necessidades mais específicas de melhoria.

O modelo de procedimentos, que envolve as fases 2 e 3 do sistema SLP, está representado na figura 2 e é utilizado neste estudo.

3. Procedimentos Metodológicos

A empresa objeto do presente estudo está localizada na região da Grande Florianópolis e, por motivos de confidencialidade, foi denominada Empresa Operari. Fundada em meados de 1980, na cidade de São José (Santa Catarina), a Operari é especializada na criação e confecção de troféus, medalhas, placas de homenagem e similares. Os pedidos são feitos por encomenda de acordo com modelo e quantidade definidos pelos clientes.

O aumento da demanda, a partir do ano de 2009, levou a empresa a adquirir uma nova área para ampliar suas instalações. Embora os setores produtivos mantenham-se na nova instalação, o proprietário adquiriu equipamentos para realizar a atividade de corte das chapas de acrílico na

própria empresa, até então terceirizada. Dessa forma, antes de realizar a mudança, fez-se necessário o planejamento do arranjo físico para definir a posição dos setores e máquinas envolvidos no processo produtivo na nova instalação. Este trabalho, de natureza aplicada, pode ser classificado como um estudo qualitativo e descritivo. Foi utilizada a pesquisa-ação como procedimento técnico. Os dados deste trabalho foram coletados em visitas realizadas à empresa. As informações relativas ao arranjo físico foram obtidas através da observação sistemática não participante e entrevista não estruturada.

A pesquisa bibliográfica embasou o desenvolvimento das diversas etapas do estudo, em especial a literatura que trata do método SLP. As seções seguintes apresentam os procedimentos adotados em cada uma das etapas sugeridas por este método, as quais são mostradas na figura 2.

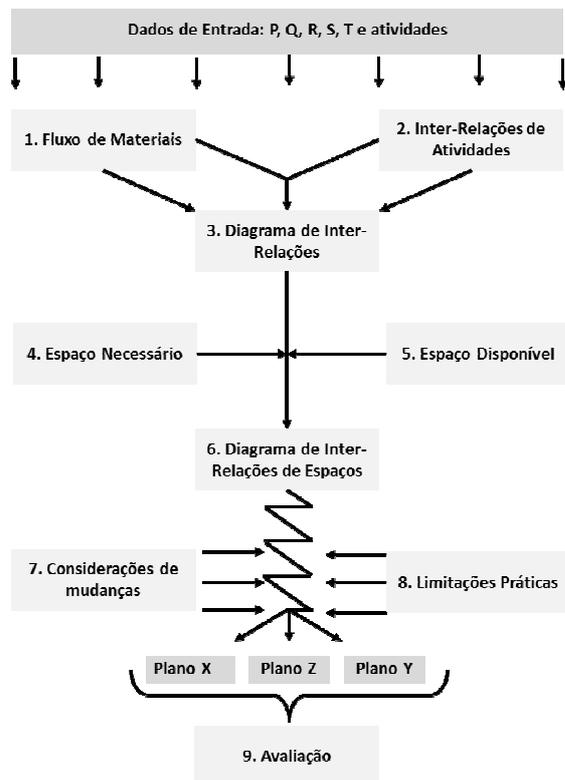


Figura 2 - As fases do Sistema SLP.
Fonte: Adaptado de MUTHER, 1978.

3.1 Dados de Entrada

Os dados de entrada para aplicação do sistema de procedimento SLP coletados na empresa Operari incluem: informações sobre o produto (P), quantidade (Q), roteiro ou sequência de atividades (R), serviços de suporte (S) e áreas envolvidas. Não foi necessário determinar o tempo das atividades (T), pois não houve

mudança no número de máquinas e equipamentos da fábrica, à exceção da máquina de corte a laser adquirida. Vale ressaltar que nesta primeira etapa apenas os aspectos relativos aos tipos de produtos e demanda de cada um são considerados.

Dada a diversidade de produtos fabricados pela empresa Operari, estes foram agrupados em função do processo produtivo e matéria prima de cada produto, conforme mostra o quadro 1.

Grupo	Produto	Matéria Prima	Processo Produtivo
1	Botons, chaveiros, brindes, crachás, medalhas, placas e troféus	Metal e resina	Fotocorrosão
2	Botons, chaveiros, brindes, crachás, medalhas, placas e troféus	Metal, Papel e resina	Resina
3	Troféus	Acrílico	Acrílico
X	Indesejável		-1

Quadro 1- Agrupamento dos produtos.

Fonte: O autor.

Em relação à quantidade produzida em cada grupo, estima-se que os produtos do Grupo 1, 2 e 3 representem, respectivamente, 60%, 20% e 20% da quantidade total produzida.

3.2. Fluxo de Materiais

A análise do fluxo de materiais, de acordo com Muther (1978), “consiste na determinação da melhor sequência de movimentação dos materiais e a determinação da intensidade desses movimentos”, ou seja, nessa etapa são analisados os fluxos de matérias primas e insumos pelos vários setores e/ou áreas do processo produtivo, para determinar a melhor sequência e intensidade de movimentação dos mesmos. Além de verificar e ajustar a sequência produtiva, nessa etapa também se busca mensurar a intensidade do movimento dos materiais.

O roteiro (R) é um dado de entrada para a análise dos fluxos de materiais e compreende o processo produtivo da forma que está sendo feito na fábrica, ou como o proprietário julga necessário fazê-lo. O roteiro é passível de melhorias, combinações, mudanças e eliminações e somente com um roteiro analisado e considerado satisfatório é possível iniciar a etapa de fluxo de materiais.

Muther (1978) indica que a análise do volume e variedade dos produtos serve como um guia na escolha de qual método empregar para mapear o processo produtivo. Para um ou poucos produtos, o autor sugere usar a Carta de Processo ou alguma carta de fluxo. Para o caso de vários produtos, este sugere a Carta de Processo, ou a de Múltiplos Processos ou ainda a Carta De-Para.

