

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAMILA PETRY

**PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO ATRAVÉS DO MÉTODO SLP EM
UM AMBIENTE OPERACIONAL DE UMA EMPRESA DE
COMUNICAÇÃO VISUAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2015

CAMILA PETRY

**PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO ATRAVÉS DO MÉTODO SLP EM
UM AMBIENTE OPERACIONAL DE UMA EMPRESA DE
COMUNICAÇÃO VISUAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof Me. Peterson Diego Kunh
Coorientador: Prof Me. Neron Alípio Cortes Berghauser

MEDIANEIRA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Medianeira
Coordenação de Engenharia de Produção
Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

**PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO ATRAVÉS DO MÉTODO SLP EM UM
AMBIENTE OPERACIONAL DE UMA EMPRESA DE COMUNICAÇÃO VISUAL**

por

CAMILA PETRY

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 12 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho.....

Peterson Diego Kunh
Orientador

Neron Alípio Cortes Berghauser
Coorientador

Edson Hermenegildo Pereira Junior
Membro titular

Carlos Laércio Wrasse
Membro titular

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

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre guiar meu caminho.

À minha família, por sempre acreditarem em mim e pelo incentivo ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador Me. Peterson Diego Kunh e coorientador Me. Neron Alípio Cortes Berghauser pelas orientações e ajudas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção, por todo o conhecimento repassado.

Aos meus amigos e colegas da Engenharia de Produção pelo apoio, principalmente aos que me ajudaram nos momentos mais difíceis ao longo do curso.

As minhas amigas, pela amizade e apoio, que mesmo distantes se fazem presentes.

À direção e a equipe da empresa onde foi possível a realização deste estudo.

Enfim a todas as pessoas que participaram da minha vida nos últimos cinco anos, e que de certa forma me ajudaram a concluir esse trabalho. Muito obrigada!

“É preciso força pra sonhar e perceber,
que a estrada vai além do que se vê.”

Marcelo Camelo

PETRY, Camila. **Proposta de arranjo físico através do método SLP em um ambiente operacional de uma empresa de comunicação visual**. 2015. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

RESUMO

No atual mercado competitivo, empresas estão buscando melhorias em seus processos na disputa por clientes. A aplicação de técnicas e análises dentro dos setores produtivos torna-se fundamental neste cenário, devido às diversas mudanças pelas quais as empresas vêm passando pressionadas pelo mercado. No presente estudo apresentam-se os tipos de arranjos físicos, suas características e aplicações, e a metodologia SLP (*Systematic Layout Planning* - Planejamento Sistemático de *Layout*). Foi realizado um estudo de caso utilizando o SLP em um ambiente operacional de uma empresa de comunicação visual, para o qual foram propostas duas sugestões de arranjo físico. Foram avaliadas as duas opções e identificada a melhor proposta, usando-se uma tabela comparativa de distâncias e de fatores relevantes para o arranjo físico.

Palavras-chave: Arranjo Físico. Planejamento Sistemático de *Layout*. Produtividade.

PETRY, Camila. **Physical layout proposal through the SLP method in an operating environment of a visual communication company.** 2015. Monograph (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

ABSTRACT

In the current competitive market, companies are seeking improvements in their processes for the customer dispute. The utilization of techniques and analysis within the productive sectors is fundamental in this scenario, due to the various changes that the companies are undergoing pressured by the market. This study presents the layout types, their characteristics, applications and the SLP (Systematic Layout Planning) methodology. A case study was performed using the SLP in an operating environment of a visual communication company, for which it was proposed two suggestions of layout. Both options were evaluated and the best proposal was identified, using a comparative table of distances and relevant factors for layout.

Keywords: Layout. Systematic Layout Planning. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características básicas dos sistemas produtivos.....	16
Figura 2 - Complexo de restaurantes com os tipos básicos de <i>layout</i>	21
Figura 3 - Matriz de <i>layout</i> e gráfico volume – variedade.....	22
Figura 4 - As quatro fases do sistema SLP ao longo do tempo.....	26
Figura 5 - Fases do SLP.....	26
Figura 6 - Sistema de procedimentos do SLP.....	28
Figura 7 - Uso da carta de-para em volumes de materiais movimentados.	29
Figura 8 - Critérios para definição de prioridade de proximidade.	30
Figura 9 - Exemplo de carta de interligações preferenciais.....	31
Figura 10 - Exemplo de um diagrama de inter-relações.....	32
Figura 11 - Exemplo de diagrama de inter-relações.....	33
Figura 12 - Exemplo de ajuste do arranjo físico.	33
Figura 13 – Etapas para a realização da pesquisa.	36
Figura 14 - <i>Layout</i> do setor de produção da empresa estudada.	39
Figura 15 - Fluxo de materiais do <i>layout</i> atual.....	42
Figura 16 - Carta de processo múltiplo.	46
Figura 17 - Carta de fluxo de processos.	47
Figura 18 – Detalhe de execução do corte com equipamento com policorte.	48
Figura 19 – Guilhotina utilizada para cortes de chapas.....	49
Figura 20 – Soldagem dos quadros realizada no gabarito.	49
Figura 21 – Calandra para a moldagem dos tubos.	50
Figura 22 - Detalhe do processo de soldagem do tubo de sustentação.....	51
Figura 23 - Gaiola.....	52
Figura 24 - Carta de interligações preferenciais elaborada para o processo estudado.	54
Figura 25 - Diagrama de inter-relações.....	55
Figura 26 - Diagrama de inter-relações de espaço	58
Figura 27 - <i>Layout</i> proposto 1	59
Figura 28 - <i>Layout</i> proposto 2.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores para a elaboração de um arranjo físico.....	19
Quadro 2 - Objetivos relevantes às operações.	20
Quadro 3 - Passos de planejamento por SLP.	28
Quadro 4 - Descrição dos setores e atividades.....	40
Quadro 5 - Produtos e serviços prestados da empresa.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais para a fabricação do <i>Top Sight</i>	45
Tabela 2 - Tempo de fabricação dos componentes do <i>Top Sight</i>	53
Tabela 3 - Áreas e características físicas necessárias dos setores e atividades	56
Tabela 4 - Distâncias físicas aproximadas percorridas	63
Tabela 5 - Avaliação dos arranjos físicos	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO	15
2.1.1 Classificação dos Sistemas de Produção.....	16
2.2 ARRANJO FÍSICO.....	18
2.2.1 Tipos de Arranjo Físico.....	20
2.2.1.1 Relação entre Volume e Variedade na Definição do Arranjo Físico	21
2.2.1.2 Arranjo Físico por Processo	22
2.2.1.3 Arranjo Físico por Produto.....	23
2.2.1.4 Arranjo Físico Posicional	24
2.2.1.5 Arranjo Físico Celular	24
2.3 SLP – PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE <i>LAYOUT</i>	25
2.3.1 Fases para a Elaboração do Método SLP	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	35
3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA	35
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 ARRANJO FÍSICO ATUAL.....	38
4.1.1 Análise do Arranjo Físico Atual.....	40
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO SLP	43
4.2.1 Dados de entrada.....	43
4.2.1.1 Produto (P).....	44
4.2.1.2 Quantidade (Q).....	45
4.2.1.3 Roteiro (R).....	45
4.2.1.4 Serviços de suporte (S).....	52
4.2.1.5 Tempo (T).....	53
4.2.2 Fluxo de Materiais	53
4.2.3 Inter-Relações de atividades	53
4.2.4 Diagrama de Inter-Relações.....	54
4.2.5 Determinação dos espaços e características físicas	56
4.2.6 Diagrama de Inter-relações de espaço.....	57
4.2.7 Arranjos físicos propostos	58
4.2.8 Avaliação das alternativas propostas	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

No atual mercado competitivo e com diversas mudanças econômicas, sociais, políticas e tecnológicas torna-se necessário a melhoria contínua e a modificação nos setores produtivos. Com o objetivo de adaptar-se a essas mudanças percebe-se a necessidade de aumentar o grau de competitividade entre as empresas na disputa por clientes (IANNI, 2001).

Nesse contexto, as melhorias e técnicas de análise de arranjos físicos são empregadas no mercado mundial com o objetivo de otimizar os processos produtivos, minimizar os investimentos necessários e aproveitar os recursos disponíveis de forma eficiente.

Os estudos de arranjo físico são fundamentais para elaborar uma disposição ótima do processo produtivo, a partir da análise de equipamentos, máquinas, pessoas e materiais. O Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP – *Systematic Layout Planning*) é uma metodologia que auxilia nas decisões sobre o arranjo físico. É estruturado em fases que consistem em procedimentos, convenções para identificação, visualização, classificação das atividades, inter-relações e alternativas das áreas envolvidas no planejamento do arranjo físico. O SLP tem por objetivo o aumento e eficiência da produtividade, obtido através da melhor utilização do espaço disponível, fluxo racional e redução na movimentação de materiais, pessoas e informações (MUTHER, 1978).

Esses objetivos que podem ser alcançados através da utilização do método SLP incrementam a competitividade entre as empresas e podem proporcionar produtos capazes de atender às necessidades dos clientes e melhorias nos processos e operações à organização.

Com o intuito de propor um arranjo físico, o presente estudo utilizou o método SLP em um ambiente operacional de uma empresa localizada no município de Medianeira, no estado do Paraná, o qual se especializou, há mais de 35 anos, na fabricação e instalação de produtos de comunicação visual. O objetivo em utilizar esta metodologia é melhorar a organização do espaço físico para a melhoria da qualidade do produto e possível incremento na produtividade.

