

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO ALEXANDRE DE OLIVEIRA MARAFON

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLP NO PROJETO DE ARRANJO
FÍSICO DE UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**
MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO - PR

2017

JOÃO ALEXANDRE DE OLIVEIRA MARAFON

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLP NO PROJETO DE ARRANJO
FÍSICO DE UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Produção”.
Orientador: Prof. Dr Marcelo Gonçalves Trentin

PATO BRANCO - PR

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLP NO PROJETO DE ARRANJO FÍSICO DE UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

por

JOAO ALEXANDRE DE OLIVEIRA MARAFON

Esta Monografia foi apresentada em dezessete de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção. O(a) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Marcelo Gonçalves Trentin
Prof.(a) Orientador(a)

Gilson Adamczuk Oliveira
Membro titular

José Donizetti de Lima
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

MARAFON, João Alexandre de Oliveira. **Aplicação da metodologia SLP no projeto de arranjo físico de uma indústria metalúrgica.** 2017. 44 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Este trabalho apresenta um estudo classificado como um estudo quantitativo e descritivo de um projeto de macro *layout* em uma empresa do ramo metalúrgico, baseado em ferramentas de *layout* e da aplicação da metodologia SLP (*Systematic Layout Planning*). O estudo inicia com o diagnóstico da estrutura atual da empresa, em seguida a identificação do tipo de arranjo físico mais adequado aos padrões de produção da fábrica, e a aplicação da metodologia SLP para desenvolver uma nova configuração física, partindo de algumas restrições e de um terreno predefinido. O estudo consolidou-se com a apresentação de três alternativas diferentes de arranjo físico, as quais passaram por uma avaliação segundo critérios escolhido pelos gestores e projetistas para identificar a alternativa mais eficiente. O arranjo escolhido contempla uma área coberta de 1700 m², com setores bem definidos, e espaços adequados para movimentação de materiais, e ainda com o dobro da capacidade produtiva atual.

Palavras-chave: SLP (*Systematic Layout Planning*). *Layout* Funcional. Projeto de Arranjo Físico.

ABSTRACT

MARAFON, João Alexandre de Oliveira. **Application of the SLP methodology in the physical arrangement project of a metallurgical industry.** 2017. 44 p. Monograph (Specialization in Production Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2017.

This work presents a study classified as a quantitative and descriptive study of a macro layout project in a metallurgical company based on layout tools and the application of the Systematic Layout Planning (SLP) methodology. The study begins with the diagnosis of the current structure of the company, then the identification of the type of physical arrangement most appropriate to the factory production standards, and the application of the SLP methodology to develop a new physical configuration, starting from some restrictions and a Predefined terrain. The study was consolidated with the presentation of three different alternatives of physical arrangement, which underwent an evaluation according to criteria chosen by the managers and designers to identify the most efficient alternative. The chosen arrangement includes a covered area of 1700 m², with well defined sectors, and adequate spaces for materials movement, and also with twice the current productive capacity.

Keywords: SLP (*Systematic Layout Planning*). *Functional Layout*. *Physical Arrangement Project*.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1	ARRANJO FÍSICO	8
2.2	TIPOS DE ARRANJO FÍSICO/VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	8
2.2.1	Arranjo Físico Funcional ou Por Processo	9
2.2.2	Arranjo Físico Em Linha	9
2.2.3	Arranjo Físico Celular	9
2.2.4	Arranjo Físico de Posição Fixa.....	10
2.2.5	Arranjo Físico Combinado	10
2.2.6	Vantagens e desvantagens dos arranjos físicos.	10
2.3	DIVISÕES DO PROJETO DE <i>LAYOUT</i> (MACRO <i>LAYOUT</i>).....	11
2.4	PROJETO DE <i>LAYOUT</i>	12
2.5	MÉTODOS PARA PROJETO DE <i>LAYOUT</i> FUNCIONAL	13
2.5.1	Sistemas Convencionais (Systematic <i>Layout Planning</i>).....	13
2.5.1.1	Passo 1	14
2.5.1.2	Passo 2	16
2.5.1.3	Passo 3	17
2.5.1.4	Passo 4	18
2.5.1.5	Passo 5	18
2.5.2	Sistemas Computadorizados Heurísticos.....	19
2.5.2.1	Software CRAFT.....	19
2.5.2.2	Software ALDEP	20
2.5.2.3	Software CORELAP	20
2.5.3	Softwares	20
2.5.3.1	Software <i>Autodesk Factory Design Suite</i>	21
2.5.3.2	Software <i>ProModel</i>	21
2.5.3.2	Software <i>Arena</i>	21
3.	METODOLOGIA.....	23
3.1	ESTRUTURA ATUAL X FUTURA DA EMPRESA.....	25
3.2	ESTRATÉGIA DA EMPRESA	27
4.	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE MACRO <i>LAYOUT</i>	28
4.1	ÁREA REQUERIDA POR CENTRO DE TRABALHO.	28
4.2	RESTRICÇÕES SOBRE FORMA DA ÁREA DISPONÍVEL.....	29
4.3	APLICAÇÃO METODOLOGIA SLP.....	30
4.3.1	Análise de Fluxos de Produtos ou Recursos.....	30
4.3.2	Identificação e Inclusão de Fatores Qualitativos.....	32
4.3.3	Avaliação dos Dados e Arranjo de Áreas de Trabalho.....	33
4.3.4	Determinação de um Plano de Arranjo dos Espaços.....	33
4.3.5	Ajuste do Arranjo no Espaço Disponível	34
5.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias estão investindo em técnicas para reduzir custos e desperdícios na fabricação de seus produtos, conseqüentemente alcançar maiores produtividades e maior agilidade no processo de entrega de produtos e serviços.

O *layout* industrial é a estrutura base de uma produção e significa mais do que a estética da empresa. Um bom *layout* é capaz de propiciar condições para que não haja ou que se diminua ao mínimo os desperdícios gerados no processo produtivo devido a máquinas fora de posição ou distantes, fluxos sobrepostos de materiais e pessoas, perdas de tempo com a localização de peças de estoque ou produtos acabados, dificuldade de realização de atividades devido a espaços inadequados sem contar na segurança e integridade física dos trabalhadores entre outros (FERNANDES, 2013).

Um arranjo físico mal organizado pode prejudicar o bom andamento da produção, diminuindo a competitividade da empresa. Contudo, mudanças no *layout* podem implicar em consideráveis gastos, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias, além de interrupções no trabalho sendo assim, antes de entrar em uma nova estrutura o ideal seria projetar o layout reduzindo eventuais custos posteriores com re-*layout* (ET AL, 2002).

O objetivo deste trabalho será abordar um estudo de caso referente ao desenvolvimento de um macro *layout* para uma indústria do ramo metalúrgico do sudoeste do Paraná, por meio do método SLP (*Systematic Layout Planning*). O novo arranjo físico contemplará um terreno mais amplo em local diferente das instalações atuais, porém na mesma cidade. Esta nova estrutura conta com área construída de 1700 metros quadrados cobertos.

Tal indústria, possui um arranjo físico atual insuficiente para comportar a sua demanda. Na configuração atual são observados vários problemas, como desorganização, dificuldade no transporte de materiais, fluxos sobrepostos, complicações na localização de peças e matérias primas, dificuldades na visualização dos operários prejudicando a supervisão geral, retrabalhos devido a problemas com produtos prontos e mal armazenados, desconforto dos operários entre outros. Tudo isso implica em perdas de tempo e custos desnecessários.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ARRANJO FÍSICO

Segundo Corrêa (2009) arranjo físico ou *layout* de uma operação é a forma com a qual se encontra disposto fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro de uma instalação. Para Slack et al (2002) o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se não apenas com a localização física dos recursos de transformação, mas também determinam a maneira segundo a qual os recursos transformados (materiais, informação, clientes) fluem através da operação.

Qualquer mudança na posição de um recurso de transformação pode acarretar alterações no fluxo de materiais e conseqüentemente modificar a eficácia geral da produção, implicando mudanças no custo total da operação (SLACK et al, 2002).

Segundo Slack et al (2002) um bom arranjo físico é aquele que garante segurança nas operações, extensão do fluxo (com fluxo que atenda os objetivos da operação), clareza do fluxo, conforto da mão-de-obra, coordenação gerencial (a localização da mão-de-obra e dispositivos de comunicação deve ser facilitada aos seus gerentes), acesso (máquinas e instalações devem estar acessíveis para limpeza e manutenção), uso adequado do espaço, flexibilidade de longo prazo (devem ser projetados prevendo alterações futuras).

Ainda segundo Slack et al (2002), mudanças no arranjo físico de uma instalação pode ser difícil de se executar e acarretar altos custos. Por isso, antes de mais nada, é importante realizar uma análise para identificar o que se deseja atingir com o novo *layout*. Entretanto compreender os objetivos estratégicos da produção ou da empresa é imprescindível.

2.2 TIPOS DE ARRANJO FÍSICO/VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Martins (2005) os tipos principais de *layout* são: *layout* funcional ou por processo, *layout* em linha, celular, posição fixa e combinados.

2.2.1 Arranjo Físico Funcional ou Por Processo

No *layout* funcional todos os processos, equipamentos, operações ou montagens que se assemelham são agrupados na mesma área e o material se desloca buscando os diferentes processos.

É caracterizado como um *layout* flexível que permite atender mudanças de mercado, admitindo diversificados produtos em quantidades variáveis ao longo do tempo. Apresenta fluxo longo dentro da fábrica o que é adequado a produções diversificadas em pequenas e médias quantidades (MARTINS, 2005).

2.2.2 Arranjo Físico Em Linha

É um *layout* adequado para produções com pouca ou nenhuma variação. Tem como requisito produtos que possuem operações bem definidas com sequência de fabricação ou montagem estabelecida e sem caminhos alternativos. As máquinas ou estações são posicionados de acordo com a sequência de operações (MARTINS, 2005).

Segundo Correa 2012, este tipo de *layout* é utilizado em empresas que produzem altos volumes mas pouca variedade ou até mesmo um único produto apenas. Exemplos de aplicação são: Linhas de montagem de veículos, aparelhos eletrônicos, indústrias de processo como as indústrias químicas, de papel, de aço entre outras.