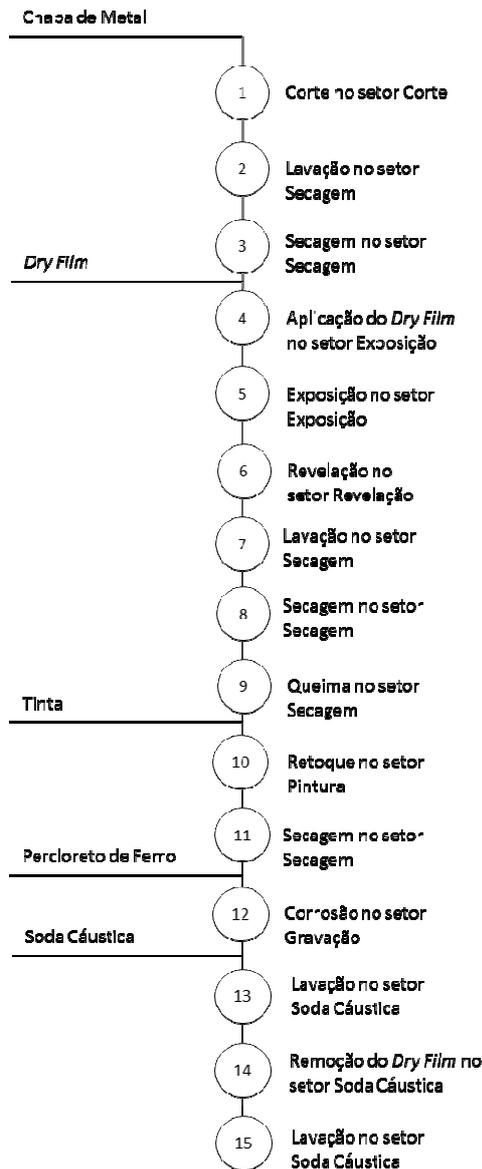


Figura 3a – Carta de Processo do Grupo 1.
Fonte: O autor.

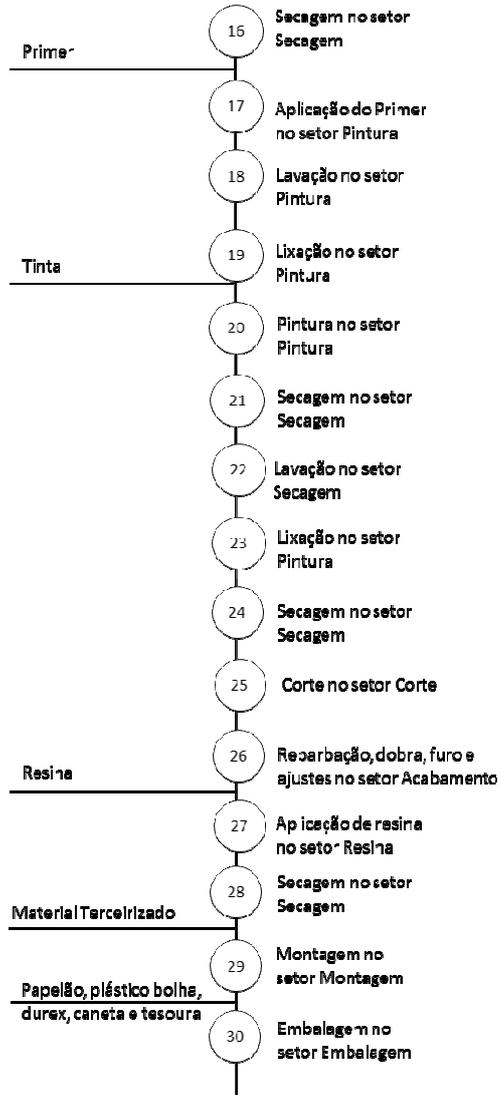


Figura 3b – Carta de Processo do Grupo 1.
Fonte: O autor.

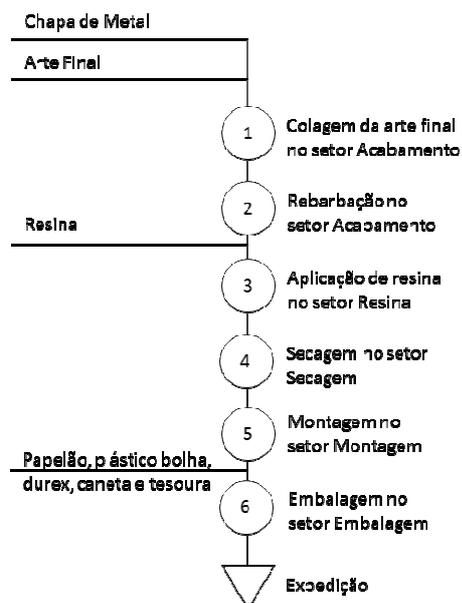


Figura 4 – Carta de Processo do Grupo 2.
Fonte: O Autor



Figura 5 – Carta de Processo do Grupo 3.
Fonte: O Autor

Neste trabalho, os processos produtivos foram mapeados por meio da Carta de Processo visando identificar a sequência de atividades (R) para, em seguida, definir a intensidade dos fluxos entre os setores. A Carta de Processo utiliza símbolos padronizados pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME, 1947) para identificar a qual tipo de processamento o material é submetido. As figuras 3a, 3b, 4 e 5 mostram o processo para os produtos dos Grupos 1, 2 e 3, respectivamente.

3.3. Inter-relações de atividades

Com o mapeamento dos processos produtivos, passou-se à etapa de análise das movimentações entre os setores, considerando as estimativas em relação à quantidade produzida de cada grupo de produtos. A classificação adotada foi aquela sugerida por Muther (1978), mostrada no Quadro 2.