1.1 JUSTIFICATIVA

A competitividade entre as empresas vem crescendo diariamente e um dos fatores que podem intensificar esta relação é a exigência maior por produtos e serviços de alta qualidade a um preço menor, exercida pelo cliente. Isto obriga que muitas delas melhorem o seu desempenho, principalmente na procura pela excelência na produtividade e na qualidade.

A empresa estudada neste trabalho vem crescendo nos últimos anos impulsionada pelo crescimento da demanda de seus produtos, o que conseqüentemente ocasionou um aumento em sua produção e no fluxo de materiais. Com isso, foi observada a oportunidade de melhorar a disposição dos equipamentos a fim de melhorar a produtividade, a organização e o fluxo de materiais.

A intenção deste trabalho de pesquisa foi apresentar uma proposta de arranjo físico através do método SLP (*Systematic Layout Planning*) que consiste na redução dos esforços de produção, aumento e eficiência da produtividade, racionalização do espaço disponível, redução na movimentação de materiais e minimização dos tempos de processos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é propor um novo modelo de arranjo físico em um ambiente operacional de uma empresa de comunicação visual através da metodologia SLP (*Systematic Layout Planning*) a fim de melhorar a organização do espaço físico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever o processo de fabricação de um produto da empresa;
- b) Aplicar a metodologia SLP para estudo do arranjo físico envolvido com a fabricação do produto *Top Sight*;
- c) Apresentar a melhor solução para o arranjo de produção do produto estudado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO

A Revolução Industrial foi um marco no desenvolvimento do setor produtivo moderno; a criação de fábricas, a utilização de máquinas, os movimentos de trabalhadores contra as condições desumanas de trabalho, marcou o começo de uma nova etapa na civilização. Este fenômeno econômico e social incrementou o crescimento da Inglaterra tornando-a a grande potência entre os séculos XVIII e XIX. Porém, a partir do início do século XX as técnicas de administração marcaram a predominância industrial, política e econômica dos Estados Unidos, consolidando sua hegemonia a partir do final da II Guerra Mundial. A partir disso, as técnicas e instrumentos de gestão da produção se difundiram por todo o mundo (MOREIRA, 2011).

Monks (1987) afirma que a partir da segunda metade da década de 1990, iniciou-se uma era de automação nas indústrias. Surgiram computadores para dar informações sobre mercados, custos, níveis de produção e estoques. Os robôs iniciaram a realização de tarefas isoladas e os agrupamentos de computadores deram aos sistemas de produção flexibilidade para receber e transmitir informações. Com isso, os sistemas flexíveis de fabricação puderam fornecer produtos sob encomenda em quantidades que antes só eram possíveis, economicamente, em linhas de produção em série.

Segundo Moreira (2011), o sistema de produção pode ser definido como um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas nas indústrias ou serviços. Alguns elementos como insumos, produtos ou serviços, processo de criação ou conversão, e subsistema de controle são fatores fundamentais ao sistema de produção. De acordo com a reflexão do autor, o sistema de produção sofre influências que podem afetar seu desempenho, tanto dentro quanto fora da empresa. O sistema de produção não funciona isoladamente. No ambiente interno ele depende de outras áreas funcionais da empresa (Marketing, Finanças, Recursos Humanos etc.), já no ambiente externo o sistema de produção pode sofrer influências da condição econômica do país, as políticas e regulações governamentais, a competição e a

tecnologia.

2.1.1 Classificação dos Sistemas de Produção

Segundo Tubino (2009), a classificação dos sistemas de produção tem como objetivo facilitar o entendimento das suas características bem como sua afinidade com as atividades de planejamento e controle. Além disso, a classificação mais expressiva está relacionada com o grau de padronização dos produtos e o conseqüente volume de produção demandado pelo mercado. A Figura 1 apresenta um resumo das principais características (demanda, flexibilidade, tempo de processo e custos) relativo aos quatro tipos de sistemas produtivos (contínuos, em massa, em lotes e sob encomenda) que são detalhados em seguida.

Contínuos Massa	Repetitivos em Lotes	Sob Encomenda
Alta	Demanda/Volume de Produção	Baixa
Baixa	Flexibilidade/Variedade de itens	Alta
Curto	<i>Lead Time</i> Produtivo	Longo
Baixos	<i>Custos</i>	Altos

Figura 1 - Características básicas dos sistemas produtivos.
Fonte: Tubino (2009).

a) Sistemas contínuos

Para Tubino (2009) os sistemas produtivos ditos contínuos são utilizados quando possuem alta uniformidade na produção e demanda de bens e serviços, favorecendo a sua automatização. É chamado de contínuo, pois não se consegue identificar facilmente e separar dentro da produção uma unidade do produto das

demais que estão sendo produzidas, por isso a flexibilidade para a mudança de produto e o *lead time* (tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto) produtivo são baixos.

b) Sistemas em massa

Tubino (2009) afirma que os sistemas produtivos em massa são utilizados quando ocorre a produção em larga escala de produtos altamente padronizados. A demanda por estes produtos é estável, fazendo com que seus projetos tenham pouca mudança em curto prazo, permitindo a montagem de uma estrutura produtiva altamente especializada e pouco flexível. Segundo Moreira (2011) a produção em massa pode ser chamada de pura, quando existe um conjunto de equipamentos específicos para o produto final. E chamada em massa com diferenciação, quando adaptações na linha de produção permitem fabricar produtos com algumas diferenças entre si.

c) Sistemas em lotes

Tubino (2009) e Lustosa *et al.* (2008) salientam que os sistemas produtivos em lote são caracterizados pela produção de um volume médio de bens ou serviços padronizados. Cada lote adota uma série de operações que precisa ser programada à medida que as etapas anteriores forem sendo realizadas. Este sistema é relativamente flexível e tem por objetivo atender diferentes pedidos dos clientes e flutuações da demanda, utilizando poucos equipamentos especializados e mão de obra altamente qualificada. Tubino (2009) afirma que o *lead time* produtivo é maior do que o sistema em massa devido ao seu tempo maior de espera em programação, filas e *setups* (tempo de preparação das máquinas).

A programação da produção em sistemas em lotes visa organizar o sequenciamento das ordens de produção, a fim de reduzir estoques e *lead times* produtivos (TUBINO, 2009). Esta programação pode ser de forma empurrada ou puxada. Na produção empurrada cada centro de trabalho recebe ordens, e quando concluída é “empurrada” para a próxima etapa do processo. Na programação puxada quem define a produção é o cliente interno que puxa o lote da fase anterior (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

d) Sistemas sob encomenda

Os sistemas sob encomenda têm como objetivo atender necessidades específicas dos clientes com baixas demandas. O produto tem uma data específica negociada com o cliente para ser entregue e, quando concluída, inicia-se um novo projeto. Os produtos são desenvolvidos em estreita ligação com os clientes, no qual as suas especificações atribuem uma organização dedicada ao projeto, que não pode ser preparada com antecedência, principalmente na geração de estoques para acelerar o *lead time* produtivo. Esse sistema exige alta flexibilidade dos recursos produtivos com foco no atendimento das necessidades dos clientes (TUBINO, 2009). Além disso, possui grande capacidade ociosa, difícil padronização dos métodos de trabalho e automatização pouco aplicável (LUSTOSA *et al.*, 2008)

Segundo Lustosa *et al.* (2008) os diversos tipos de sistema de produção são considerados na definição dos arranjos físicos das empresas. De acordo com os autores, para cada sistema de produção existe uma solução física ideal para garantir maior produtividade a custos mínimos. Cabe ao gestor da empresa adotar o melhor arranjo produtivo que seja adequado ao processo.

2.2 ARRANJO FÍSICO

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) o arranjo físico ou *layout* é a maneira pela qual os recursos se encontram dispostos fisicamente dentro da instalação de uma operação. Esses recursos podem incluir centros de trabalhos, pessoas, equipamentos e máquinas.

O planejamento do arranjo físico de uma instalação significa tomar decisões sobre a forma como serão dispostos estes recursos e tem como objetivo tornar mais fácil e suave o movimento do trabalho, no que se refere ao fluxo de pessoas e de materiais (MOREIRA, 2011).

Para Corrêa e Corrêa (2012) e Krajewski *et al.* (2005) o arranjo físico de uma organização tem muitas implicações práticas e estratégicas. As decisões sobre o arranjo físico devem ser refeitas e reavaliadas sempre que um novo recurso é acrescentado ou retirado de sua localização, houver uma expansão ou redução da área da instalação, ocorrer uma mudança de procedimentos ou de fluxos físico. Um

bom projeto de arranjo físico pode atingir suas prioridades competitivas de diversas maneiras como: aumentar a satisfação dos clientes, facilitar o fluxo de informações e de materiais, aumentar a utilização eficiente de trabalho e equipamento, reduzir riscos para os trabalhadores, melhorar a comunicação e reduzir tempos de ciclos de operação.

De acordo com Moreira (2011) o arranjo físico não se aplica prioritariamente a novas instalações, pois diversos fatores podem acarretar alguma mudança em plantas já existentes, como a ineficiência das operações, taxas altas de acidente, mudanças no produto ou serviço, mudanças no volume de produção, entre outras.

Segundo Oliveiro (1985), são oito fatores a serem estudados ao se elaborar um arranjo físico, como apresentados no Quadro 1.