2.2.3 Arranjo Físico Celular

Segundo Martins (2005), *layout* celular ou célula de manufatura consiste em arranjar em um local só máquinas diferentes que possam fabricar o produto inteiro.

Ainda segundo Martins (2005), neste tipo de arranjo o material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários e mantendo a flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto. Apesar da especificidade para uma família de produtos a qualidade e a produtividade permanece em nível elevado.

Conforme Corrêa (2009), a ideia do *layout* celular é agrupar recursos (máquinas, pessoas) de forma que consigam, com suficiência, processar famílias de itens com etapas similares.

Exemplos de arranjo físico celular podem ser encontrados em empresas fabricantes de componentes de computador, áreas para produtos específicos em supermercados como lanches, hospitais que possuem uma área específica para maternidade (SLACK et al, 2002).

2.2.4 Arranjo Físico de Posição Fixa

Neste tipo de *layout*, o material permanece fixo em uma determinada posição e as máquinas se deslocam até o local executando as operações necessárias. É recomendado para um produto único ou com pequenas quantidades como a fabricação de navios, grandes transformadores elétricos, turbinas, balanças rodoferroviárias e outros produtos de grandes dimensões onde não é possível ou viável a movimentação do mesmo (MARTINS, 2005).

Segundo Moreira (2002) as características do *layout* de posição fixa são a baixa produção, geralmente se trabalha com apenas uma unidade do produto, com características únicas e baixo grau de padronização. Dificilmente um produto será rigorosamente igual ao outro.

2.2.5 Arranjo Físico Combinado

Segundo Slack et al (2002) arranjo físico combinado também conhecido como arranjo físico misto, é quando se tem dentro de um departamento diferentes tipos de arranjos.

Um exemplo seria os hospitais, dentro de um hospital pode-se ter a área de radiologia provavelmente organizado segundo um *layout* por processo, já as salas de cirurgia apresentam um *layout* fixo e assim por diante (SLACK et al, 2002).

2.2.6 Vantagens e desvantagens dos arranjos físicos.

As vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico foram agrupadas pelo autor Slack et al (2002) no quadro 01 para facilitar a comparação:

	Vantagens	Desvantagens
Posicional	Flexibilidade muito alta de <i>mix</i> de produtos. Produto ou cliente não movido ou perturbado. Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra.	Custos unitários muito altos. Programação de espaços ou atividades pode ser complexa. Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra.
Processo	Alta flexibilidade de <i>mix</i> e produtos. Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas. Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.	Baixa utilização de recursos. Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes. Fluxo complexo pode ser difícil de controlar.
Celular	Pode dar um bom equilíbrio entre custos e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta. Atravessamento rápido. Trabalho em grupo pode resultar em maior motivação.	Pode ser caro de reconfigurar o arranjo físico atual. Pode requerer capacidade adicional. Pode reduzir níveis de utilização de recursos.
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes. Dá oportunidade para especialização de equipamento. Movimentação conveniente de clientes e materiais	Pode ter baixa flexibilidade de <i>mix</i> . Não muito robusto contra interrupções. Trabalho pode ser repetitivo.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos arranjos físicos

Fonte: Adaptado de Slack et al (2002).

2.3 DIVISÕES DO PROJETO DE *LAYOUT* (MACRO *LAYOUT*)

Segundo Lee (1998 apud Schmidt, 2007), de forma ideal o projeto de uma instalação engloba desde a localização global até o posto de trabalho. Para maior clareza o autor divide o projeto em cinco níveis.

- Nível Global - Localização da empresa (mundo ou país).
- Nível Supra-Espaço - é onde se faz o planejamento do local, incluindo número, tamanho e localização de prédios, bem como infraestrutura como

estradas, água, gás e ferrovias. O planejamento deve prever expansões da fábrica e possível saturação do local.

- Nível Macro-Espaço - é o projeto básico da localização dos departamentos operacionais dentro da fábrica. É nele em que é levado em conta os fluxos de materiais e informações entre os setores visando a otimização destes fluxos aumentando a produtividade e lucratividade da empresa.
- Nível Micro-Espaço – São definidas as localizações dos equipamentos e móveis de um determinado setor ou departamento.
- Nível Sub-Micro-Espaço - As preocupações concentram-se nas estações de trabalho e nos colaboradores, visando eficiência, eficácia e segurança (LEE,1998 apud SCHIMIDT, 2007).

2.4 PROJETO DE *LAYOUT*

Segundo Slack et al (2002) para iniciar o projeto de *layout* deve-se seguir uma ordem cronológica, a decisão 1 começa com a definição do tipo de processo que em termos amplos é a característica conhecida como volume-variedade. Ainda segundo Slack et al (2002), existem relações entre o tipo de processo de manufatura e os tipos básicos de *layout*. Contudo essas relações não são totalmente determinísticas, um tipo de processo não necessariamente implica um tipo de arranjo físico.

<i>Tipos de processo de manufatura</i>	<i>Tipos básicos de arranjo físico</i>	<i>Serviços</i>
Processo por Projeto	Arranjo Físico Posicional	Serviços Profissionais
Processo por Jobbing	Arranjo Físico por Processo	
Processo tipo Batch	Arranjo Físico Celular	Loja de Serviços
Processo em Massa	Arranjo Físico por Produto	Serviços em Massa
Processo Contínuo		

Figura 1- Relação Entre Tipos de Processo e Arranjo Físico

Fonte: Slack et al (2002).

Existe ainda a possibilidade de superposição, onde mais de um tipo de processo é possível para um determinado tipo de arranjo físico.

A decisão 2 conforme Slack et al (2002), trata-se do tipo básico de arranjo físico podendo ele se enquadrar como arranjo físico posicional, celular, por processo ou por produto. A decisão sobre qual arranjo físico escolher pode ser feita segundo Slack et al (2002) avaliando primeiramente as características de volume e variedade.

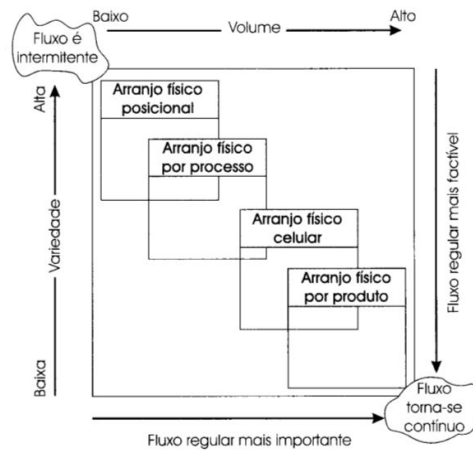


Figura 2 – Gráfico de Escolha do Arranjo Físico (Volume x Variedade)

Fonte: Slack et al (2002).

Esta decisão também é influenciada por um entendimento correto sobre as vantagens e desvantagens, sendo que o tipo de operação tem importância relativa sobre as vantagens e desvantagens (SLACK et al, 2002). Depois de decidir 1 e 2, o terceiro passo é a decisão 3, que nada mais é que o projeto detalhado do arranjo físico (SLACK et al, 2002).

2.5 MÉTODOS PARA PROJETO DE LAYOUT FUNCIONAL

Existem alguns métodos que auxiliam no projeto de layouts funcionais, como o Sistema Convencional (SLP), Computadorizado (CRAFT, ALDEP, CORELAP) e Software (AUTODESK, PROMODEL e ARENA), os quais são abordados nos tópicos 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3.

2.5.1 Sistemas Convencionais (*Systematic Layout Planning*).

De acordo com Corrêa (2009), o método SLP (*Systematic Layout Planning*) é um método sistemático de análise e projeto de arranjo físico funcional desenvolvido nos anos 50 por R. Muther. Conforme Lee (1998 apud Rocha, 2007) o método SLP- *Systematic Layout*

Planning, sistematiza conhecimentos e ferramentas no desenvolvimento ou análise de um arranjo físico visando a maior eficiência possível.

Antes de começar o projeto, o projetista deve obter algumas informações essenciais que devem ser consideradas no projeto.

- A área requerida por centro de trabalho.
- As restrições sobre a forma da área a ser alocada para cada centro de trabalho.
- O nível e a direção do fluxo entre cada par de centros de trabalho.
- O quão desejável é manter os centros próximos entre si ou próximos de algum ponto fixo do arranjo físico (SLACK et al, 2002).

Segundo Corrêa (2012), o SLP segue uma sequência de cinco passos conforme o Quadro 2.

Passos	Possíveis Ferramentas
1. Análise de fluxos de produtos ou recursos	Diagrama de fluxo ou diagrama de-para
2. Identificação e inclusão de fatores qualitativos	Diagrama de relacionamentos de atividades
3. Avaliação dos dados e arranjo de áreas de trabalho	Diagrama de arranjo de atividades
4. Determinação de um plano de arranjo dos espaços	Diagramas de relações de espaço
5. Ajuste do arranjo no espaço disponível	Planta do local e modelos (<i>Templates</i>)

Quadro 2 - Passos Metodologia SLP.

Fonte: Adaptado de Corrêa (2002).

2.5.1.1 Passo 1

O primeiro passo trata-se da análise dos fluxos de produtos e materiais entre os vários departamentos. Estes fluxos são analisados utilizando o diagrama de-para também conhecido como diagrama de fluxos.

Os diagramas de fluxos servem para representar o nível e a direção do fluxo entre pares de centros de trabalho. Estes fluxos podem ser considerados como número de jornadas,

número de carregamentos, custo do fluxo por unidade de distância percorrido entre centros, etc. (SLACK et al, 2002).

Utilizando o exemplo de Slack et al, a Figura 3 registra o número de carregamentos diários entre 5 departamentos de uma fábrica de veículos subaquático. Neste caso pode-se também representar o custo unitário de mover cargas entre os centros de trabalho em questão.

De Para	A	B	C	D	E
A		17	-	30	10
B	13		20	-	20
C	-	10		-	70
D	30	-	-		30
E	10	10	10	10	

(a)

De Para	A	B	C	D	E
A		30	-	60	20
B			30	-	30
C				-	80
D					40
E					

(b)

Figura 3 - Diagramas De Fluxos
Fonte: Adaptado de Slack et al (2002).

Se a direção do fluxo não for relevante entre os centros de produção pode-se simplificar a representação para a Figura 3 (b).