A tabela 1 apresenta os dados relativos às inter-relações de atividades: os pares de setores

Tabela 1 – Intensidade do Fluxo e Classificação.

Fonte: O autor

Par de Setores		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Total	Classificação
		Nº de viagens (N)	Intensidade dos Fluxos (N*0,60)	Nº de viagens (N)	Intensidade dos Fluxos (N*0,20)	Nº de viagens (N)	Intensidade dos Fluxos (N*0,20)		
Secagem	Pintura	4	2,4	0	0	C	C	2,4	A
Corte	Secagem	4	1,2	0	0	C	C	1,2	A
Montagem	Embalagem	1	0,6	1	0,2	1	0,2	1,0	A
Embalagem	Depósito	1	0,6	1	0,2	1	0,2	1,0	A
Acabamento	Resina	1	0,6	1	0,2	C	C	0,8	E
Resina	Secagem	1	0,6	1	0,2	C	C	0,8	E
Secagem	Montagem	1	0,6	1	0,2	C	C	0,8	E
Almoxarifado	Corte	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Secagem	Exposição	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Exposição	Revelação	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Revelação	Secagem	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Secagem	Gravação	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Gravação	Soda Cáustica	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Soda Cáustica	Secagem	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Corte	Acabamento	1	0,6	0	0	C	C	0,6	I
Almoxarifado	Acabamento	0	0	1	0,2	C	C	0,2	O
Almoxarifado	Laser	0	0	0	0	1	0,2	0,2	O
Laser	Acrílico	0	0	0	0	1	0,2	0,2	O
Acrílico	Acabamento	0	0	0	0	1	0,2	0,2	O
Acabamento	Montagem	0	0	0	0	1	0,2	0,2	O

Como na Empresa Operari as inter-relações entre as atividades e/ou setores envolvem tanto o fluxo produtivo quanto os fluxos de serviços de suporte (lavabos, recepções, escritório e setor de criação), foi feita uma combinação de todas as inter-relações da fábrica. Esse procedimento objetiva a construção da carta de inter-relações preferenciais combinada. Carta de Inter-relações Preferenciais objetiva mostrar quais setores deverão se posicionar próximos e quais

entre os quais há movimentação de materiais; o número de viagens realizadas entre os setores; a intensidade dos fluxos, representada pelo número de viagens ponderado pela quantidade do material produzido; a classificação das intensidades destes fluxos.

Classificação	Proximidade	Valor
A	Absolutamente necessário	4
E	Muito importante	3
I	Importante	2
O	Pouco importante	1
U	Desprezível	0
X	Indesejável	-1

Quadro 2 – Classificação do grau de proximidade.

Fonte: Adaptado de Muther, 1978.

Foi feita uma classificação atribuindo “A” para os casos onde, aproximadamente, 40% das intensidades são consideradas de maior importância (cujo total varia de 0,8 a 2,4) e “O” para aquelas com cerca de 40% das intensidades de menor importância (cujo valor total varia de 0,2 a 0,6). Os casos intermediários foram classificados como “E” ou “I”.

deverão ficar afastados.

A parte superior de cada losango deve ser completada com a classificação das intensidades (neste caso é incluído o grupo X, de proximidade indesejável) e a parte de baixo, representada por números, representa a razão para a classificação da importância entre os setores. Esta razão varia de acordo com o tipo de indústria e condições de trabalho. Entretanto, a título de exemplo, podem-se citar o barulho, a iluminação e o uso comum de equipamento.