Fatores para elaboração de um arranjo físico	Descrição
1. Materiais	Matéria prima, suprimentos, retrabalhos, embalagem, infraestrutura para acondicionar a matéria prima;
2. Equipamentos	Dimensões, acessórios, energia e suprimentos, suas alimentações e operações, sua manutenção;
3. Mão de Obra	Trabalhadores diretos e indiretos, supervisão e chefias;
4. Movimento	Infraestrutura como rampas, trilhos, pontes rolantes, elevadores, vias, depósitos, suportes, estoques, expedição, equipamentos de transporte e a manutenção dos mesmos;
5. Esperas	Área de recebimento e entrada de material, expedições e saídas, manutenção de máquinas, estacionamento;
6. Serviços	Vestuários, toaletes, assepsia, comunicação interna e externa, treinamentos, climatização, manutenção;
7. Edifício	Materiais do edifício, infraestrutura urbana do edifício, ambientes naturais, pisos, fechamentos, acessórios, ventilação e climatização, espaço interno, disposição do edifício, embarque e desembarque;
8. Mudanças	Procedimentos, trajetos, vias, mapa de fluxo de valor.

Quadro 1 - Fatores para a elaboração de um arranjo físico.

Fonte: Adaptado de Oliveiro (1985).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) o projeto de arranjo físico deve iniciar-se com uma avaliação dos objetivos que se pretende alcançar. As decisões de arranjo físico são importantes, pois se o mesmo estiver errado podem acontecer padrões de fluxos muito longos ou confusos, longos tempos de processos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos. Alguns objetivos relevantes

para um bom arranjo físico são apontados no Quadro 2.

Objetivos relevantes às operações	Descrição
1. Segurança Inerente	Todos os processos que representarem perigo devem ter acesso liberado somente a pessoas autorizadas e saídas de emergência devem ser sinalizadas com acesso livre.
2. Extensão do fluxo	Em muitas operações, o fluxo de materiais, informações ou clientes devem ser de minimizar as distâncias percorridas pelos recursos transformados.
3. Clareza de fluxo	O fluxo de materiais deve ser sinalizado de forma clara e evidente para funcionários e clientes.
4. Conforto para os funcionários	O arranjo físico deve proporcionar aos funcionários um ambiente de trabalho bem ventilado, bem iluminado e, sempre que possível, agradável.
5. Coordenação Gerencial	A comunicação e a supervisão devem ser facilitadas pela localização dos funcionários.
6. Acessibilidade	Todas as máquinas, equipamentos e instalações devem ter fácil acesso à manutenção e a limpeza.

Quadro 2 - Objetivos relevantes às operações.

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009).

2.2.1 Tipos de Arranjo Físico

Corrêa e Corrêa (2012) afirmam que existem três tipos básicos de arranjo físico: por processo, por produto e posicional. Estes três tipos também podem ser chamados de arranjos clássicos. Existem outros tipos de arranjo físico, que procuram agrupar características de dois ou mais arranjos básicos. O mais habitual deles é o arranjo físico celular. Para Slack, Chambers e Johnston (2009) diferentes arranjos físicos podem estar presentes em uma mesma empresa, tudo dependerá das características do processo realizado em cada espaço. Os autores ilustram este comentário por meio da Figura 2, exemplificando um restaurante em que podem ocorrer arranjos por processo (funcional), por produto (em linha), posicional e celular.

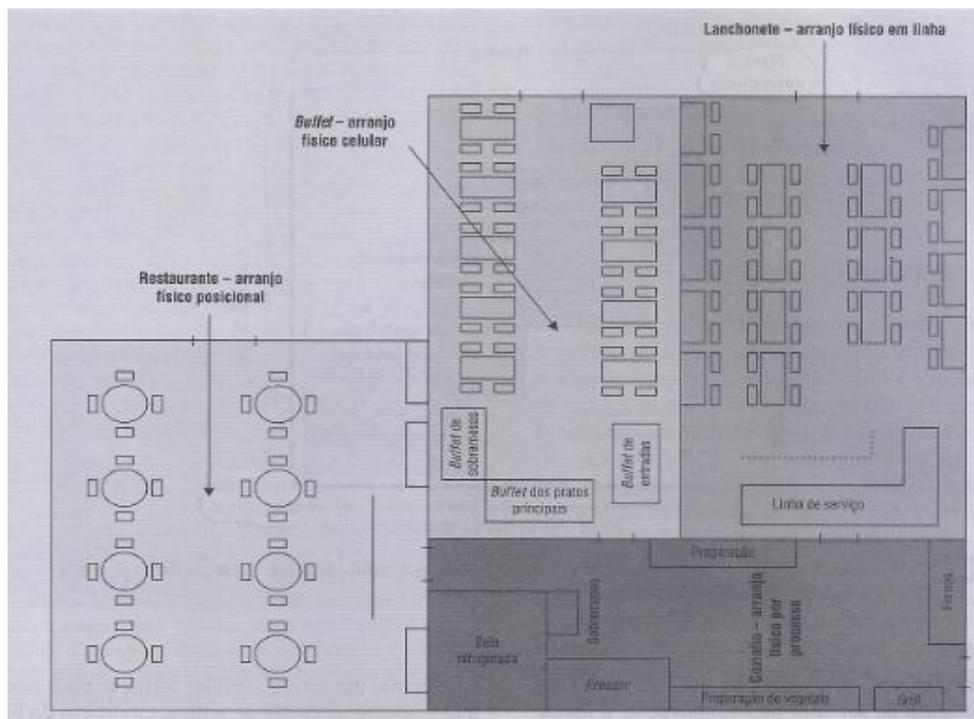


Figura 2 - Complexo de restaurantes com os tipos básicos de *layout*.
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009).

2.2.1.1 Relação entre Volume e Variedade na Definição do Arranjo Físico

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) para se elaborar um planejamento eficiente de arranjo físico, deve-se identificar a melhor situação que apresente a maior afinidade com o processo. As características de volume e variedade são importantes para a escolha do arranjo físico mais adequado e influenciam no fluxo dos recursos transformados. A Figura 3 fornece uma matriz associada à característica volume – variedade na concepção dos autores.

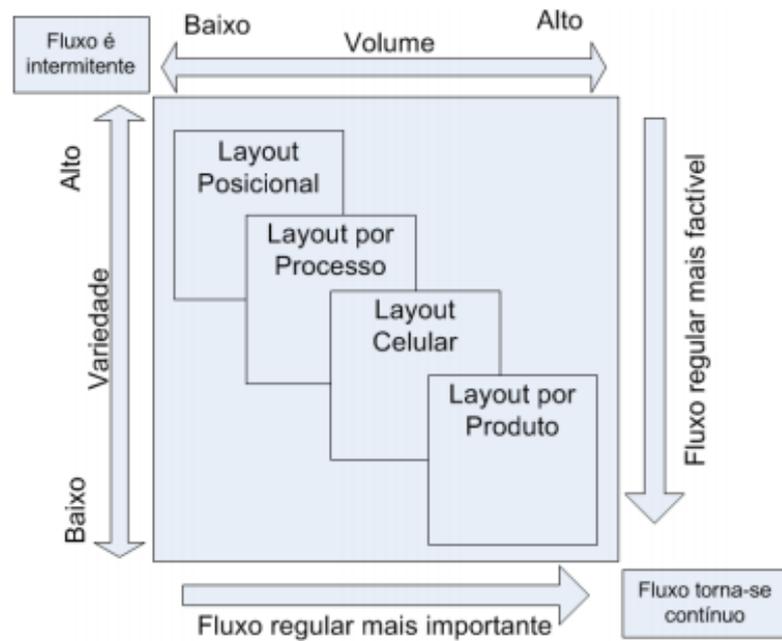


Figura 3 - Matriz de *layout* e gráfico volume – variedade.
 Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009).

2.2.1.2 Arranjo Físico por Processo

No arranjo físico por processo os recursos e os processos similares são alocados e agrupados juntos, a fim de beneficiar os recursos transformadores. Produtos, clientes e informações passam por diferentes operações, percorrendo as atividades de acordo com suas necessidades. Por esses motivos o padrão de fluxo na operação é bastante complexo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012) o arranjo físico por processo é utilizado quando o fluxo de produtos, clientes e informações são muito variados e acontecem intermitentemente. Este tipo de arranjo pode ser considerado bastante flexível devido aos seus fluxos enormes e aos seus diferentes roteiros. Quando estes fluxos são muito intensos, eles começam a se cruzar, gerando tempos de fluxos altos e piora na eficiência da operação.

O objetivo das decisões sobre o arranjo físico por processo é procurar arranjar a disposição relativa e as áreas de cada setor, de maneira a aproximar estes fluxos intensos, evitando deslocamentos desnecessários. É preciso respeitar uma

série de restrições como proximidade ou distância entre setores e adequá-los à área total disponível.

Brown *et al.* (2005) comentam que o arranjo físico por processo permite o desenvolvimento de uma variedade de produtos. As máquinas não são dispostas em uma sequência específica e o produto também não segue uma sequência, porém vai para um centro de máquinas conforme e quando for necessário.

O arranjo físico por processo, conforme afirma Moreira (2011), possui a vantagem da adaptação dos produtos e serviços, por ser um sistema flexível; porém os estoques de materiais costumam ser elevados, e o planejamento e o controle da produção tendem a ser complexos, devido aos seus variados produtos e as suas exigências operacionais particulares.