No livro do autor Corrêa 2012 encontra-se um exemplo de aplicação do método SLP para desenvolvimento de arranjo físico referente a um centro de distribuição qualquer. Neste exemplo sugere-se que cinco setores sejam alocados em determinado espaço, os centros de trabalho são: Setor de programação de materiais, setor de embalagem, supervisão de materiais, recebimento e despacho, e por último, armazenagem. A Figura 4 ilustra o diagrama “de-para” para o centro de distribuição em questão.

Diagrama “de-para”						
	De	Para	Embalagem	Rec./despacho	Armazém	Totais
Embalagem			0	400	0	400
Rec./despacho			0	0	2000	2000
Armazém			400	1600	0	2000
Totais			400	2000	2000	

Figura 4 - Diagrama “de-para” para o centro de distribuição.
Fonte: Corrêa e Henrique L., 2012.

2.5.1.2 Passo 2

O segundo passo é a análise e inclusão de fatores qualitativos através da carta de relacionamentos, que tem a finalidade de indicar de forma qualitativa a importância relativa entre centros. O diagrama de relacionamentos indica o quão desejável é manter pares de centros juntos uns aos outros. (SLACK et al , 2002)

Seguindo o exemplo do autor Corrêa (2009) ainda referente ao centro de distribuição temos o seguinte diagrama Figura 5:

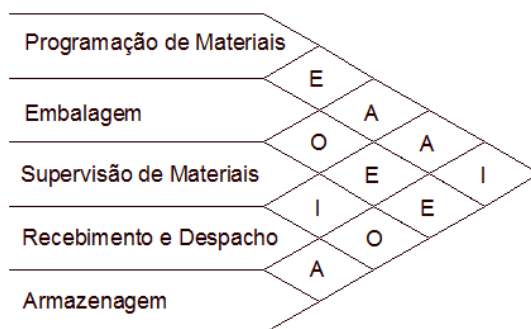


Figura 5 – Ilustração de diagrama de relacionamento entre atividades.

Fonte: Corrêa, 2009.

Para a construção da carta de relacionamentos leva-se em conta o diagrama “de-para” construído no passo 1. Primeiramente podemos estabelecer as prioridades com base nos critérios de Muther (1961) disponíveis no Quadro 3:

CÓDIGO	NÍVEL DE PROXIMIDADE	VALOR
A	Absolutamente Necessária	4
E	Especialmente Importante	3
I	Importante	2
O	Proximidade Normal	1
U	Não Importante	0
X	Indesejável	-1

Quadro 3 - Critérios de Muther (1961) para Diagrama de Relacionamentos

Fonte: Adaptado de Corrêa (2009).

Cada código significa um nível de proximidade entre os setores conforme o quadro 2.

Resumindo o passo 1 para identificar quais pares de setores devem ficar mais próximos temos a Figura 6 :

Total de Fluxo entre		
Pares de setores	Fluxo	Prioridade de proximidade
Embalagem e recebimento/despacho	400	E
Embalagem e Armazém	400	E
Armazém e Recebimento/despacho	3600	A

Figura 6 – Prioridades Considerando o Fluxo Entre Setores.

Fonte: Adaptado de Corrêa (2009).

Para facilitar o entendimento pode-se dizer que o nível de proximidade entre os setores de embalagem e recebimento/despacho é especialmente importante, já os setores de armazenagem e recebimento/despacho seria absolutamente necessária e assim por diante. (CORRÊA, 2009.)

2.5.1.3 Passo 3

A avaliação dos dados e arranjo das áreas de trabalho é feito através do diagrama de atividades baseado no passo 2. Gráficamente segundo os critérios de Muther, as relações entre os setores com uma linha de ligação representa o critério de valor 1, duas linhas representa o valor 2 e assim por diante.

O objetivo deste diagrama é arranjar os centros de trabalho de forma que aqueles departamentos com maior fluxo fiquem o mais próximos possível. Quanto mais intenso o fluxo, mais curta deve ser a linha. (SLACK et al, 2002.)

Outro objetivo a se atingir é encontrar uma configuração com o menor número de cruzamento de fluxos (SCHMIDT, 2007).

A Figura 7 representa o diagrama de arranjo de atividades do exemplo proposto por Corrêa (2009) referente ao centro de distribuição em questão.

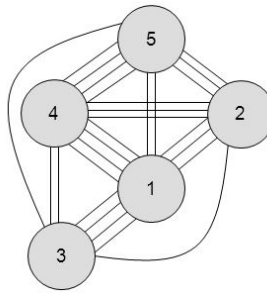


Figura 7 - Diagrama de arranjo de atividades para o centro de distribuição em questão.
Fonte: Corrêa (2009).

Ainda conforme Corrêa 2009, é interessante desenhar primeiro os setores com maior grau de importância no centro do diagrama e em seguida outros de menor importância, sempre com intuito de deixar os setores com maior número de linhas de ligação mais próximos possíveis.

2.5.1.4 Passo 4

A determinação de um plano de arranjos de espaços é feita através de um diagrama de relação de espaço que nada mais é do que o diagrama de arranjo de atividades, porém agora, com a representação em retângulos proporcionais as áreas requeridas para cada setor como na Figura 8.

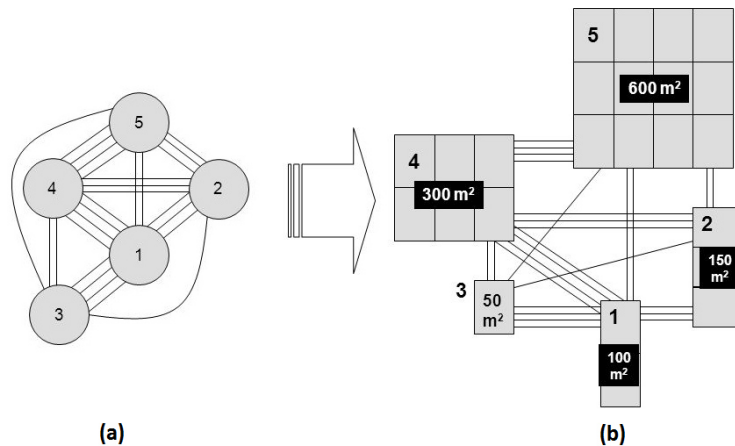


Figura 8 – Diagrama de arranjo de atividades (a) e diagrama de relações de espaços (b).
Fonte: Corrêa (2009).

2.5.1.5 Passo 5

No ajuste do arranjo no espaço disponível tenta-se a partir das análises anteriores, acomodar da melhor forma possível os setores, respeitando suas áreas e as prioridades de

proximidade, na área disponível. Na Figura 9 mostra o exemplo de como ficaria uma opção de ajuste do diagrama de espaço para um local disponível para instalação do centro de distribuição proposto para o exemplo de Corrêa (2012).

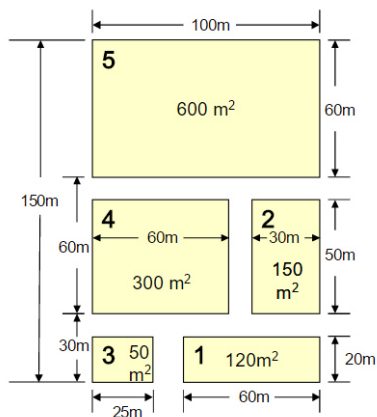


Figura 9 – Exemplo de ajuste do arranjo no espaço disponível para o centro de distribuição.
Fonte: Corrêa (2009).

2.5.2 Sistemas Computadorizados Heurísticos

Segundo Slack et al (2002), a grande diversidade combinatória de arranjos físicos por processo houve a necessidade da criação de procedimentos heurísticos para agilizar o processo de desenvolvimento de *layout*.

Algoritmos heurísticos são procedimentos que usam regras de bom senso para encontrar soluções razoáveis, são algoritmos que não garantem otimização, mas tentam obter uma boa solução.

Monks (1987, p. 96 apud Pereira, 2010) cita três softwares heurísticos mais comuns os quais são: CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*), ALDEP (*Automated Layout Design Program*) e CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*). Estes algoritmos realizam iterações visando maximizar a taxa de proximidade dos centros de trabalho e reduzir custos de manuseio.

2.5.2.1 Software CRAFT

O método parte de um arranjo inicial, em que o software altera a posição dos departamentos, computando os novos custos da mudança. Ele leva em consideração a distância do centróide de cada área e a carga movida entre essa, buscando uma solução que

minimize o custo total de movimentação do material. Pode ser aplicado para arranjo de até 40 posições ou centros de trabalho. Não fornece uma solução ótima.

Os dados de entrada são: Número departamentos, Matriz de custos unitários, Arranjo físico inicial, Necessidades individuais de espaço e Cargas movidas entre áreas (MOREIRA, 2008 apud PEREIRA, 2010).

2.5.2.2 Software ALDEP

É um método para construção de arranjo físico, em que a partir de um ponto inicial de área busca uma outra que tenha proximidade obrigatória. Após completada a distribuição do arranjo, este é avaliado por uma pontuação total, baseada em uma escala numérica atribuída aos graus de proximidade, escolhendo o arranjo de maior pontuação. Pode ser aplicado para arranjo de até 63 posições e 3 andares. Não fornece uma solução ótima.

Os dados de entrada são: Número departamentos, Matriz de proximidade, Restrições de espaço, Posição fixa de departamentos e Características físicas das instalações (MOREIRA, 2008 apud PEREIRA, 2010).

2.5.2.3 Software CORELAP

É um método para construção de arranjo físico, que difere do ALDEP por, inicialmente, calcular o grau de proximidade total de todos os departamentos. Esse grau é obtido pelo somatório dos graus de proximidade que as áreas possuem entre si, obtidos por meio de uma escala numérica. É escolhido o arranjo de maior valor, em que se posiciona no centro a área de maior grau de proximidade total. Pode ser aplicado para arranjo de 70 áreas. Não fornece uma solução ótima.

Os dados de entrada são: Número departamentos, Matriz de proximidade, Restrições de espaço - Posição fixa de departamentos, Características físicas das instalações. (MOREIRA, 2008 apud PEREIRA, 2010).

2.5.3 *Softwares*

Os softwares permitem o desenho gráfico de toda uma instalação. São bastante utilizados para otimizar e simular hipoteticamente determinados processos de uma forma individual, apesar da possibilidade de montagem da instalação completa de uma determinada unidade fabril em três dimensões.