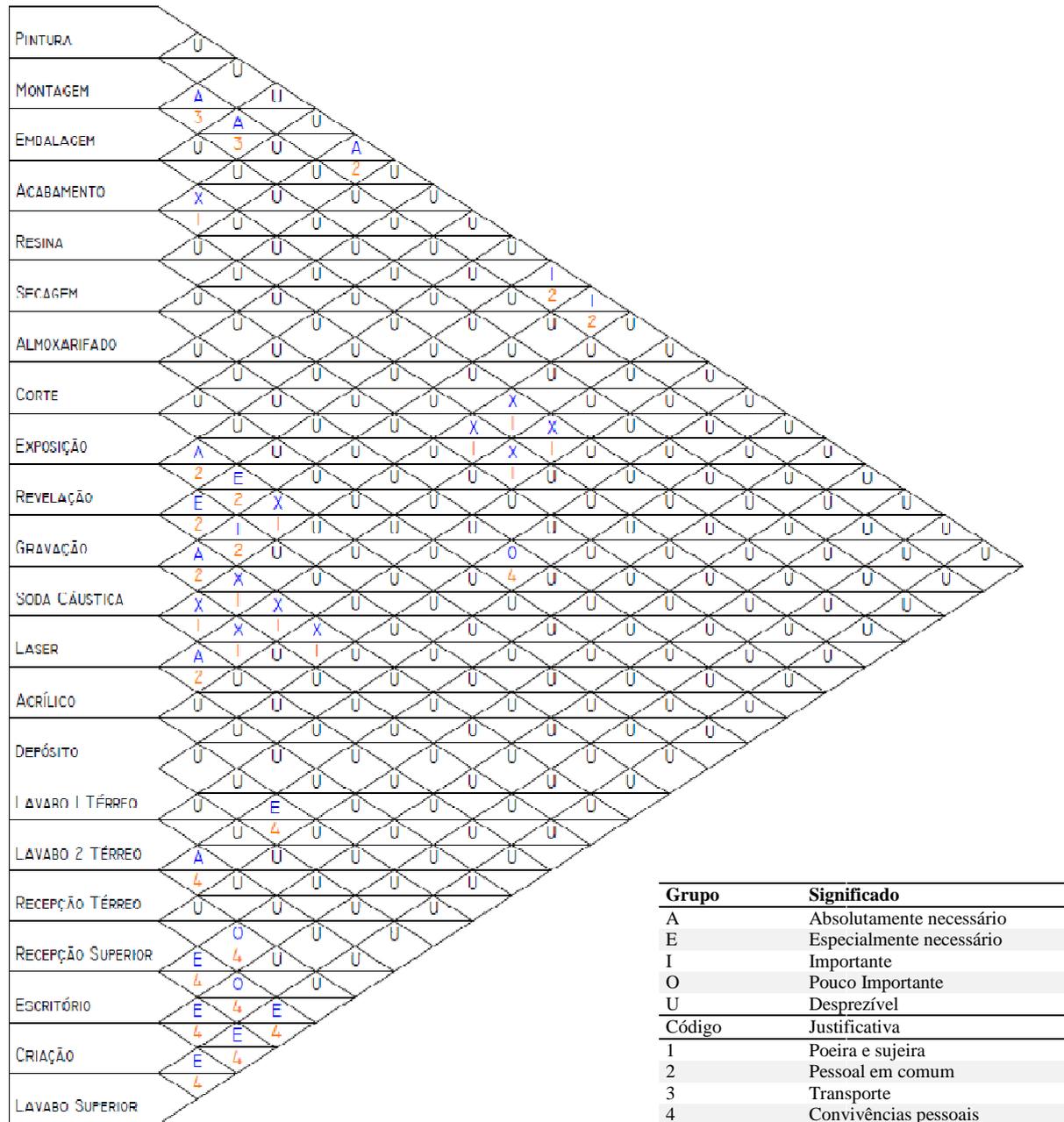


Figura 6 – Carta de Inter-relações Preferenciais.
Fonte: O autor.

Considerando os dados do processo, foi construída a Carta de Inter-relações Preferenciais, visando à melhoria dos fluxos entre os setores produtivos e de serviços de suporte. Um detalhe da Carta de Inter-relações Preferenciais pode ser observado na figura 6, juntamente com a identificação da classificação usada para avaliar a intensidade dos fluxos.

Para realizar uma análise combinada da intensidade do fluxo e inter-relações foi atribuído peso 2 para a intensidade do fluxo produtivo e peso 1 para inter-relação entre

setores. Nessa etapa foram considerados apenas os pares de atividade com fluxos.

O resultado da classificação combinada corresponde à soma da classificação ponderada da intensidade do fluxo e inter-relações preferenciais, conforme mostrado na tabela 2.

Em posse das informações da tabela 2, foi desenvolvida a Carta de Inter-relações Combinada, que consolida aspectos qualitativos e quantitativos dos fluxos analisados. Um detalhe desta carta é apresentado na figura 7.

Tabela 2 – Detalhe da Classificação Combinada

Par de Setores		Classificação da intensidade do fluxo (I)	Classificação ponderada (I*2)	Classificação das inter-relações preferenciais (R)	Classificação ponderada (R*1)	Classificação Combinada
Secagem	Pintura	A	8	A	4	12 A
Montagem	Embalagem	A	8	A	4	12 A
Corte	Secagem	A	8	U	0	8 E
Embalagem	Depósito	A	8	U	0	8 E
Exposição	Revelação	I	4	A	4	8 E
Gravação	Soda Cáustica	I	4	A	4	8 E
Secagem	Montagem	E	6	U	0	6 I
Resina	Secagem	E	6	U	0	6 I
Laser	Acrílico	O	2	A	4	6 I
Acabamento	Montagem	O	2	A	4	6 I
Acabamento	Resina	E	6	X	-1	5 I

Fonte: O autor.