2.2.1.3 Arranjo Físico por Produto

O arranjo físico por produto, também é chamado de em fluxo ou em linha devido aos produtos, elementos de informação ou clientes que seguem um trajeto predefinido no qual a sequência de atividades solicitadas coincide com as etapas em que os processos foram arranjados fisicamente. Este fluxo é muito claro e previsível, o que o torna um arranjo relativamente simples de controlar (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Conforme comentam Corrêa e Corrêa (2012), os arranjos por produto são mais apropriados a operações que processam grandes volumes e percorrem sequências semelhantes, o que normalmente implica em pouca variedade de produtos. Este tipo de *layout* ocorre com máxima eficiência para processos contínuos e em massa, pois o fluxo ocorre num ritmo preestabelecido que garante produtos mais padronizados.

O arranjo físico por produto possui baixo custo unitário do produto e de mão-de-obra, alta produtividade e a baixa quantidade de estoque de produtos em processamento. Porém por ser um trabalho altamente repetitivo, pode afetar a motivação dos trabalhadores e devido a sua rigidez do sistema, trazendo variações no projeto do produto e/ou do processo e altos custos agregados a quedas de demandas (MOREIRA, 2011).

2.2.1.4 Arranjo Físico Posicional

O arranjo físico posicional é caracterizado pela pessoa ou material processado pela operação, no qual o objeto da operação fica estacionado e os seus recursos fluem até ele. Os exemplos são: a construção civil, estaleiros e aviões. Este tipo de arranjo físico possui produtos únicos e baixa produção o que os caracteriza com um grande grau de customização (CORRÊA e CORRÊA, 2012). Para Moreira (2011), no arranjo físico posicional não se pode dizer exatamente que existe um fluxo do produto, que visa permanecer fixo ou quase fixo, aglutinado em volta de pessoas, ferramentas e materiais. Essa imobilidade respectiva deriva geralmente de fatores como peso, tamanho e formato.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) o principal exemplo deste tipo de arranjo físico é o canteiro de obras, em que o maior problema em projetá-lo consiste em alocar, de forma eficaz, as áreas aos vários recursos de produção. Eles precisam ter espaço suficiente para a execução das atividades, receber e armazenar os seus suprimentos.

A principal marca do arranjo físico posicional é a baixa produção, tendo em vista que os esforços dos recursos envolvidos estão focados no produto, com características únicas e baixo grau de padronização. Além disso, como este tipo de arranjo está muito ligado a processos produtivos por encomenda, exige muitas atividades diferentes, grande habilidade de pessoas envolvidas e esforço na coordenação geral do projeto contratado (MOREIRA, 2011).

2.2.1.5 Arranjo Físico Celular

O arranjo físico celular tem como objetivo aumentar a eficiência do arranjo físico por processo, tentando não perder a sua flexibilidade. Os recursos não similares são agrupados de maneira que consigam processar um grupo de itens que requeiram semelhantes etapas de processamento (CORRÊA e CORRÊA, 2012).

Slack, Chambers e Johnston (2009), afirmam que o arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se

para uma determinada célula, encontrando ali todas (ou quase todas) as suas necessidades de processamento, ou seja, dispor em um só local, diferentes máquinas que possam fabricar o produto (ou parte deste produto) inteiro. A célula pode ser disposta através de um arranjo físico por produto ou por processos. Após o processamento na célula, os recursos transformados podem seguir para outra célula.

Segundo Martins e Laugeni (2005) a principal característica do arranjo físico celular é a sua flexibilidade de acordo com o tamanho de lotes por produto. Isso faz com que aumente a sua produtividade e o nível de qualidade.

2.3 SLP – PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT*

O SLP (*Systematic Layout Planning*) é um método sistemático que foi proposto por Richard Muther no ano de 1961 para a análise e projetos de arranjo físico (CORRÊA e CORRÊA, 2012). Segundo Muther (1978) o SLP é uma ferramenta que auxilia nas decisões sobre o arranjo físico, quanto ao melhor posicionamento de máquinas, pessoas e equipamentos na linha de produção. Este método consiste de uma estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para avaliação, identificação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento.

Segundo Yang *et al* (2000) o método SLP é uma ferramenta eficiente que se adequa as necessidades da empresa e fornece diretrizes para a avaliação de alternativas para o *layout*.

2.3.1 Fases para a Elaboração do Método SLP

De acordo com Muther (1978) o método SLP possui quatro fases para a sua elaboração: localização, arranjo físico geral, arranjo físico detalhado e implantação. Na primeira fase é determinada a localização da área, seja ela a atualmente utilizada ou uma nova área. Na segunda fase o arranjo físico geral estabelece a posição relativa entre as áreas diversas. A terceira fase, o arranjo físico

detalhado envolve a localização específica de cada equipamento e máquina, incluindo todos os suprimentos e serviços. Na última fase do SLP será planejado cada passo da implantação, incluindo o deslocamento de equipamentos, máquinas e recursos, e a captação de capital, com o objetivo de serem instalados de acordo com o planejado. A Figura 4 apresenta as fases do SLP ao longo do tempo. Na Figura 5 pode-se visualizar o método sob ponto de vista das áreas envolvidas.

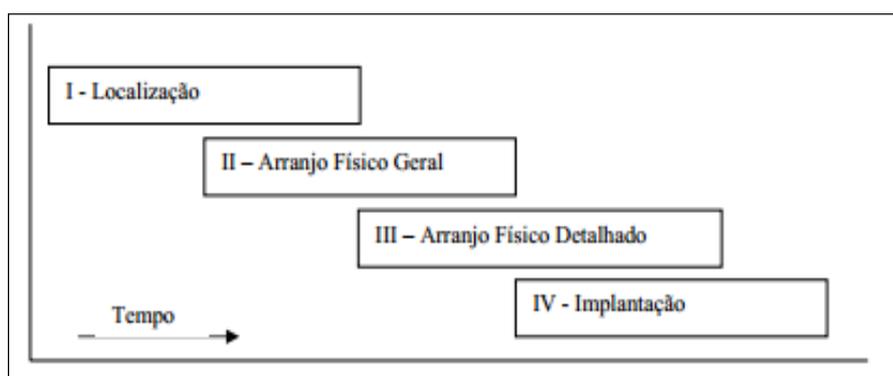


Figura 4 - As quatro fases do sistema SLP ao longo do tempo.
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

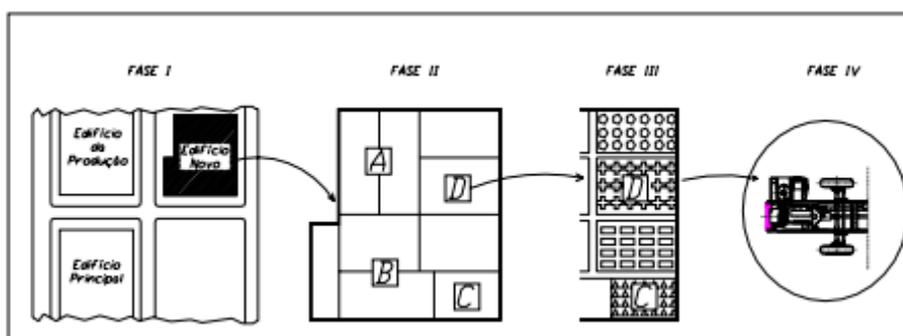


Figura 5 - Fases do SLP.
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

Para Muther (1978) o produto (P), a quantidade (Q), o roteiro do processo (R), os serviços de suporte (S) e o dimensionamento do tempo (T) são os dados iniciais fundamentais para os fatores e condições do planejamento de arranjo físico. Isto significa que é necessário, coletar fatos, informações e estimativas sobre estes elementos.

De acordo com Muther (1978, apud COSTA, 2004):

a) Produto (P): o que é produzido pela empresa, a matéria-prima, os serviços prestados ou processados. Os produtos podem ser representados em itens, modelos, formas, variedades, peças, entre outros.

b) Quantidade (Q): é o total do produto ou material produzido, fornecido ou utilizado. Pode ser definido em número de peças, volume, peso ou valor do montante produzido ou vendido.

c) Roteiro (R): processo conforme o produto ou material será fabricado, pode ser definido por listas de operações e equipamentos, gráficos de fluxo e cartas de processo.

d) Serviços de suporte (S): são recursos, atividades ou funções auxiliares que devem suprir a área em estudo e que lhe darão condições de funcionamento adequado. Os serviços incluem reparo de máquinas, sanitários, manutenção, alimentação, escritórios de fábrica, entre outros.

e) Tempo (T): envolve questões de quanto produzir ou quando o projeto será colocado em operação. A medida do tempo é fundamental para questões como urgência de uma ação ou uma entrega, ritmo de produção, etc.

Além disso, o SLP baseia-se em três conceitos fundamentais:

a) Inter-relações, no qual analisa a proximidade entre as atividades e o grau relativo de dependência.

b) Espaço, que verifica a quantidade, forma e tipo dos itens a serem posicionados.

c) Ajuste do arranjo de equipamentos e das áreas para dispor destas a melhor maneira possível.

Na Figura 6 é possível visualizar os procedimentos do sistema SLP propostos por Muther.