2.5.3.1 Software Autodesk Factory Design Suite

Autodesk Factory Design Suite é uma solução de otimização para tomada de decisões de *layout* em 2D e 3D através da criação de um protótipo digital de sua fábrica.

A *Factory Design Suite* combina ferramentas de projeto, visualização e análise específicas para fábricas a fluxos de trabalho interoperáveis na nuvem para melhorar a eficiência, a precisão e a comunicação.

Os recursos de Prototipagem digital no *Factory Design Suite* permitem projetar com eficiência *layouts* de manufatura, bem como avaliar cenários hipotéticos de *layout* de fábrica para posicionar equipamentos.

Objetos de fácil instalação - como paredes, portas, janelas e colunas - tornam fácil o redimensionamento e a edição de modelos baseados em suas necessidades de *layout*. Acesse rapidamente uma extensa biblioteca de conteúdos paramétricos de fábricas - transportadores, equipamentos de manipulação de material, robôs, equipamentos elétricos e mais - ao invés de criá-los manualmente (*FACTORY...*,2016).

2.5.3.2 Software ProModel

O *ProModel* é o mais avançado software de simulação de eventos discretos que lhe ajuda a tomar melhores decisões rapidamente. Ele é usado para planejar, projetar e melhorar novos ou atuais processos de manufatura, logística, serviços e outros sistemas estratégicos, táticos ou operacionais.

O *ProModel* permite reproduzir a complexidade de processos reais, incorporando a variabilidade e interdependências que possibilita realizar poderosas análises e mudanças e, assim, otimizar sistemas e melhorar indicadores (*PROMODEL*, 2016).

2.5.3.2 Software Arena.

O software ARENA é um ambiente gráfico integrado de simulação. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no software ARENA, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada.

O software ARENA contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Utilizando templates

(cartuchos de customização), o software ARENA pode ser transformado facilmente em um simulador, específico para reengenharia, transporte de gás natural, manufatura etc (ARENA, 2017).

3. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de um estudo de caso classificado como um estudo quantitativo e descritivo. Os dados utilizados foram coletados junto à empresa estudada por meio de reuniões com os gerentes. As informações referentes ao arranjo físico foram obtidas utilizando a observação sistemática não participante e entrevista não estruturada, a ferramenta para resolução do problema será o método SLP.

Na pesquisa bibliográfica foram levantadas as informações e definições sobre arranjos físicos. Também foi citada técnicas e ferramentas para projeto de *layout* funcional.

A indústria, objeto de estudo deste trabalho, está localizada no sudoeste do Paraná. A mesma iniciou suas atividades no ano 2013 com intuito de fabricar implementos da linha agrícola e também rodoviária. Inicialmente as condições de fabricação eram precárias, pois não haviam ferramentas suficientes e nem máquinas, sendo necessário terceirizar a produção das peças metálicas. No mês de agosto do ano de 2014 a empresa passou por um processo de ampliação, mudou-se para uma nova estrutura com espaço mais amplo e passível de instalação de outros maquinários, como: máquinas de corte, dobra e usinagem, as quais foram adquiridas e instaladas em início de 2015. A partir desta instalação foi possível a fabricação de quase a totalidade das peças utilizadas nos implementos.

Atualmente os produtos da linha agrícola são basicamente carretas para transporte de plataforma de colheitadeiras, plataformas de carga e carretas basculantes. Em sua maioria são projetos padronizados, permitindo a fabricação e estoque destes produtos.

Os produtos da linha rodoviária são basicamente caçambas basculantes, plataformas auto-socorro e carrocerias metálicas, que são fabricados baseados na necessidade do cliente. Existe na empresa projetos padrão que são customizados conforme necessidade do cliente. Os produtos desta linha exigem um maior grau de customização que a linha agrícola.

Com o crescimento da empresa e aumento da demanda em 2015 e 2016, a empresa sentiu a necessidade de nova expansão, motivo este que a levou a estudar uma ampliação de suas instalações físicas para o ano de 2017. A mesma está com dificuldades em cumprir prazos de entrega devido a atrasos na produção e até mesmo perdendo vendas por falta de capacidade produtiva. A empresa atualmente conta com um total de 16 funcionários.

Visando a ampliação do estabelecimento foi necessário o estudo de um novo local, um novo projeto de fábrica. Conforme o referencial teórico deste trabalho, antes de realizar o

projeto do *layout* precisa-se fazer algumas considerações. Segundo Slack et al (2002) a primeira delas é definir o tipo de processo que é utilizado, neste caso é o processo tipo *jobbing* e o processo por projeto. O processo por *jobbing* é caracterizado por baixo volume e alta variedade, a operação processa uma série de produtos que diferirão entre si por suas características. No processo por projeto a variedade é alta e o volume é pequeno, os produtos são discretos bem definidos e bastante customizados. A diferença do processo por *jobbing* e por produto, é que no processo por produto cada produto possui suas próprias características e no processo por *jobbing* cada produto deve compartilhar os recursos de operação com diversos outros processos. A produção da linha agrícola se enquadra como *jobbing* e a produção da linha rodoviária como processo por produto. (SISTEMAS PRODUTIVOS, 2016).

O segundo passo é definir o tipo de *layout* mais adequado. Segundo Slack et al (2002) a decisão sobre qual arranjo físico escolher pode ser tomada baseada inicialmente nas características volume e variedade na Figura 2. Em seguida é influenciada por um entendimento correto sobre as vantagens e desvantagens de cada arranjo físico sempre levando em conta os tipos de processo.

Para a indústria em questão escolheu-se o *layout* por processo ou funcional. Este *layout* é o que mais se adequa às características de produção da empresa que possui um baixo volume de produção e alta variedade do mix de produtos.

Baseado no Quadro 1, das vantagens e desvantagens em comparação com a realidade da empresa, podemos considerar que o fluxo de materiais será relativamente baixo e como vantagem podemos citar a flexibilidade deste tipo de arranjo físico para acomodar as variações dos produtos principalmente na linha rodoviária.

O terceiro passo conforme Slack et al (2002) é o projeto detalhado do *layout*. Neste trabalho projetou-se um macro *layout* utilizando blocos em escala com ajuda de um software de desenho gráfico representando os setores, sendo assim, não foi identificado a posição real de cada máquina, apenas a localização do setor dentro da instalação.

Com intuito de selecionar um método de projeto de arranjo físico por processo, foi realizado uma pesquisa em artigos já publicados. Um deles foi o trabalho realizado pelos autores Borba et al (2014), referente um projeto de *layout* de uma fábrica do ramo de metalurgia, onde foi aplicada a metodologia SLP para projetar um arranjo físico adequado para atender a demanda da empresa. Naquele estudo além da adequação dos setores foi possível melhorar a definição dos locais para alocação de materiais.

Outro trabalho que apresentou resultados satisfatórios com a aplicação da metodologia SLP em uma indústria do ramo automotivo foi o artigo “Planejamento sistemático de *layout* com apoio de análise de decisão multicritério” do autor Fogliatto (2008). Nele foi possível visualizar melhorias referente a otimização do espaço disponível, diminuição das distâncias percorridas e organização do fluxo de materiais e pessoas na empresa. Fogliatto (2008) ainda utilizou como ferramenta de apoio ao SLP a análise de decisão multicritério que possibilitou uma escolha mais minuciosa da melhor alternativa de *layout* proposta.

Tendo em vista os resultados e a forma como foram desenvolvidos os trabalhos pesquisados, pode-se dizer que a metodologia SLP é adequada para desenvolver o arranjo físico da indústria avaliada.

3.1 ESTRUTURA ATUAL X FUTURA DA EMPRESA

A planta atual da empresa está distribuída em um espaço aproximado de 820 metros quadrados de área coberta. Como existe a necessidade de movimentação/manobra de caminhões e também e de pessoas, a empresa precisa possuir um espaço externo disponível. Contudo em ambos os locais (localização atual quanto a futura localização) devem permitir tal movimentação.

Atualmente a empresa possui a configuração apresentada na Figura 10:

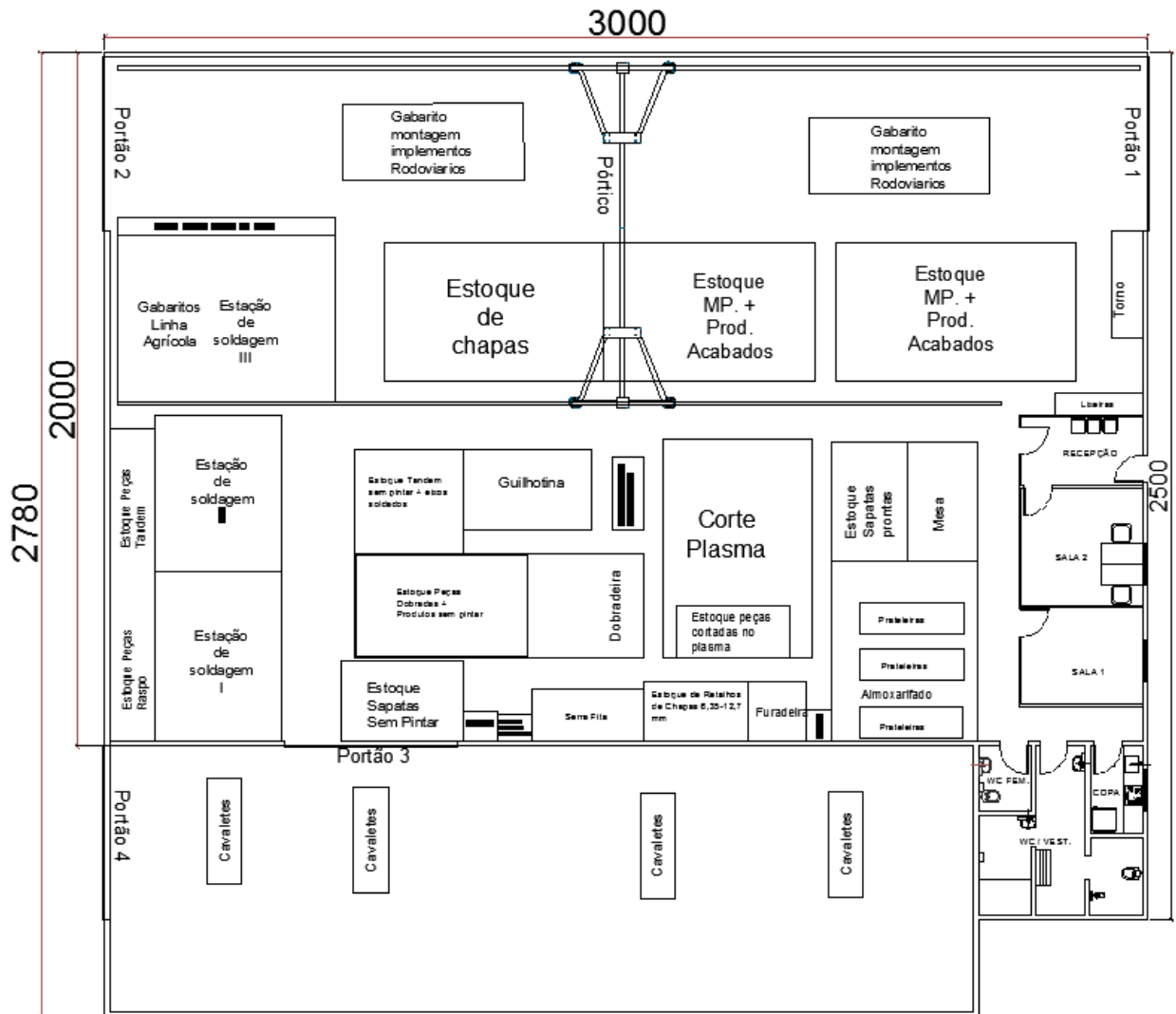


Figura 10 - Arranjo Físico Instalação Atual
Fonte: Autoria Própria.

O arranjo atual possui vários problemas. Pode-se citar alguns mais críticos para melhor entendimento da situação:

- i. Espaço para movimentação de materiais inadequado, existem locais onde o fluxo de material se sobrepõe em setores (é preciso atravessar setores para movimentação de materiais e pessoas);
- ii. Maior parte dos corredores são estreitos o que não possibilita o transporte de materiais sobre paletes ou carros do tipo transpalete (utiliza-se esforço físico dos operadores o que implica em perda de tempo e sofrimento);
- iii. Espaços para montagem de implementos rodoviários insuficientes para atender a demanda e com fluxos sobrepostos;
- iv. Falta de espaço para armazenar caminhões insuficiente em períodos de inatividade da fábrica (veículos devem ficar em área coberta durante a noite);

- v. Espaço para estoque de produtos acabados e semiacabados inadequado (produtos acabam ficando amontoados no setor de montagem);
- vi. Falta de espaço para armazenar matérias primas (matéria prima fica misturada com produtos semiacabados);
- vii. Estoques atrapalhando o fluxo de materiais;
- viii. Setor de carga e descarga improvisado;
- ix. Dificuldade na localização de peças (consequentemente difícil de se fazer o controle de estoque);
- x. Setores distantes (Ex. torno muito longe da serra fita poli corte e outros).

Com intuito de solucionar estes problemas a empresa pretende adquirir um terreno com área coberta de aproximadamente 1700 metros quadrados.

3.2 ESTRATÉGIA DA EMPRESA

Antes de desenvolver o *layout*, precisou-se conhecer quais são os objetivos da empresa com o projeto. Para isto foi realizada uma pesquisa com os gerentes da empresa a fim de definir os rumos da mesma.

Segundo os gerentes, a empresa pretende livrar-se de custos com aluguel, reduzir desperdícios desnecessários, adequar os setores, aumentar a qualidade dos produtos, melhorar o controle de produção, reduzir o lead time dos produtos, melhorar o conforto e a qualidade de vida dos funcionários, e ainda a empresa prevê que para os próximos cinco anos a demanda seja duplicada tanto na área de implementos agrícolas como rodoviários.

Quanto aos produtos, a empresa pretende continuar com a gama atual de produtos e prever a ampliação para um novo produto da linha agrícola e um da linha rodoviária.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE MACRO *LAYOUT*

Neste item encontra-se a informações como a área idealizada para cada setor bem como as restrições que foram utilizadas para desenvolvimento do *layout*, em seguida a aplicação da metodologia SLP.

4.1 ÁREA REQUERIDA POR CENTRO DE TRABALHO

Para iniciar o *layout* precisa-se definir os centros de trabalho e suas dimensões para atender os requisitos de produção propostos. Realizou-se então um levantamento dos equipamentos e setores que necessitam de espaço dentro da empresa e que foram contemplados na elaboração do *layout*, estes foram apresentados no Quadro 4. Esta etapa foi realizada baseada na observação e estimativa do que seria um espaço adequado para cada setor.

Nº	Setor	Área Requerida
1	Corte a Plasma	47 m ²
2	Corte Guilhotina	17,5 m ²
3	Dobreira	15 m ²
4	Torno	10 m ²
5	Serra Fita	10 m ²
6	Furadeira de Bancada	5,1 m ²
7	Policorte	2,6 m ²
8	Montagem Chassis agrícola	60 m ²
9	Montagem Sapatas	37,5 m ²
10	Montagem Tandem	52,5 m ²
11	Montagem Raspo	30 m ²
12	Novo produto linha agrícola	30 m ²
13	Estoque de produtos sem pintar	72 m ²
14	Estoque de produtos pintados	45 m ²
15	Setor de descarga	50 m ²
16	Expedição	50m ²

17	Almoxarifado	102 m ²
18	Estoque de Chapas	14,5 m ²
19	Estação de Montagem I (rodoviários)	75 m ²
20	Estação de Montagem II (rodoviários)	75 m ²
21	Montagem de Chassis Rodoviários	85 m ²
22	Montagem Sub-conjuntos (rodoviários)	75 m ²
23	Novo produto linha Rodoviária	73 m ²
24	Preparação de Caminhões	75 m ²
25	Escritório/Engenharia	60 m ²
26	Cozinha	16 m ²
27	Banheiros	28 m ²
28	Pintura	200 m ²

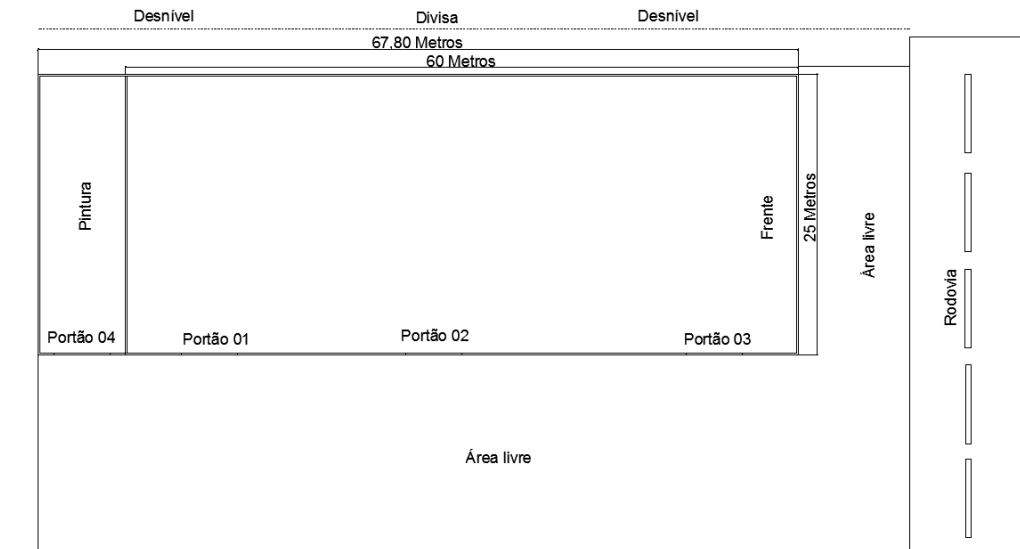
Quadro 4 – Área estimada requerida por setor
Fonte: Autoria Própria.

4.2 RESTRIÇÕES SOBRE FORMA DA ÁREA DISPONÍVEL

A área a ser alocada ao novo *layout* já se encontra construída, existindo a necessidade de se avaliar e tecer considerações sobre a mesma, incluindo possíveis modificações. Em entrevista com os gerentes, na região frontal do futuro barracão, voltado para a rua, deverá ficar o escritório juntamente com banheiros e cozinha (ver Figura 11). Na parte traseira do barracão deverá ficar a o setor de pintura. O setor de pintura trata-se de uma área coberta anexa ao barracão e não propriamente dentro do mesmo.

Quanto à altura da cobertura, já foi avaliado e a mesma é adequada para instalação de uma talha para movimentação de cargas dentro da empresa, bem como a instalação de sistemas de ventilação.

Na lateral oposta às portas não é possível fazer modificações pois existe um desnível no terreno e também devido a ficar muito próximo da divisa com terreno vizinho. Na lateral onde encontra-se as portas (três portas no total + uma na pintura) existe espaço livre que será utilizado para entrada e saída de produtos, veículos e movimentação de caminhões.



**Figura 11 – Estrutura Disponível Para Novo Arranjo Físico.
Fonte: Autoria Própria.**

4.3 APLICAÇÃO METODOLOGIA SLP

O Planejamento Sistemático de Layout (SLP) é uma metodologia idealizada para estudar problemas de layout. O SLP é constituído em fases que de passo a passo vão compondo o projeto do arranjo físico.

4.3.1 Análise de Fluxos de Produtos ou Recursos

Conforme Slack et al os fluxos podem ser analisados utilizando o diagrama de-para também conhecido como diagrama de fluxo. Na construção do diagrama foram inseridos em uma coluna à esquerda a lista dos setores envolvidos, ver Apêndice A. Para facilitar a análise os setores exclusivos da linha rodoviária foram comprimidos e analisados como um único setor, ou seja, os setores Estação de Montagem I, Estação de Montagem II, Montagem de Chassis Rodoviários, Montagem de Subconjuntos, Novo produto linha Rodoviária foram comprimidos para um único setor chamado agora de linha rodoviária (ver quadro 5). Esta decisão foi uma forma de facilitar a análise e também devido aos produtos fabricados nestes setores possuírem restrições de tamanho e peso, são componentes pesados e que devem estar o mais próximo possível evitando o deslocamento destes componentes.