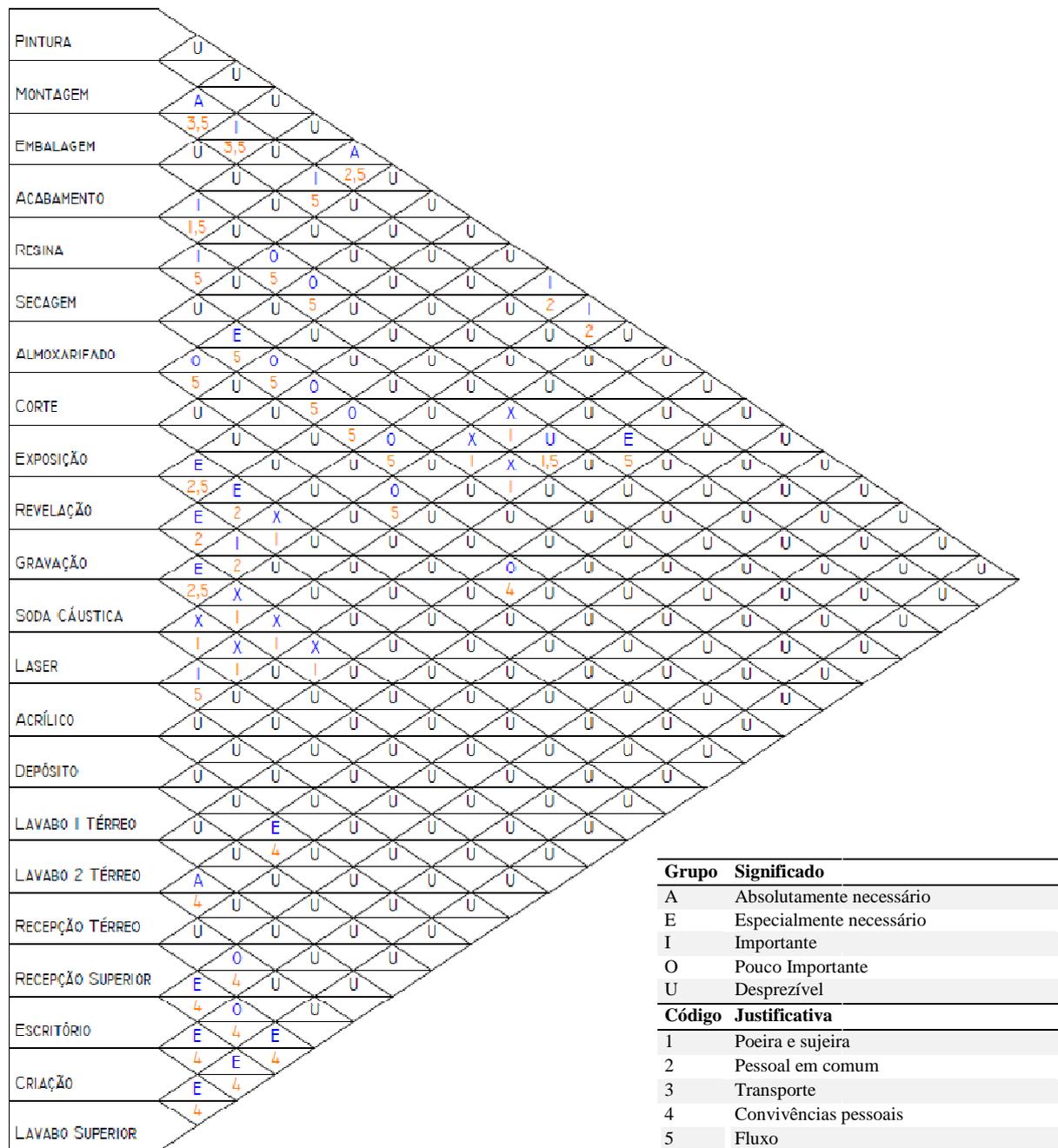


Figura 7 – Carta
Fonte: O autor.

3.4. Diagrama de inter-relações

Com o fluxo de materiais e/ou a Carta de Inter-relações Preferenciais simples ou combinada, o próximo passo previsto no SLP consiste no desenvolvimento do Diagrama de Inter-relações. O Diagrama de Inter-relações é uma visualização dos dados, cálculos e análises feitos até esta etapa. Geralmente, inicia-se a construção deste diagrama pelas inter-relações mais importantes, seguindo por aquelas de menor importância.

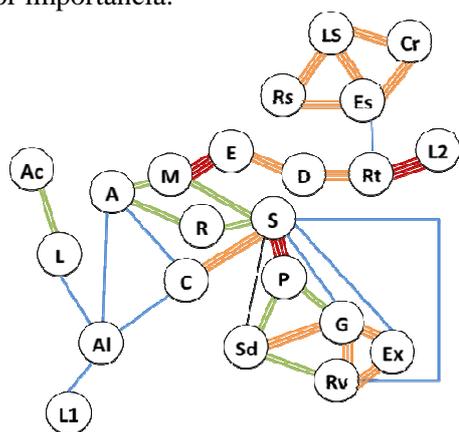


Figura 8: Diagrama de inter-relações baseado na Carta de Inter-relações Preferenciais combinada.
Fonte: O autor.

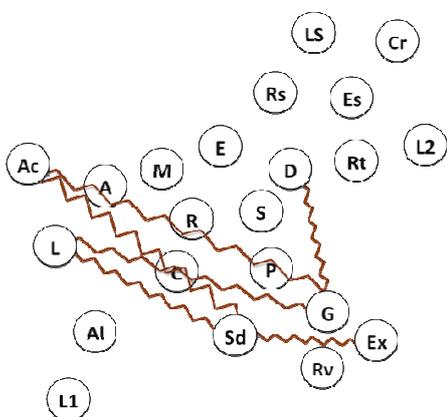


Figura 9: Diagrama de inter-relações somente com as relações indesejáveis baseado na carta de inter-relações preferenciais combinada.
Fonte: O autor.

Legenda Figuras 8 e 9

Ac	Acrílico	L1	Lavabo 1 Térreo	D	Depósito
L	Laser	L2	Lavabo 2 Térreo	Rt	Recepção Térreo
Al	Almoxarifado	Ex	Exposição	Rs	Recepção Superior
A	Acabamento	Rv	Revelação	Es	Escritório
C	Corte	Sd	Soda Cáustica	Cr	Criação
R	Resina	G	Gravação	LS	Lavabo Superior
S	Secagem	M	Montagem		
P	Pintura	E	Embalagem		

Quanto mais forte as inter-relações, mais próximas devem ficar as atividades e/ou setores. São feitas várias tentativas até que se obtenha uma diagramação racional.

Os espaços para a realização das atividades e/ou setores ainda não são considerados. Com base no método SLP foi elaborado o diagrama de inter-relações entre os vários setores da empresa, com base na Carta de Inter-relações mostrada na figura 7.

Após um processo de análise e sucessivos ajustes, buscando aproximar os setores com maior intensidade de relacionamento e afastar aqueles cujos relacionamentos são indesejáveis, obteve-se a configuração representada nos diagramas das figuras 8 e 9 que mostram, respectivamente, as inter-relações preferenciais e as não desejáveis.

3.5. Espaço necessário e espaço disponível

Para a determinação das necessidades de espaço foi utilizado o método numérico sugerido por Muther (1978) e consideradas, no cálculo, as dimensões das máquinas, prateleiras, bancadas, entre outros equipamentos, além do espaço para material e operador, bem como para acesso e movimentação dos mesmos.

A tabela 3 apresenta, como exemplo, as dimensões usadas para o cálculo do espaço necessário dos setores produtivos laser e acrílico. O espaço disponível total corresponde à área da nova instalação, 420 m².