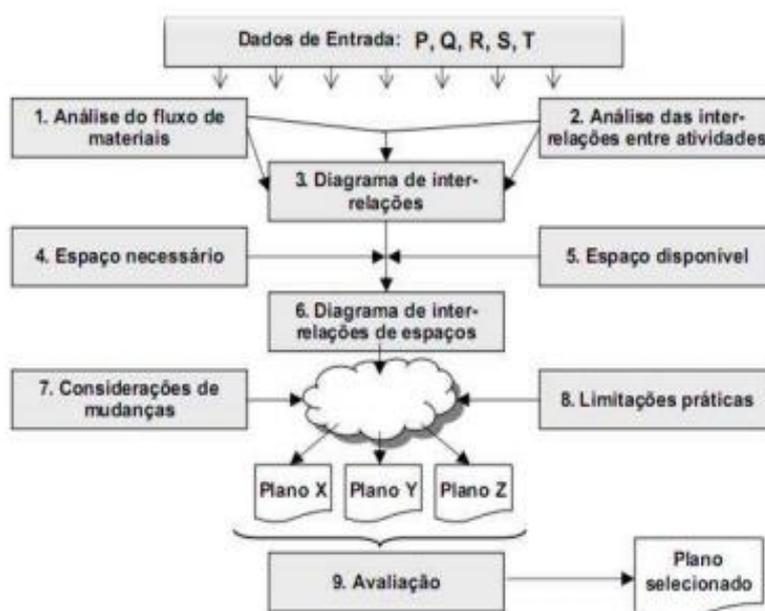


Figura 6 - Sistema de procedimentos do SLP.
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

Muther (1978) apresenta vários tipos de ferramentas para cada passo do sistema SLP. Porém Corrêa e Corrêa (2012) propuseram as possíveis ferramentas para o planejamento de arranjo físico por processos, conforme o Quadro 3.

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 relacionamento 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	Diagrama de relações de espaço
5. Ajuste do arranjo no espaço disponível	Planta do local e modelos (<i>templates</i>)

Quadro 3 - Passos de planejamento por SLP.
Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2012).

Para Muther (1978) o primeiro passo é o fluxo de materiais, que consiste

na sequência de movimentação de materiais, onde é estudada a magnitude e a intensidade do fluxo de materiais, incluindo perdas, refugos e sobras. Nessa etapa é enfatizado o volume de pessoas, matérias e informações transportadas e a frequência de movimentação.

Na análise de fluxo de materiais, Muther (1978) propõe que existem diversos métodos, devendo-se, para isso, analisar o volume e a variedade de produtos produzidos. Neste caso, o método mais utilizado é a cartas de processo.

Quando a quantidade de produtos, materiais e componentes são grandes, envolve a comparação de muitos dados numéricos. Para simplificar esses dados utiliza-se a carta de - para (também chamado de diagrama de - para), que classifica as intensidades de fluxo das atividades produtivas (MUTHER, 1978). A Figura 7 apresenta um exemplo de volume de materiais movimentados utilizando a carta de - para.

a. Diagrama de – para					
De	Para	Embalagem	Recebimento/ despacho	Armazém	Totais
Embalagem		0	400	0	400
Recebimento/despacho		0	0	2.000	2.000
Armazém		400	1.600	0	2.000
Totais		400	2.000	2.000	
b. 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	3.600	A			

Figura 7 - Uso da carta de-para em volumes de materiais movimentados.
Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

No segundo passo acontece a inter-relações de atividades, em que utiliza a carta de interligações preferenciais que deverão integrar os serviços de apoio com cada área do processo produtivo. O objetivo é relacionar as atividades aos fluxos de materiais, mostrando quais deverão ficar próximas e quais deverão ficar afastadas. A carta de interligações preferenciais é uma matriz triangular que representa o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre certa atividade e outra envolvida no processo (MUTHER, 1978). Na Figura 8 é possível observar os critérios para a definição das prioridades de proximidades entre áreas, e, na Figura 9 visualiza-se um

exemplo de carta de interligações preferenciais.

A	→	Proximidade absolutamente necessária, valor 4;
E	→	Proximidade especialmente necessária, valor 3;
I	→	Proximidade importante, valor 2;
O	→	Proximidade regular, valor 1;
U	→	Proximidade não importante, valor 0;
X	→	Proximidade indesejável, valor - 1.

Figura 8 - Critérios para definição de prioridade de proximidade.
Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

De acordo com Silva (2009) as letras correspondem o tipo de relação entre as áreas ou departamentos.

A – Proximidade absolutamente necessária: indica que os departamentos ou áreas necessitam ficar próximas, devido a existência de uma grande quantidade de fluxo de materiais.

E – Proximidade especialmente necessária: indica que é muito importante que os departamentos ou áreas fiquem próximos, também com uma grande quantidade de fluxo de materiais.

I – Proximidade importante: indica que existe fluxo entre departamentos ou áreas e caso seja possível, devem ficar próximos.

O – Proximidade regular: indica que a quantidade de fluxo é pequena, não sendo necessária que os departamentos ou áreas fiquem próximos.

U – Proximidade não importante: indica que não há fluxo entre departamentos ou áreas, sendo desprezível estarem próximos.

X – Proximidade indesejável: indica que os departamentos ou áreas não podem, ou não devem estar próximos.

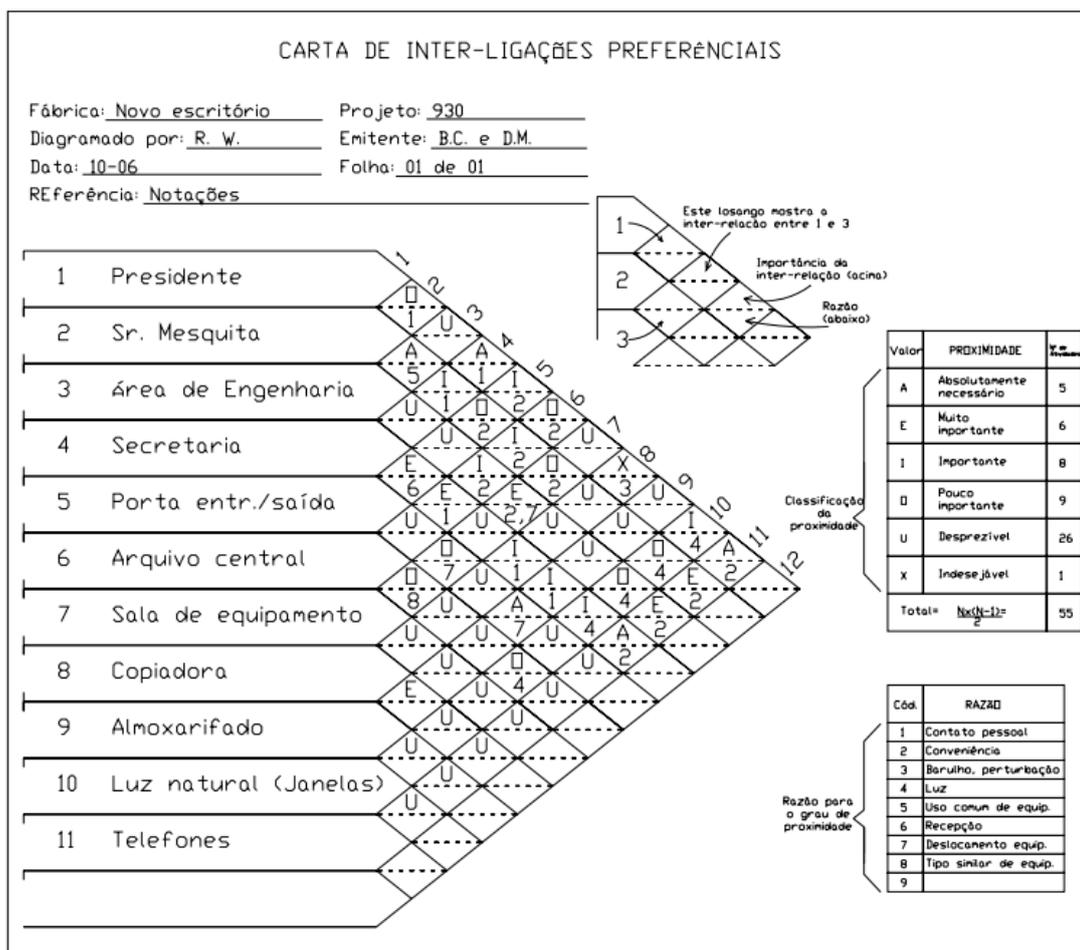


Figura 9 - Exemplo de carta de interligações preferenciais.
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

No terceiro passo, utiliza-se o diagrama de inter-relações, no qual são avaliados os dados e o arranjo das áreas de trabalho. Esta relação é baseada por linhas de ligação, uma linha de ligação para o valor 1, duas linhas de ligação para o valor 2, e assim por diante. Os setores que tiverem maior valor somado, ou seja, maior grau de proximidade devem ser os primeiros a serem desenhados no centro do diagrama (CORRÊA e CORRÊA, 2012). As condições necessárias para construir um diagrama, são uma simbologia para a identificação de cada atividade, área ou característica para indicar a proximidade relativa entre as atividades e o fluxo de materiais (MUTHER, 1978). Na Figura 10 apresenta-se um exemplo de diagrama de inter-relações.