Nº	Setor	Área Requerida
1	Corte a Plasma	47 m ²
2	Corte Guilhotina	17,5 m ²
3	Dobradeira	15 m ²
4	Torno	10 m ²
5	Serra Fita	10 m ²
6	Furadeira de Bancada	5,1 m ²
7	Policorte	2,6 m ²
8	Montagem Chassis agrícola	60 m ²
9	Montagem Sapatas	37,5 m ²
10	Montagem Tandem	52,5 m ²
11	Montagem Raspo	30 m ²
12	Novo produto linha agrícola	30 m ²
13	Estoque de produtos sem pintar	72 m ²
14	Estoque de produtos pintados	45 m ²
15	Setor de descarga	50 m ²
16	Expedição	50m ²
17	Almoxarifado	102 m ²
18	Estoque de Chapas	14,5m ²
19	Linha Rodoviária	458m ²
20	Pintura	200m ²
21	Escritório.+ WC + Cozinha	104m ²

Quadro 5 – Área estimada requerida por setor (simplificado)

Fonte: Autoria Própria.

Outro detalhe observado é a união dos setores Escritório/Engenharia, Cozinha, Banheiros que deverão estar juntos e localizados mais próximo da região frontal do barracão, este critério foi ditado pelo responsável da empresa.

Não se fez necessário a análise dos sentidos de direções do fluxo, contudo utilizou-se apenas a parte superior do diagrama, foi considerado a soma dos fluxos independente do sentido de movimentação entre setores. Os valores representam a porcentagem dos deslocamentos entre os pares de setores em relação ao às movimentações totais de material dentro da instalação. Exemplificando: O fluxo de materiais entre o setor de tornearia e o de corte a plasma representa dois por cento (2%) de todas as movimentações existentes na fábrica. O valor em porcentagem foi estimado baseado na produção atual e também no conhecimento prático dos especialistas da área de produção da empresa. O correto seria identificar os fluxos de forma individual eliminando assim o risco de erro. Contudo, para realizar esta análise seria necessário não apenas observar os deslocamentos diários, mas sim

mensais devido a deslocamentos que são concentrados em determinados dias do mês, o que acarretaria em tempo e custos, assim optou-se por fazer uma análise simplificada.

Os fluxos de pessoas não foram considerados. Também foram desconsiderados os fluxos fora da instalação devido ao grande espaço disponível, não sendo um problema para a empresa.

4.3.2 Identificação e Inclusão de Fatores Qualitativos

A análise e inclusão de fatores qualitativos é feita através da carta de relacionamentos, que tem a finalidade de indicar de forma qualitativa a importância relativa entre centros. O diagrama de relacionamentos indica o quão desejável é manter pares de centros juntos uns aos outros (SLACK et al, 2002).

Para a construção do diagrama foram desconsiderados setores com fluxos menores que 1%, ver Figura 12.

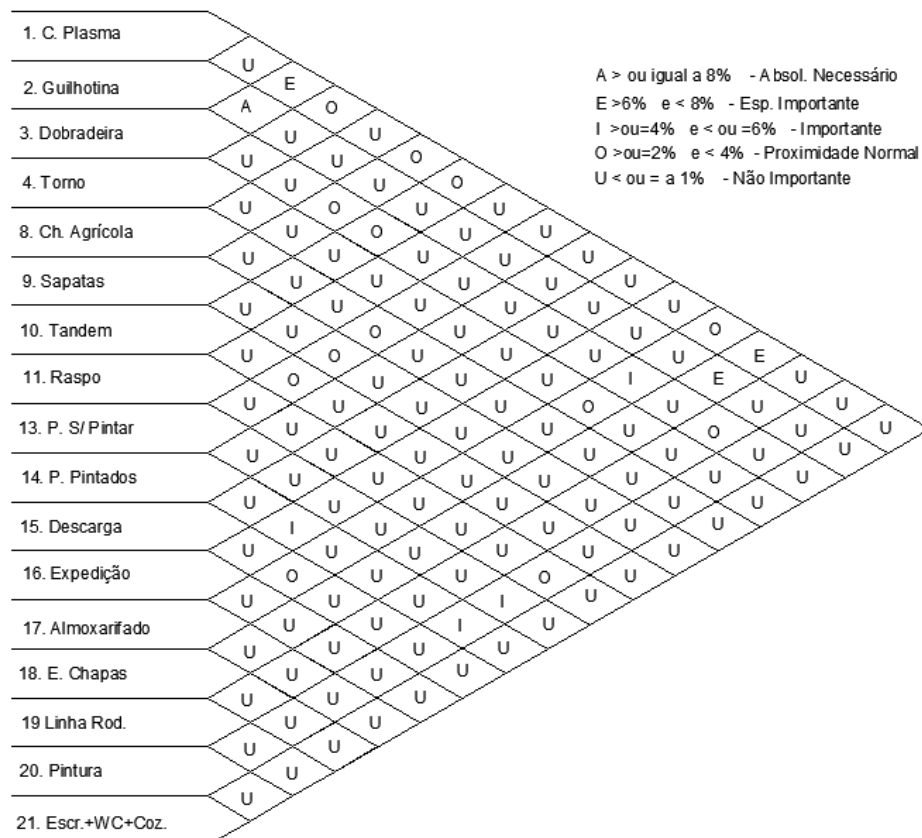


Figura 12 – Diagrama de Relacionamentos Para o Novo Layout
Fonte: Autoria Própria.

4.3.3 Avaliação dos Dados e Arranjo de Áreas de Trabalho

A avaliação dos dados e arranjo das áreas de trabalho é feito através do diagrama de atividades. A construção deste diagrama se dá pela distribuição dos setores representados apenas por pequenos círculos numerados, interligando-os por linhas que representam os fluxos entre eles. Gráficamente estas linhas, segundo os critérios de Muther (ver quadro 3), a relação entre os setores com uma linha de ligação representa o critério de valor 1, duas linhas representa o valor 2 e assim por diante.

No projeto do *layout* uma linha representa o percentual dos fluxos de materiais totais dentro de uma faixa de 2% a 4%. Duas linhas representa o percentual dos fluxos numa faixa de 4% a 6%. Três linhas representa um percentual de 6% a 8%, por fim quatro linhas identifica um percentual maior que 8% do total dos deslocamentos entre setores. Assim, foi possível a construção do diagrama de atividades do projeto em questão, conforme Figura 13.

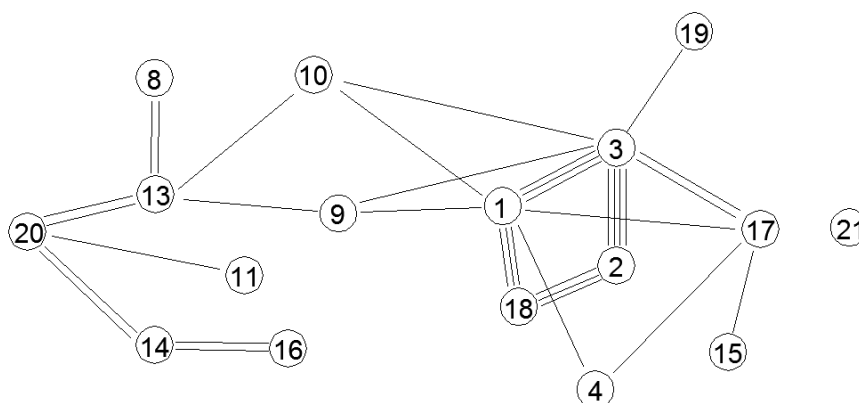


Figura 13 – Diagrama de Atividades Para o Novo Layout
Fonte: Autoria Própria.

4.3.4 Determinação de um Plano de Arranjo dos Espaços

A determinação de um plano de arranjo de espaços é feita através de um diagrama de relação de espaço que nada mais é do que o diagrama de arranjo de atividades, contudo agora, com a representação em retângulos proporcionais as áreas requeridas para cada setor.

Nesta etapa as áreas requeridas para cada setor devem ser levadas em conta, para isto utiliza-se o Quadro 5 como base para elaboração do diagrama. Fazendo esta consideração chegou-se ao diagrama da Figura 14.

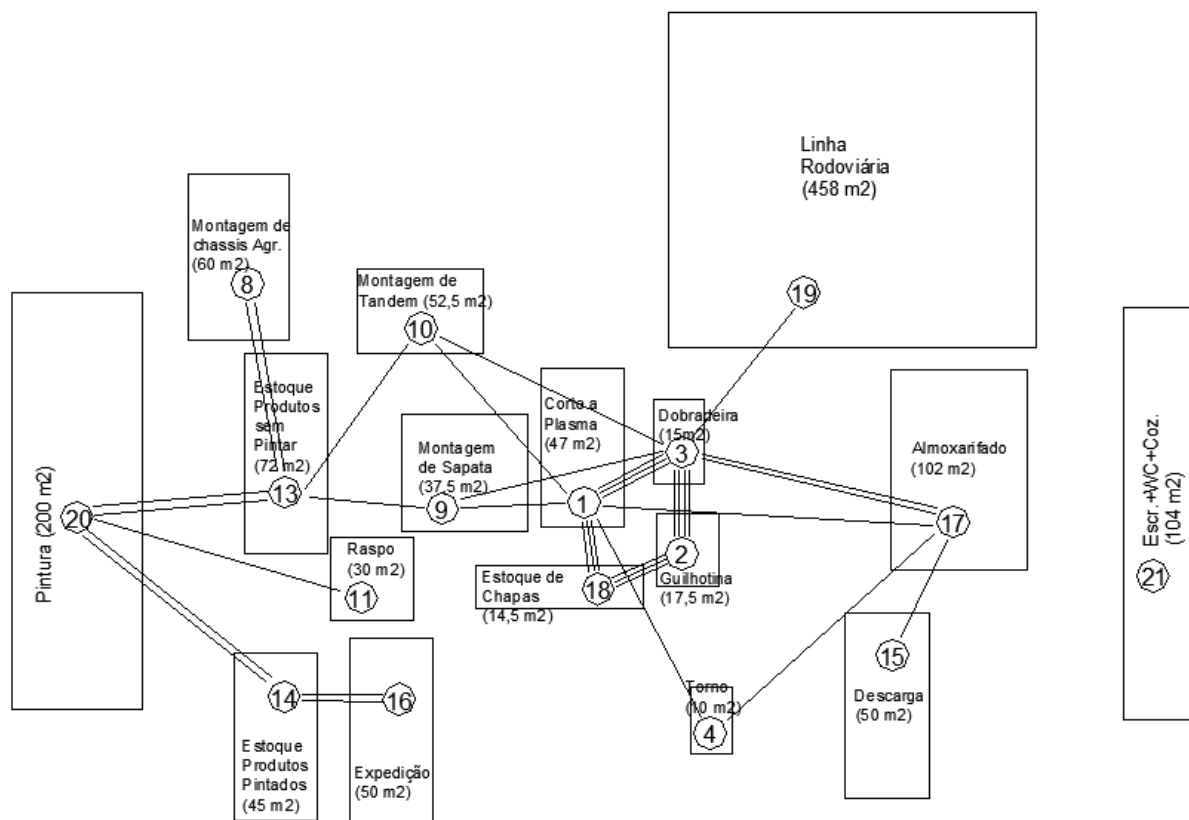


Figura 14 - Diagrama de Relação de Espaço Para o Novo *Layout*
 Fonte: Autoria Própria.