Tabela 3: Exemplo de dados usados no cálculo do espaço necessário de um setor

Setores produtivos	Máquinas, móveis e outros	Dimensões básicas		Dimensões extras		Dimensão total	
		L	C	L	C	L	C
Laser	Estante 1	2.00	1.00	0.50	2.00	2.50	3.00
	Estante 2	2.00	1.00	0.50	2.00	2.50	3.00
	Máquina a Laser	3.70	2.70	1.30	1.35	5.00	4.05
	Mesa de vidro	2.62	1.27	0.50	1.00	3.12	2.27
Acrílico	Estante	2.00	1.00	0.00	1.00	2.00	2.00
	Plotter de recorte	0.85	0.32	0.50	1.00	1.35	1.32
	Impressora	1.20	0.97	1.00	0.00	2.20	0.97
	Computador	0.45	0.50	1.00	0.30	1.45	0.80
	Dobradeira	1.00	0.60	0.25	0.50	1.25	1.10
	Conformadeira	1.00	0.60	0.13	0.50	1.13	1.10

LEGENDA -L - largura / C - comprimento

Fonte: O autor

3.6. Diagrama de Inter-Relações de Espaços

No Diagrama de Inter-relações são determinadas as posições dos setores na instalação, ou seja, inicia-se aqui a definição

propriamente dita do *layout*. Foram elaborados cinco diagramas que representam as alternativas de arranjo físico para a empresa. Diagramas correspondentes a duas das alternativas geradas são mostrados nas figuras 10 e 11.

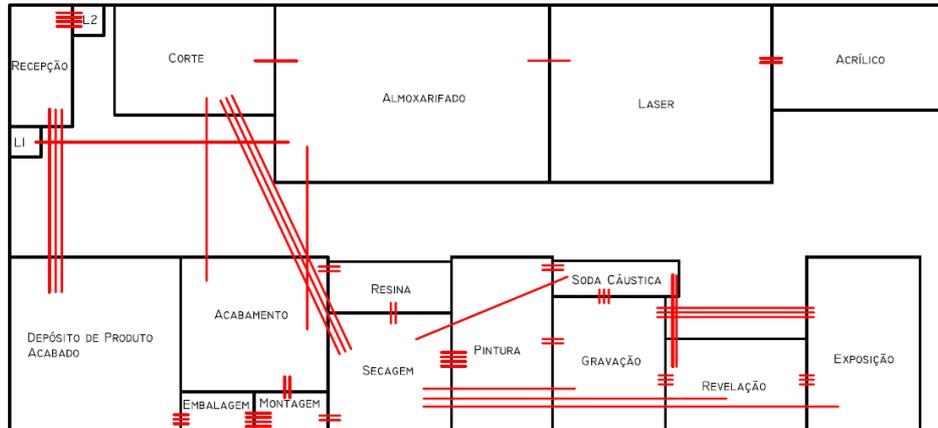


Figura 10 – Diagrama da alternativa I.
Fonte: O autor.

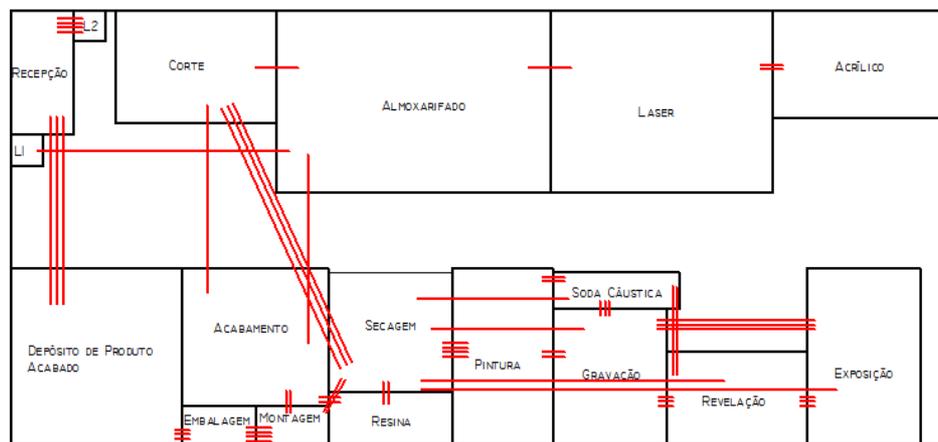


Figura 11 – Diagrama da alternativa II.
Fonte: O autor.

3.7. Considerações de mudanças e configurações práticas

Os diagramas das alternativas para o

arranjo físico foram ajustados buscando incluíros corredores (principais e secundários), paredes, portas e escada, como exemplificado nas figuras 12 e 13.

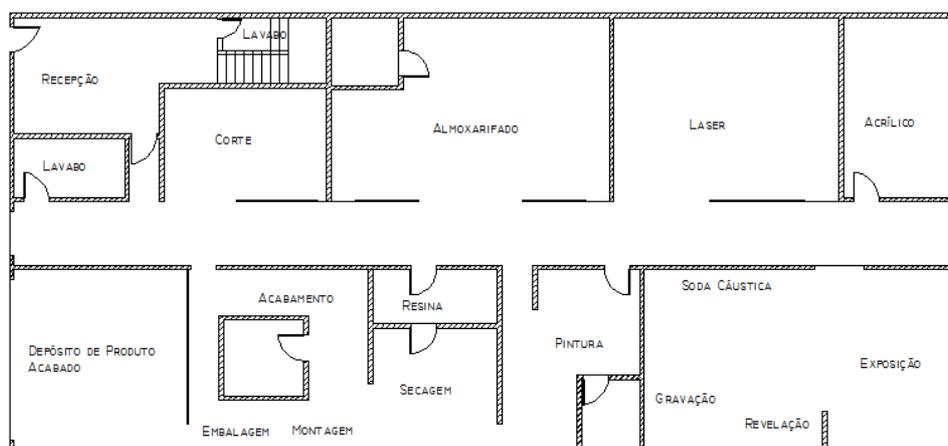


Figura 12 – Arranjo físico da Alternativa I.
Fonte: O autor.