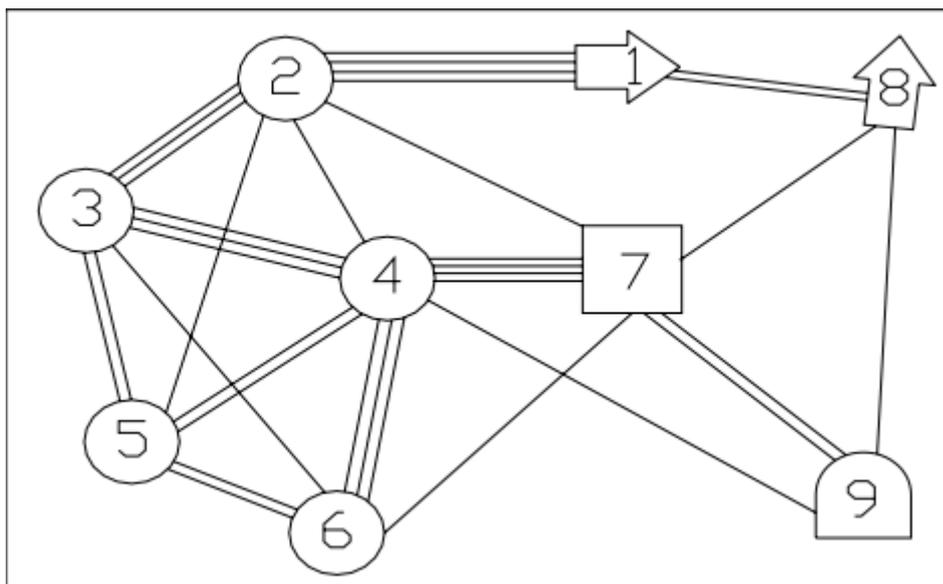


Figura 10 - Exemplo de um diagrama de inter-relações.
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

No quarto e quinto passos analisam-se os espaços disponíveis e necessários. Estes requisitos são obtidos por meio da análise de máquinas e equipamentos utilizados na produção e devem ser balanceados conforme o espaço disponível na fábrica. Para obter os requerimentos de espaço, são utilizados o método numérico, o método da conversão, os padrões de espaço, os arranjos esboçados e a projeções de tendências (TOMPKINS *et al.*, 1996).

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) no sexto passo determina-se o plano de arranjo de espaços, no qual se utiliza o diagrama de inter-relações. Este passo é similar ao terceiro, porém agora são considerados na representação, retângulos proporcionais às áreas requeridas, como pode ser visto na Figura 11.

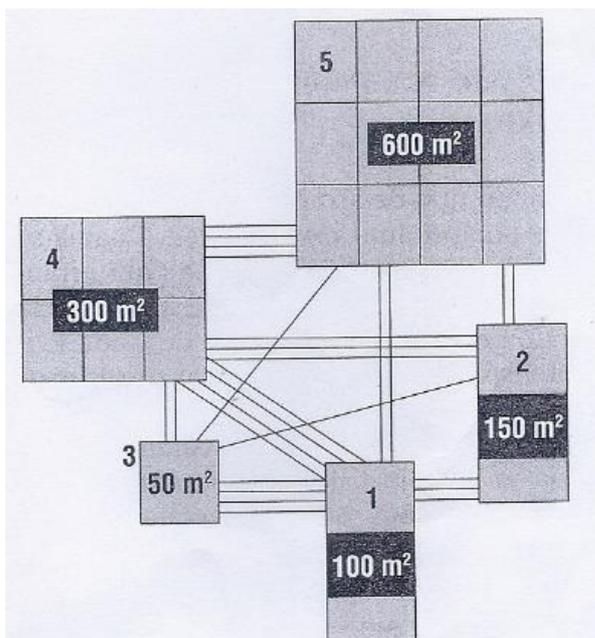


Figura 11 - Exemplo de diagrama de inter-relações.
Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

Corrêa e Corrêa (2012) e Muther (1978) propõem que, no sétimo e oitavo passos o arranjo físico desenvolvido seja ajustado de maneira a acomodar, da melhor forma possível, os setores, respeitando as prioridades de proximidade, suas áreas disponíveis e as necessidades exigidas da nova linha de produção desejada. Na Figura 12 é apresentado um exemplo de ajuste de arranjo físico no espaço disponível.

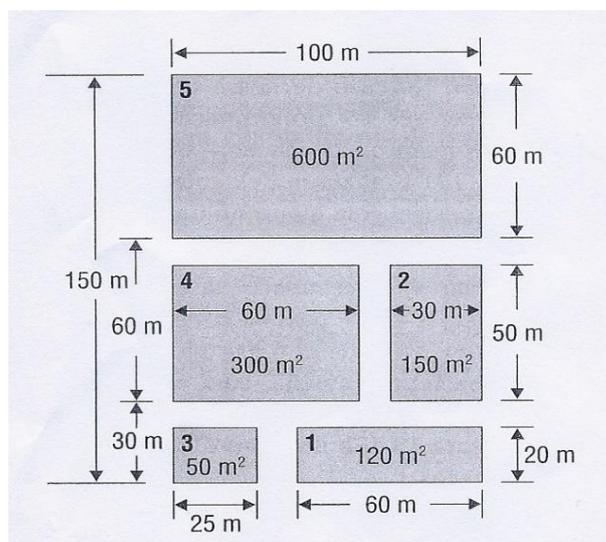


Figura 12 - Exemplo de ajuste do arranjo físico.
Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

Na nona e última fase do SLP, seleciona-se o arranjo físico final, quando geralmente haverá dois ou mais arranjos como alternativa. Para a escolha final deve-se listar e comparar as vantagens e desvantagens de cada proposta, e estabelecer fatores pertinentes que afetam a escolha da melhor delas. Conforme afirma Muther (1978) este método é o menos preciso, pois não reconhece adequadamente a importância dos vários fatores.

De acordo com Muther e Wheeler (2008) a avaliação das alternativas devem conter os seguintes passos:

1. Identificar os arranjos propostos;
2. Estabelecer fatores, considerações e objetivos para a escolha da melhor proposta;
3. Atribuir para cada fator um valor de peso e indicar a importância referente para a eficiência do *layout*;
4. Classificar cada plano alternativo para cada fator, utilizando a classificação com vogais;
5. Transformar as classificações com vogais em números e multiplicar pelos pesos dos fatores estabelecidos, sendo classificados como (A) Excelente = 4; (E) Ótimo = 3; (I) Bom = 2; (O) Regular = 1; (U) Ruim = 0;
6. Totalizar os valores para cada arranjo proposto. O maior valor indicará a melhor alternativa.

Conforme defende Muther (1978) devem ser levados em conta fatores como, os custos, a adaptabilidade e versatilidade, a flexibilidade, a eficiência de fluxo e manuseio de materiais, as condições de trabalho, a satisfação dos empregados, a utilização do equipamento, a segurança, entre outros. Após a escolha do *layout*, cabe a diretoria da empresa aprovar e liberar para a mudança do arranjo físico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo é uma prestadora de serviços de comunicação visual que atua há mais de 35 anos na produção, instalação e manutenção de painéis rodoviários, *Outdoors*, *Front Lights* e *Top Sights*; atuando nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste do país. Sua área construída é de 2237,50 m² e possui em torno de 7000 m² em placas expostas. Trata-se de uma empresa que faz a criação de projetos, produção de estruturas metálicas, impressão do substrato e instalação/veiculação de mensagens em painéis.

3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Gil (2002) a pesquisa é um procedimento racional e sistemático que possui o intuito de proporcionar respostas aos problemas propostos. Para Kaurak, Manhães e Medeiros (2010) a pesquisa científica é definida como a elaboração de uma busca planejada, desenvolvida de acordo com as normas de metodologia científica proposta pela ciência.

Quanto à forma, esta pesquisa pode ser considerada como aplicada por ter como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática conduzida à solução de problemas específicos (KAURAK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010). Com relação à abordagem do problema, trata-se de um estudo classificado como quantitativo e qualitativo. A pesquisa dita quantitativa considera tudo que pode ser quantificável, ou seja, as informações podem ser traduzidas em números para depois classificá-las e analisá-las. Já a qualitativa, considera que o ambiente natural é a fonte para coleta de dados, analisando-os com raciocínio indutivo (SILVA; MENEZES, 2001).

Quanto ao objetivo, este estudo foi classificado como exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo mais explícito e construir hipóteses. A pesquisa exploratória caracteriza-se por fazer a coleta de dados

a partir de pesquisa bibliográfica, entrevista com pessoas que tiveram experiências no assunto e análise de exemplos que estimulem a compressão. Também caracterizada como pesquisa descritiva, pois visa descrever características de determinada população ou fenômeno, envolvendo técnicas de coleta de dados como questionário e observação sistemática, assumindo, em geral, a forma de levantamento (GIL, 2002).

Esta pesquisa assume caráter de pesquisa bibliográfica e estudo de caso quanto ao seu delineamento. O delineamento refere-se ao planejamento mais amplo que envolve a definição dos objetivos, o ambiente da pesquisa e a análise e coleta de dados. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já publicado (GIL, 2002). Silva e Menezes (2001) afirmam que o estudo de caso é quando o estudo é profundo e exaustivo e possui um ou poucos objetivos que permitem seu detalhado e amplo conhecimento. Yin (2001) complementa que o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa adequada quando o problema de pesquisa é um assunto pouco explorado pelos pesquisadores, e não existe uma delimitação clara entre o fenômeno a ser estudado e o contexto.

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada em três etapas, conforme pode ser visto na Figura 13.

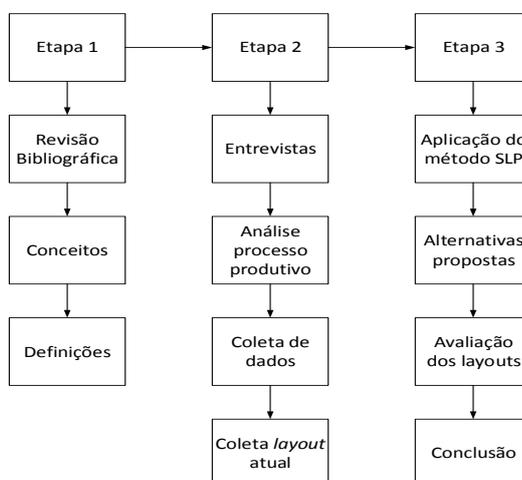


Figura 13 – Etapas para a realização da pesquisa.
Fonte: Autoria própria.