4.3.5 Ajuste do Arranjo no Espaço Disponível

No ajuste do arranjo no espaço disponível tenta-se a partir das análises anteriores, acomodar da melhor forma possível os setores, respeitando suas áreas e as prioridades de proximidade, na área disponível.

Realizando esta etapa chegou-se finalmente a uma alternativa de *layout* inicial disposta na Figura 15.

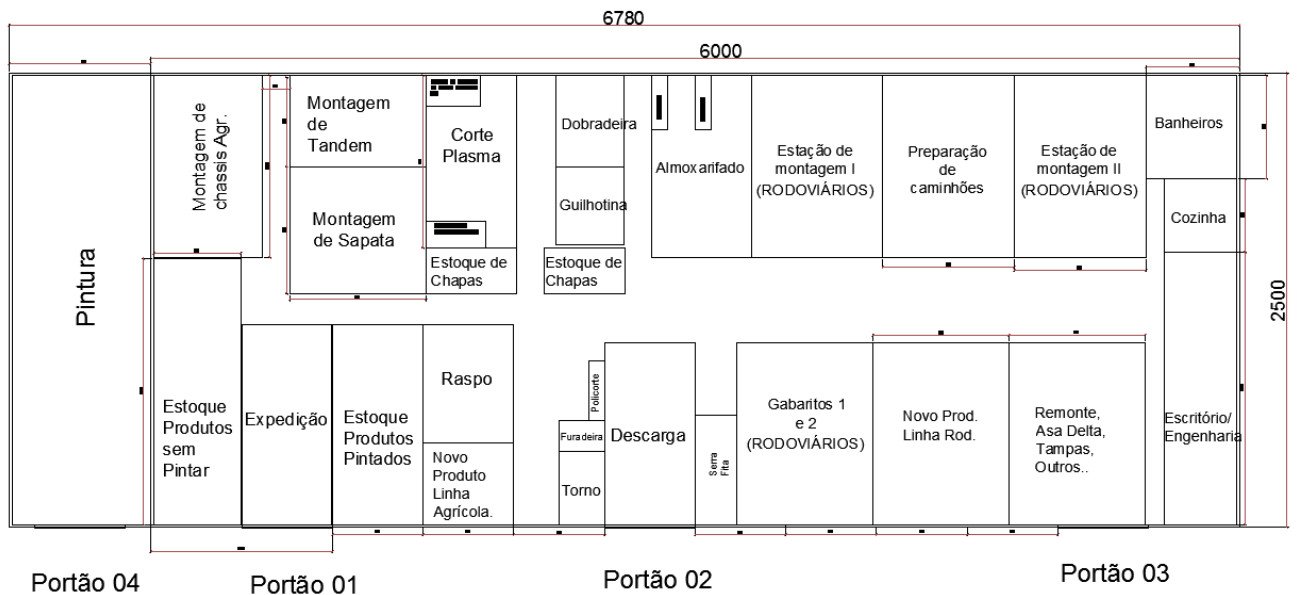


Figura 15 – Opção 1
Fonte: Autoria Própria.

Posteriormente foi elaborado novamente outras alternativas de *layout* com intuito de comparação entre elas para definir o arranjo mais adequado. E as seguintes alternativas foram desenvolvidas:

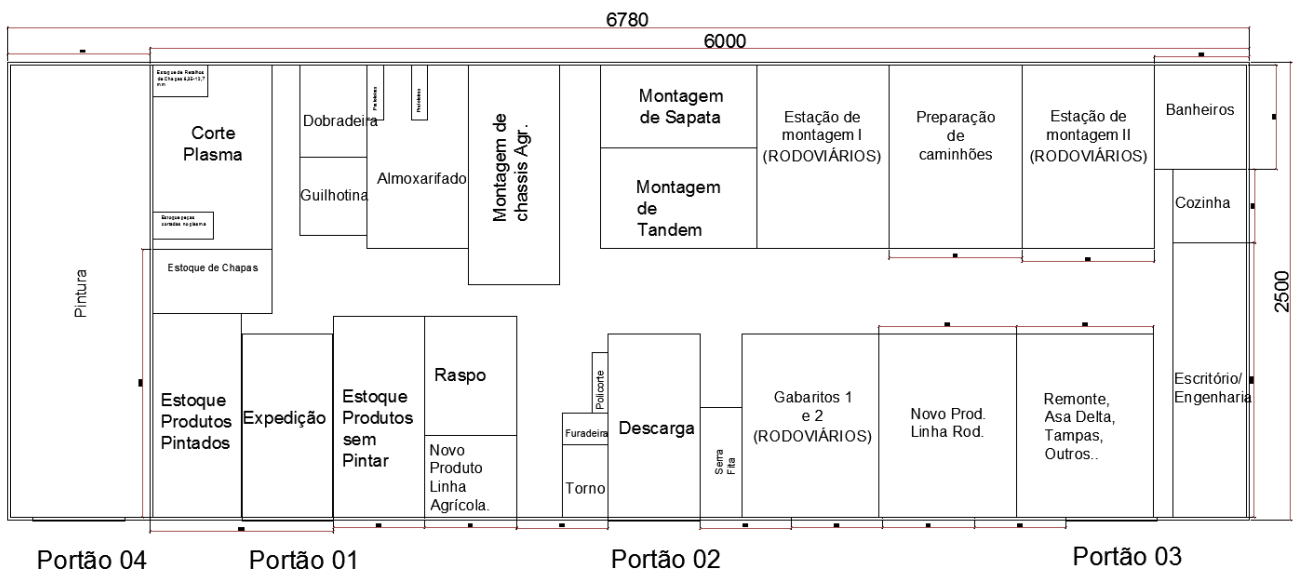


Figura 16 - Opção 2
Fonte: Autoria Própria.

Na Opção 2 o corte a plasma, dobradeira e guilhotina que possuem grande fluxo de materiais entre si, permaneceram juntos porém em comparação com Opção 1 foi alterado de posição com setores da linha agrícola. Para isto também foi necessário a movimentação do almoxarifado. Esta troca foi estudada devido ao corte a plasma necessitar de uma região isolada evitando espalhar poeira gerada no corte para outros setores. O canto do barracão

facilita o processo de isolamento desta área e também a instalação do sistema de ventilação/exaustão.

Esta modificação acarreta uma certa dificuldade no transporte dos chassis agrícolas para o estoque de produtos pintados, porque os chassis são longos e o deslocamento deles até o almoxarifado exigiria manobras para sair do setor de montagem até o estoque. A ordem dos estoques de produtos foi alterada para aproximar o estoque de produtos sem pintar aos setores de montagem dos implementos agrícolas respeitando os critérios de proximidade do diagrama de relação de espaço da Figura 14.

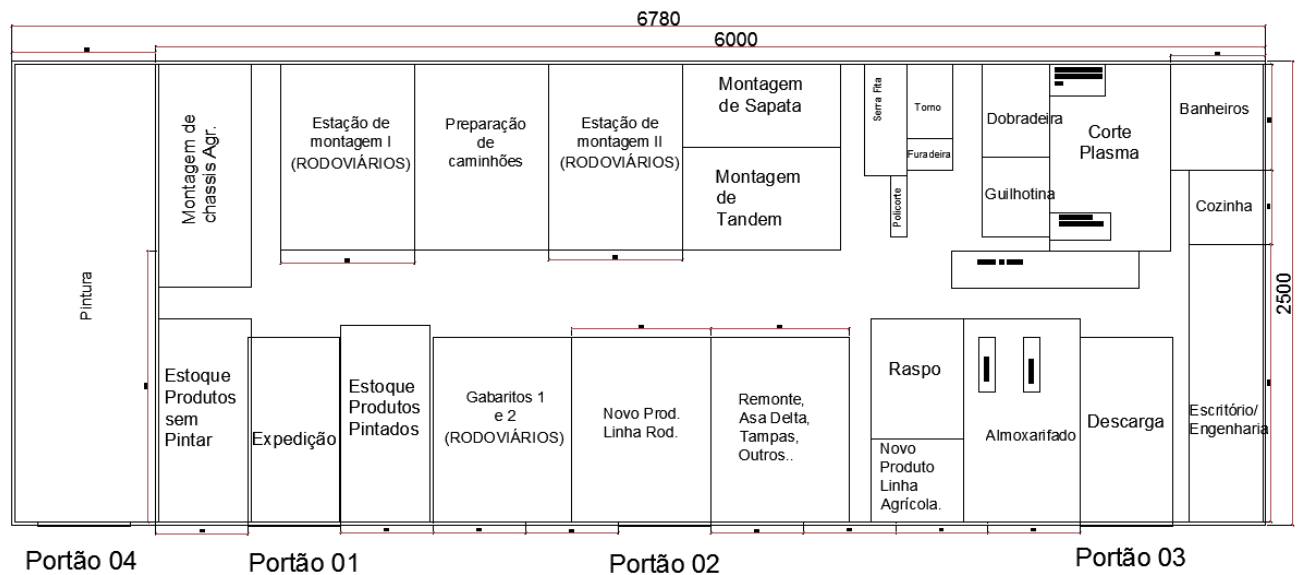


Figura 17 - Opção 3
Fonte: Autoria Própria.