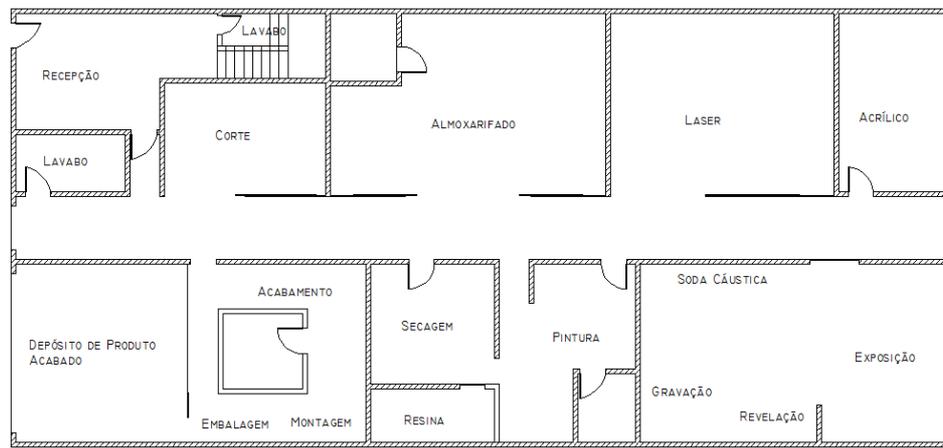


Figura 13 – Arranjo físico da Alternativa II.

Fonte: O autor.

3.8. Avaliação

Cinco alternativas de arranjos físicos foram propostas e analisadas segundo fatores relacionados com a movimentação e a proximidade. O fator movimentação considera a distância percorrida por cada grupo de produtos, conforme mostrado na tabela 4, para as diferentes alternativas de *layout* sugeridas (I a V). A classificação da preferência das alternativas é identificada pelas letras A, E, I, O e U, em ordem decrescente de preferência.

Tabela 4 – Classificação de fator Movimentação

Alternativa	Distância percorrida			Total	Avaliação
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3		
I	227,3	41,9	66,5	335,7	E
II	227,4	69,2	66,5	363,1	I
III	233,3	67,9	66,5	367,7	O
IV	221,7	36,1	67,7	325,5	A
V	226,5	62,9	67,7	357,1	I

Fonte: O autor

O fator proximidade permite classificar os setores com maior grau de relacionamento, identificado pelo Diagrama de Inter-relações (figura 8). A classificação das alternativas de *layout*, em função deste fator, é apresentada no Quadro 3. Assim, a alternativa V é classificada como preferível em relação ao fator proximidade, quando comparada com as demais.

Alternativa	Avaliação
I	O
II	I
III	U
IV	E
V	A

Quadro 3 – Classificação do fator Proximidade

Fonte: O autor

As avaliações das cinco alternativas, segundo ambos os fatores, foram adicionadas considerando os seguintes pesos: movimentação, 10, e proximidade, 6, os quais foram definidos em conjunto com a empresa, conforme sugere Muther (1978). Com base neste procedimento, a

Alternativa IV mostrou-se a mais adequada para o arranjo físico da nova fábrica da Empresa Operari. O resumo das avaliações é mostrado na tabela 5.

Tabela 5 – Análise dos fatores

Fatores considerados	Peso dos fatores	Alternativas de arranjo físico				
		I	II	III	IV	V
Movimentação	10	E	I	O	A	I
		30	20	10	40	20
Proximidade	6	O	I	U	E	A
		6	12	0	18	24
Notas ponderadas		36	32	10	58	44

Fonte: O autor

3.9. Arranjo físico detalhado e análise do resultado

A alternativa IV do arranjo físico dos setores foi detalhada e a posição das máquinas, prateleiras e móveis definida para cada setor, ou seja, foi planejado o arranjo físico detalhado para toda a empresa, o qual pode ser visto na figura 14. A entrada das matérias primas, insumos e pessoal destinados aos vários setores de produção, deve ser feita pelo corredor, enquanto a saída dos produtos finais pelo depósito de produto acabado.

Neste trabalho o SLP foi aplicado seguindo as etapas sugeridas por Muther (1978). Na etapa de análise do fluxo de materiais, os processos produtivos dos grupos de produtos foram mapeados a fim de identificar a movimentação de materiais entre os setores e, a partir disso, foi realizada uma mensuração e classificação da intensidade dos fluxos. Na etapa de análise da inter-relação de atividades foi desenvolvida a Carta de Inter-relações Preferenciais, a qual foi posteriormente associada com a classificação da intensidade do fluxo, resultando numa Carta de Inter-relações Combinada. A participação de representantes da empresa, em especial do proprietário e do pessoal da produção, foi fundamental para a construção da Carta de Inter-

relações Preferenciais. A quarta etapa do método consistiu na elaboração do Diagrama de Inter-relações. Optou-se por utilizar dois diagramas, o primeiro representando as relações preferenciais combinadas e o segundo as relações indesejáveis. Na etapa subsequente foram determinadas as áreas necessárias para cada setor.

Considerando os espaços necessários e disponíveis, bem como o Diagrama de Inter-relações de Espaço, foram elaboradas cinco alternativas destes diagramas, ajustadas na etapa seguinte, denominada ajuste do diagrama. Por fim, as alternativas de arranjos físicos foram avaliadas considerando os fatores de movimentação e proximidade.

A abordagem de projeto utilizada para o

planejamento do arranjo físico proposto não permite identificar a solução ótima. Na verdade, quaisquer das alternativas geradas neste trabalho poderiam ser adotadas.

De fato, desde as primeiras etapas do SLP procura-se aproximar os setores com maior inter-relação visando minimizar a movimentação de materiais e pessoas dentro da fábrica, o que garante a identificação de soluções adequadas. Pode-se constatar que as cinco alternativas não apresentam diferenças significativas quando são avaliadas segundo os dois fatores adotados no trabalho. Conforme se observa na tabela 5, as diferenças nas distâncias percorridas não são superiores a 13%, quando se considera o valor da menor movimentação.