A primeira etapa do procedimento foi a pesquisa em materiais já publicados

sobre o assunto, com o objetivo de levantar conceitos relevantes para o desenvolvimento do estudo. Nesta etapa foram abordados os conceitos de sistema de produção, o arranjo físico, os tipos de arranjo físico e por último a metodologia SLP.

Na segunda etapa foram realizadas visitas à empresa, quando foram feitas entrevistas não estruturadas com o proprietário e seus funcionários. Foi analisado o processo produtivo dos produtos e em seguida escolhido o produto que possui maior demanda. A partir disso foi coletada toda a matéria-prima utilizada deste produto e o processo em que cada uma passa, no qual foi possível coletar todos os equipamentos utilizados e a disposição em que eles se encontram no atual arranjo físico. Além disso, foi realizada a medição do espaço disponível de cada operação e coletado a área total do ambiente operacional.

Na terceira etapa foi realizada a aplicação dos passos do método SLP, a partir dos dados coletados na segunda etapa. Nesta etapa foram utilizados os programas AutoCad e Visio, para a realização dos diagramas necessários, o *layout* atual e os *layouts* propostos. Depois da aplicação do método SLP, foram apresentados dois arranjos físicos propostos e, em seguida avaliados para a escolha da melhor proposta. Por último, foram apontadas as considerações finais por meio dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ARRANJO FÍSICO ATUAL

Conforme análise efetuada na empresa, identificou-se que o arranjo físico do ambiente operacional é por processos, no qual os equipamentos e recursos são agrupados de acordo com a função ou processo similar. Os produtos fabricados na empresa possuem alta variabilidade e demanda imprevisível, o que torna este tipo de arranjo físico viável.

Para a elaboração do *layout* da empresa, foi realizada a medição das diversas áreas em que as atividades de produção eram realizadas, sendo possível então elaborar a planta baixa do ambiente operacional. Na Figura 14 observam-se os setores do ambiente de produção da empresa estudada e o *layout* atual.

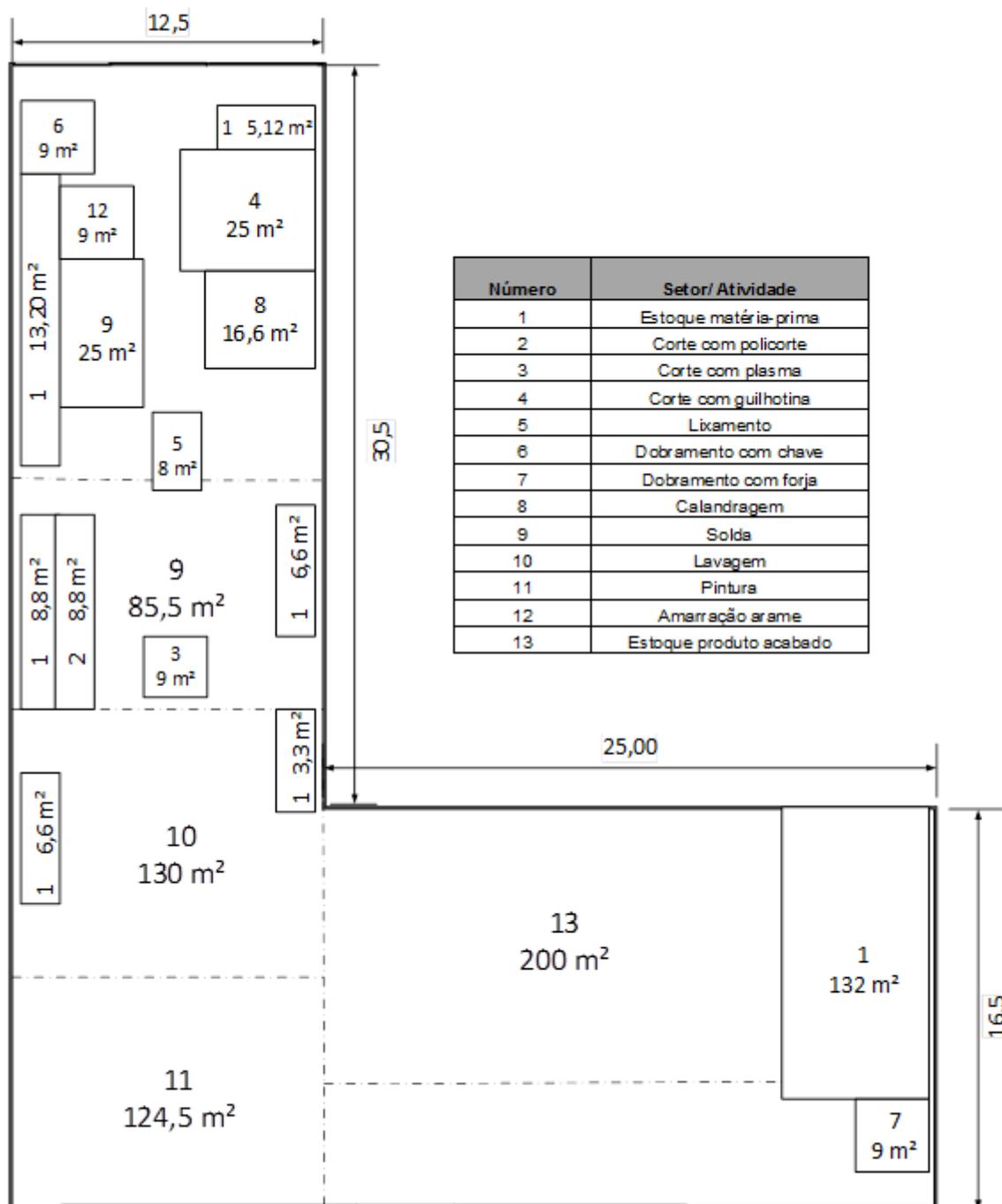


Figura 14 - Layout do setor de produção da empresa estudada.
Fonte: Autoria própria.

A área total da empresa é de 2237,5 m² e a área do setor de produção, no qual se refere o estudo é de 1000 m². A medida da área de cada setor e atividade foi realizada conforme a disposição dos equipamentos utilizados, o espaço em que o funcionário conduzia a atividade e o espaço do material em processo ou acabado. No Quadro 4 observa-se a descrição dos setores e atividades, e a quantidade de

equipamentos utilizados do setor de produção. A empresa ainda possui outros equipamentos como furadeira de bancada, esmerilhadeira e guilhotina de mesa, porém são equipamentos que não ficam no setor de produção, sendo utilizados para poucos produtos e, portanto, localizados em um almoxarifado.

Setor/Atividade	Descrição/ Quantidade equipamentos
1. Estoque matéria-prima	Composto por tubos, barras, chapas e ferros mecânicos; ficam localizados ao redor do setor de produção, não possuindo um lugar certo para cada tipo de material. O estoque de matéria-prima junto ao setor 13 (estoque de produto acabado) é ocupado por materiais pouco utilizados pela empresa e por tábuas de madeira e troncos de eucalipto para fixação de <i>outdoors</i> .
2. Corte com policorte	Uma máquina do tipo policorte com disco abrasivo.
3. Corte com plasma	Uma máquina para corte utilizando plasma (concentração de gás ionizado).
4. Corte com guilhotina	Uma máquina guilhotina.
5. Lixamento	Uma lixadeira e uma mesa de apoio.
6. Dobramento com chave	Utiliza uma morsa de bancada e efetua o dobramento usando chaves de grande porte para garantir a força para a dobra.
7. Dobramento com forja	Efetua o processo de dobramento por meio de aplicação de alta temperatura.
8. Calandragem	Uma calandra para a formação de tubos e perfis.
9. Solda	Três máquinas de solda MIG, cavaletes de apoio e dois gabaritos para a montagem de quadros.
10. Lavagem	Uma lavadora e uma bomba a lava-jato.
11. Pintura	Três pistolas de média pressão para pintura e cavaletes para apoiar os produtos.
12. Amarração arame	Um tripé para apoiar as gaiolas confeccionadas.
13. Estoque produto acabado	Localizado em um ambiente a céu aberto.

Quadro 4 - Descrição dos setores e atividades.

Fonte: Autoria própria.