Na Opção 3 foi estudado a possibilidade de alocar o almoxarifado próximo ao escritório com intuito de facilitar o controle de peças e materiais. Respeitando os indicativos de proximidade foi necessário trazer próximo do almoxarifado os setores de corte e dobra bem como o setor de descarga (descarga próximo ao portão 03).

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As alternativas estabelecidas são comparadas na sequência, ver tabela 1. Busca-se selecionar a que melhor atenda às necessidades da produção. Um dos critérios para seleção foi as distâncias resultantes entre os setores, para tal foi construída uma estimativa dos percursos percorridas pelos materiais entre os setores nas três opções. As distâncias encontradas estão tubuladas na sequência.

Tabela 1 - Distâncias Resultante Entre Setores de Cada Alternativa.

Setores Relacionados	Opção 1 (metro)	Opção 2 (metro)	Opção 3 (metro)
Plasma- Dobra	8,15	37,5	29,0
Plasma- Estoq. Chapas	3,25	4,0	0,0
Plasma- Torno	15,30	29,0	29,0
Plasma - Sapatas	26,0	31,0	30,0
Plasma - Tandem	22,0	26,0	25,0
Plasma - Almojarifado	16,3	14,0	11,0
Guilh. - Dobra	0,0	0,0	0,0
Guilh.- Estoq. Chapas	4,0	4,0	1,0
Dobra- Mont. Sapatas	32,0	37,0	23,0
Dobra- Mont. Tandem	28,0	33,0	18,0
Dobra- Almojarifado	1,5	20,0	17,5
Dobra Linha Rod.	26,0	46,0	32,5
Torno- Almojarifado	24,0	19,0	19,0
Sapatas- P.S. Pintar	9,0	29,0	46,0
Tandem- P.S. Pintar	5,0	24,0	41,0
Raspo- Pintura	36,0	37,5	61,0
Ch. Agríc. - P.S. Pintar	6,0	16,0	6,0
P.S. Pintar- Pintura	18,0	18,0	18,0
P. Pintados - Pintura	18,0	18,0	18,0
P. Pintados - Espedição	0,0	0,0	0,0
Descarga – Almojarifado	8,0	18,0	8,0
TOTAL	306,5	461	433

Fonte: Autoria Própria.

Considerando as distâncias percorridas dentro da fábrica, e objetivando minimizar o custo total de movimentação de materiais entre os centros produtivos, conclui-se que a Opção 01 é a que possui as menores distâncias entre os setores e, portanto, a mais adequada. Outro critério para seleção que deve ser levado em conta é a possibilidade de expansão futura. Como

determinante foi realizada uma análise junto com os gestores da empresa e concluiu-se que a Opção 1 seria mais adequada. Nesta alternativa se poderia ampliar a área construída para frente do barracão movendo então o escritório, banheiros e cozinha para liberar espaço estações de montagem de implementos rodoviários. Também se estuda a possibilidade de adquirir um barracão vizinho localizado na parte traseira.

A Opção 02 e Opção 03 também é passível de ampliação, contudo se comparado com a primeira alternativa as distâncias entre os setores de montagem e de fabricação de peças/almojarifado aumentariam consideravelmente, na Opção 01 o almoxarifado fica centralizado em relação aos setores linha agrícola e linha rodoviária.

Um terceiro critério para definição do *layout* seria a linearidade dos fluxos. A alternativa que apresentou maior linearidade foi a Opção 01, seguida da Opção 03. A alternativa dois apresenta problemas com a movimentação dos produtos, um exemplo seria a movimentação dos chassis agrícolas que precisam ser girados ao sair do setor de montagem e girado novamente para poder colocar no estoque de produtos sem pintura. O problema dessas movimentações é que os chassis são compridos e pesados acarretando riscos ao operários e perdas de tempo.

Nas três alternativas a distribuição dos setores foi considerado boa, pois todos os setores foram alojados com seus tamanhos adequados segundo o Quadro 5 das áreas requeridas e ainda sobrou corredores em que se é possível passar com transpalete, ou ainda manobrar caminhões.

Em conclusão definiu-se então que a Opção 01 atende todos os critérios de seleção e foi eleita a opção mais adequada para o barracão em questão.

Com a nova configuração (Opção 01) foi possível estabelecer fluxos bem definidos e espaços adequados para o transporte de materiais sobre paletes ou carros do tipo transpalete diminuindo assim o esforço físico dos operadores e aumentando a agilidade nas movimentações. O menor corredor está na faixa de 1,3 metros o qual ainda sim permite passar um palete de 1,2 metros.

Os espaços para montagem de implementos rodoviários tiveram uma considerável ampliação sendo considerado suficientes para atender a demanda futura. A sobreposição de fluxos será evitada e ainda sobra espaços para armazenar com segurança os veículos que estão aguardando a instalação do implemento.

Os locais de estoques de produtos mercadorias e matérias primas ficaram bem definidos facilitando a localização e o controle destes materiais.

O Setor de expedição e descarga que atualmente são improvisados, foram definidos e adequados, eliminando paradas temporárias de outros setores para carregar ou descarregar mercadorias.

Devido ao aumento da produção (dobrar produção) conseqüentemente será necessário aumentar a mão de obra. Estima-se estão um aumento de 16 para 27 profissionais no total (área administrativa + produção) aumentando assim um percentual de aproximado 69%.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que mudanças no *layout* de uma empresa não são fáceis de fazer e podem acarretar custos, além do risco de danificar máquinas e equipamentos. A metodologia SLP é fácil de ser compreendida e eficaz quando se trata de um projeto de *layout* funcional. Ela é composta por fases sequenciais que relacionam informações quantitativas juntamente com qualitativas a fim de identificar relações entre setores e, por meio destas relações maximizar e organizar a produção de uma gama de produtos.

O resultado do projeto do arranjo físico por meio da metodologia SLP foi considerado satisfatório, pois constatou-se várias melhorias com o processo de expansão. No novo arranjo físico eliminou-se problemas de movimentação de materiais dentre da empresa, os estoques e setores foram claramente definidos, a segurança e o conforto dos operários melhorou permitindo que a empresa opere com um rendimento maior sem deixar de atender a demanda entre outros. Além disso com o passar do tempo a quantidade de postos de trabalho serão gradativamente aumentados gerando emprego principalmente para moradores locais.

No decorrer do trabalho deparou-se com algumas dificuldades como necessidade de medir e quantificar os fluxos entre setores que acabaram sendo estimados, e dificuldades de identificar alguns setores atuais da empresa por estarem mesclados devido à falta de espaço.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se medir os fluxos de materiais para permitir obter um resultado mais preciso. Recomenda-se também estabelecer critérios de seleção mais precisos e utilizar sistemas matemáticos que possam auxiliar no processo de escolha da melhor alternativa. Em exemplo a metodologia multicritério utilizada pelos autores Fogliatto e Tortorella (2010) poderia ser utilizada como ferramenta complementar para uma escolha minuciosa da melhor alternativa, até mesmo podendo ser comparada as duas metodologias.

Salienta-se que este trabalho compreende uma análise do macro *layout* e que se pode ainda realizar um projeto de micro e ainda o sub-micro *layout*, o que poderia nos trazer mais informações sobre a real eficiência do arranjo.

REFERÊNCIAS

ARENA, *Software*. Disponível em: < <http://www.erlang.com.br/arena.asp>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo : Atlas, 2009.

FACTORY DESIGN SUITE. Disponível em: < <http://www.autodesk.com.br/suites/factory-design-suite/overview>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

FERNANDES, Giovane; STRAPAZZON, Rafael; CARVALHO, Andriele De Pra. *Layout de empresas e seus benefícios*. In: XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção (ENEGEP). 2013, Salvador. **Anais...**p. 3-4.

FOGLIATTO, F.S; TORTORELLA, G.L. Planejamento Sistemático de *Layout* com Apoio de Análise de Decisão Multicritério. *Produção*, V.18. Porto Alegre, 2010. p. 609-624.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações – São Paulo: Pioneira Thomson Learning*, 2002.

PEREIRA, M.L.Jr.; IMPALÁ, S.C.; GAMBASSI, W.E.P. **Proposta de Melhoria de Arranjo Físico Numa Indústria Metalúrgica: Área de estamparia**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2010.

PROMODEL, Software. Disponível em: <<http://www.belge.com.br/mobile/prod-promodel.php>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

ROCHA, L.L.C. **Utilização Do Método SLP Para Melhoria De Layout Em Uma Metalúrgica De Pequeno Porte**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha. Marília, 2015.

SCHMIDT, T. **Projeto de macro-layout da empresa Cisbrasile LTDA**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, 2007.

SISTEMAS PRODUTIVOS. Disponível em: <<https://sistemasprodutivos.wordpress.com/gerencia-de-producao-e-operacoes/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

APÊNDICE A - Diagrama De-Para do Novo *Layout*

DIAGRAMA DE-PARA DO NOVO LAYOUT

Diagrama de-para																								
	De	Para	C. Plasma	Guilhotina	Dobradeira	Torno	Serra Fita	Furadeira	Policorte	Ch. Agrícola	Sapatos	Tandem	Raspo	N. P. Agic.	P. S/ Pintar	P. Pintados	Descarga	Expedição	Almoxarifado	E. Chapas	Linha Rod.	Pintura	Escr.+WC+Coz.	
1	C. Plasma			0	7	2	0	0	0	0	3	2	1	0	0,5	0	0	0	0	3	7	0,5	0	0
2	Guilhotina				8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	1	0	0
3	Dobradeira					0	0	0	0	0	3	3	1	0	0,5	0	0	0	0	5,5	0	2	0,5	0
4	Torno						1	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,5	0	0
5	Serra Fita							0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Furadeira								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0
7	Policorte									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Ch. Agrícola										0	0	0	0	3	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
9	Sapatos											0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Tandem												0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Raspo													0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	2	0
12	N. P. Agic.														0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	P. S/ Pintar															0	0	0	0	0	0	0	6	0
14	P. Pintados																0	0	6	0	0	0	4	0
15	Descarga																		0	2	1	0,5	0	0
16	Expedição																			1	0	0	0	0
17	Almoxarifado																				0	1	0,5	0
18	E. Chapas																					0	0	0
19	Linha Rod.																						0,5	0
20	Pintura																							0
21	Escr.+WC+Coz.																							