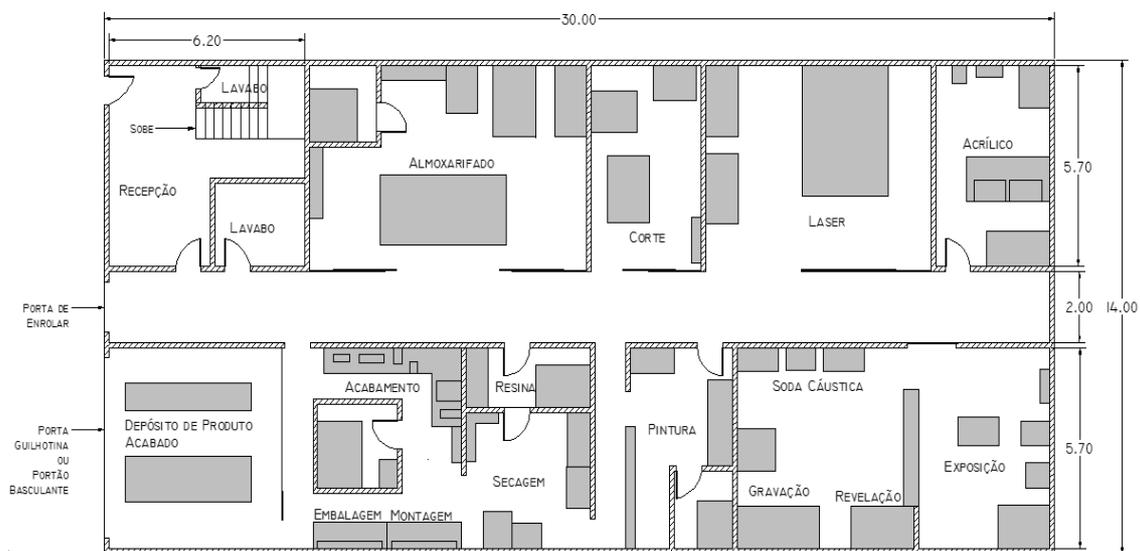


Figura 14 – Arranjo Físico Final – Térreo.

Fonte: O autor.

4. Conclusões

O presente trabalho apresentou uma proposta de arranjo físico de uma nova instalação de uma microempresa de troféus, medalhas, placas de homenagem e similares. O método SLP foi aplicado em suas várias etapas, as quais foram detalhadas ao longo do estudo. Esta aplicação permite afirmar que o processo de planejamento de arranjo físico consiste em um processo complexo e minucioso, caso todas as etapas sugeridas por Muther (1978) sejam seguidas. É comum a utilização de somente algumas fases, dentre as apresentadas pelo autor, na elaboração de propostas de arranjos.

Os resultados apresentados mostram que o conhecimento dos processos e fluxos associados, das inter-relações entre os vários setores e dos espaços disponíveis e necessários são fundamentais na definição de um arranjo físico que permita a melhor organização da fábrica. A

empresa implementou o *layout* sugerido e foi possível verificar, na prática, as melhorias proporcionadas pelo arranjo físico proposto, o qual apresenta setores dimensionados adequadamente, definição de áreas para alocação de materiais, permitindo uma maior eficiência nos processos.

Embora as soluções sugeridas para o *layout* sejam adequadas e tenham considerados aspectos que visam minimizar movimentações, sugere-se que futuros trabalhos comparem soluções de arranjos físicos obtidos por meio do SLP com soluções geradas por métodos que utilizem abordagem de otimização.

5. Referências Bibliográficas

- ASME.AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. N. 101: operation and flow process chart: ASME standard. New York, 1947.
- BORBA, M.; MERINO, E.; SOARES, C.R.; KLIEMANN, A.H. Guia de referência para *layout* em escritório

envolvendo aspectos ergonômicos. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 28., Niterói, 1998. *Proceedings...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1998.

CORRÊA, H.L., CORRÊA, C.A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

GILBERT, J.P. Construction office design with systematic *layout* planning. In: **Second World Production And Operation Management Society Conference and Fifteenth Annual Production and Operation Management Society Conference**, 15, 2004, Cancun. *Proceedings...* Miami: POMS, 2004.

HERAGU, S.S.; KOCHHAR, J.S. Facility *Layout* Design in a Changing Environment, **International Journal of Production Research**, v.37, n.11, p. 2429-2446, jul. 1999.

HERAGU, S.S. **Facilities Design**. Lincoln: Universe, 2006.

MAYER, R. R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1990.

MUTHER, Richard. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

SANTOS, L.C.; GOHR, C.F. URIO, L.C. Planejamento Sistemático de *Layout* em uma fábrica de baterias automotivas, **Simpósio de Engenharia de Produção**, nov. 2011.

SHAHIN, A.; POORMOSTAFA, M. Facility *layout* simulation and optimization: an integration of advanced quality and decision making tools and techniques. **Modern Applied Science**, v.5, n.4, p.95-111, ago. 2011.

SHEWALE, P.P.; SHETE, M.S.; SANE, S.M. Improvement in plant *layout* using systematic *layout* planning (SLP) for increased productivity. **International Journal of Advanced Engineering Research and Studies**.v.1, n.3, abril-junho, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**.2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

VIEIRA, A.C.G. **Manual de layout: arranjo físico**. Rio de Janeiro: CNI, 1976.

WATANAPA, A.; WIYARATN, W. Systematic *layout* planning to assist plant *layout*: case study pulley factory. **Applied Mechanics and Materials**, v.110-116, p.3952-3956, out, 2011.

YANG, T.; SU, C.T.; HSU, Y.R. Systematic *layout* planning: A study on semiconductor wafer fabrication facilities. **International Journal of Operations & Production Management**, v.20, p.1359-1371, 2000.

XIE, W. & SAHINIDIS, N.V.A branch-and-bound algorithm for the continuous facility *layout* problem. **Computers & Chemical Engineering**, 32(4), 1016-1028, 2008.