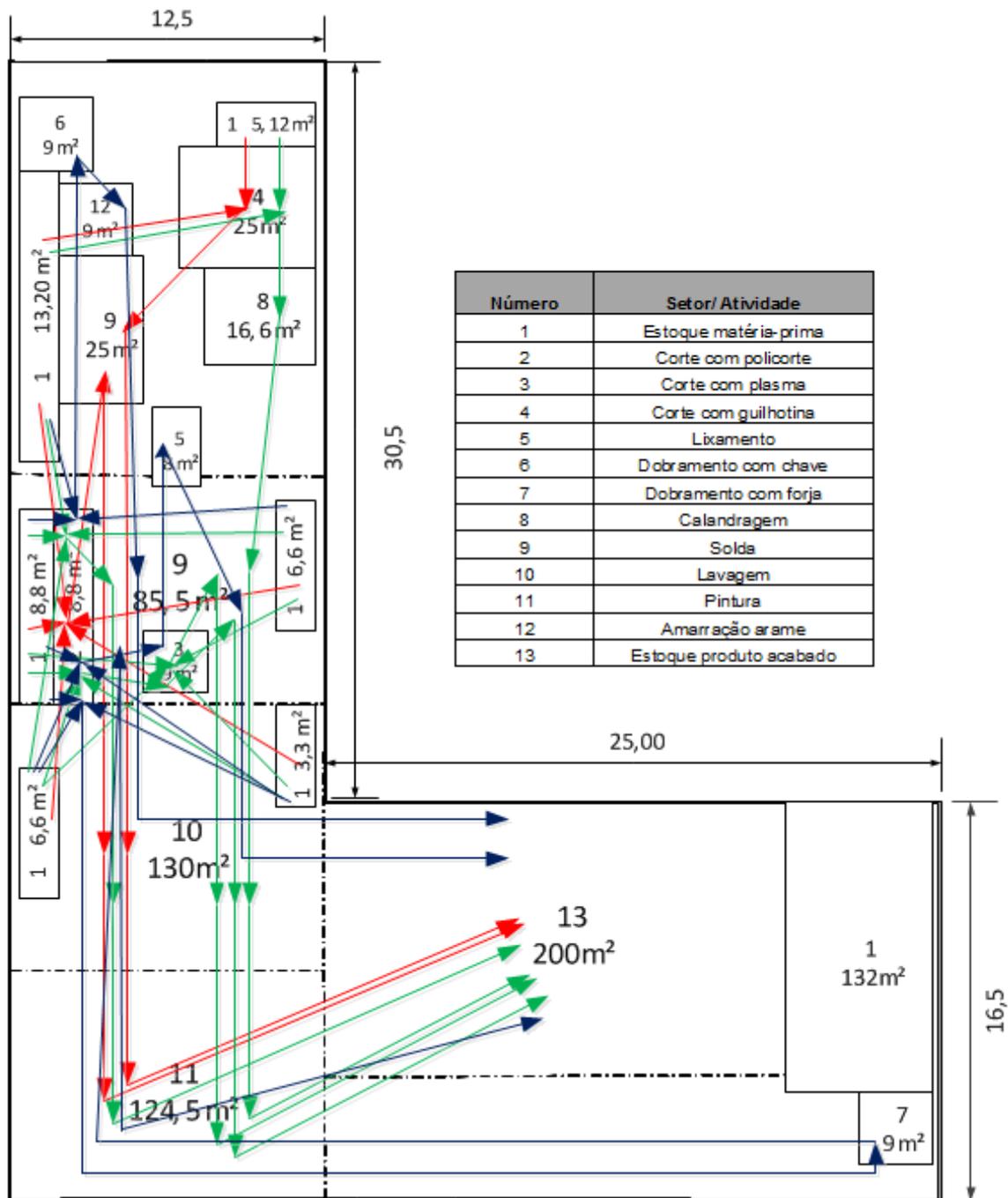
4.1.1 Análise do Arranjo Físico Atual

Com base nas percepções da pesquisadora, adquiridas ao longo de seis meses, foram identificadas algumas limitações impostas ao processo produtivo decorrentes das características do arranjo físico então existentes:

Multiplicidade de estoques de matéria-prima: o estoque de matéria-prima fica localizado ao redor do ambiente operacional, não possuindo um lugar certo para

cada tipo de material. Isso faz com que a distância percorrida da matéria-prima até a atividade em que se inicia o processo seja maior. Além disso há grande quantidade de estoque de matéria-prima que não são mais utilizados, ocupando um espaço que poderia ser utilizado para outro setor ou atividade.

Fluxos cruzados: há grande quantidade de fluxos cruzados entre os processos devido a disposição de alguns equipamentos, também há grande movimentação de peças e materiais. A Figura 15 apresenta o fluxo de materiais do *layout* atual.



Componente do Top Sight	Legenda
Quadro	
Tubo de sustentação	
Gaiola	

Figura 15 - Fluxo de materiais do layout atual
Fonte: Autoria própria.

Excesso de estoque em processo: a solda é um procedimento que requer um maior tempo de operação, existindo neste setor sempre um estoque em espera. Por isso algumas vezes a solda é realizada em outro setor, fazendo com que alguns processos deste outro setor parem para a realização do mesmo, visto que nenhum setor e atividade possui delimitações físicas.

Áreas internas ocupadas com produtos de grande porte: também no setor de solda são fabricados alguns produtos de grandes dimensões, ocupando outros setores como pintura e lavagem, parando os processos destes setores por não possuir mais espaço para soldar.

Falta de divisórias nos setores: todos os setores e atividades do setor de produção não possuem divisórias, gerando problemas como já citados anteriormente. A pintura pode ser considerada um setor crítico, por não possuir isolação, isto faz com que a tinta aplicada vá para outros setores e atividades e também para vizinhos ao redor da empresa. Outro problema é o setor de lavagem que fica próximo ao setor de solda, o qual utiliza equipamentos elétricos que não devem possuir contato com água, sendo um fator de risco tanto para o equipamento como para o funcionário, porém são setores com proximidades importantes devido ao grande fluxo de materiais entre os dois.

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO SLP

A metodologia SLP primeiramente propõem que sejam aplicados os dados iniciais: o produto (P), quantidade (Q), roteiro (R), serviços de suporte (S) e tempo (T). A partir desses dados, foi desenvolvida a proposta de arranjo físico de acordo com os passos do SLP.

4.2.1 Dados de entrada

Foram coletados os seguintes dados de entrada: produto, quantidade,

roteiro, serviços de suporte e tempo.

4.2.1.1 Produto (P)

São fabricados no setor de produção estruturas metálicas, como: Painéis rodoviários, *Outdoors*, *Front Lights* e *Top Sights*. A empresa ainda possui um setor de criação e impressão, no qual produzem *banners*, fachadas e identificação de frotas. A descrição de cada produto está apresentado no Quadro 5.

Produto/ Serviços prestados	Descrição
Painel Rodoviário	Estrutura metálica com placas nos tamanhos 8x4 m, 10x4 m, 10x5 m e 12x5 m.
<i>Outdoor</i>	Placa tamanho 9x3 m onde é colado o papel com a imagem.
<i>Front Light</i>	Painel com estrutura em tubo metálico redondo, placa em estrutura metálica com duas faces, lona impressa e iluminação externa frontal.
<i>Top Sight</i>	Painel com estrutura em tubo metálico redondo, placa em estrutura metálica 4x5,5 m e lona impressa.
<i>Banners</i>	Material de lona, com acabamento nas duas extremidades para ser fixado em eventos ou divulgação.
Fachadas	Placa fixada nas fachadas de estabelecimentos, podendo ser confeccionada em vários tipos de material, desde o mais simples, como lona, ao mais sofisticado, com alumínio composto.
Identificação de frotas	Pintura ou adesivo impresso para a aplicação em veículos para identificação.

Quadro 5 - Produtos e serviços prestados da empresa.

Fonte: Autoria própria.

Para este estudo foi utilizado somente o produto *Top Sight* por possuir a maior demanda entre os demais. Os outros produtos passam pelos mesmos processos, porém em quantidades e formatos diferentes, e raramente utilizam outros equipamentos que ficam localizados no almoxarifado. Para isso foram coletados os materiais e a quantidade de materiais utilizados para a fabricação de um *Top Sight*, apresentados na Tabela 1. Os materiais (barras, cantoneiras, hastes, tubos,

vergalhões de aço e vigas U) são comprados no tamanho de seis metros de comprimento cada e as chapas em 2x1 m cada.

Tabela 1 - Materiais para a fabricação do *Top Sight*

Legenda	Material	Quantidade (unidade)
A	Barra Chata 1 1/2" x 1/4" A36	2
B	Cantoneira 3" x 5/16"	1
C	Chapa Galvanizada 24	5
D	Chapa 11	3
E	Chapa 14	4
F	Haste de Ferro mecânico 1/4" A36	7
G	Haste de Ferro mecânico 1"	2
H	Chapa 1/4" reforço sapata	5
I	Chapa 1/4" sapata	1
J	Tubo 20 x 20mm Chapa 18	2
K	Tubo 30 x 30mm Chapa 18	2
L	Tubo 15 x 15mm Chapa 18	6
M	Tubo redondo 3" 1,20mm Chapa 18	7
N	Tubo 20 x 20mm Chapa 18 para escada	6
O	Vergalhão de aço CA50 1/2" - 12,5mm – 4m	4
P	Vergalhão de aço CA50 1/2" - 12,5mm – 1m	2
Q	Vergalhão de aço CA50 1/2" - 12,5mm – 3m	2
R	Viga U 85 x 40 Chapa 12	3

Fonte: Autoria própria.

4.2.1.2 Quantidade (Q)

São produzidos em média 12 *Top Sights* por mês.

4.2.1.3 Roteiro (R)

Para a determinação do roteiro de produção do *Top Sight* foi elaborado uma carta de processo múltiplo conforme pode ser visto na Figura 16 com a sequência das atividades e setores em que os materiais passam e uma carta de fluxo de processos

das atividades (quadro, tudo de sustentação e gaiola) observado na Figura 17. O *Top Sight* é fabricado separadamente em três partes, sendo o quadro, o tubo de sustentação e a gaiola.

Operação/Peça	A, F, J, K, L, M, N	B	R	C	D, E	G	H, I	O, P, Q
Cortar com policorte	1	1	1			1		1
Cortar com plasma		2	2				1	
Cortar com guilhotina				1	1			
Lixar		3						
Dobrar com chave								2
Dobrar com forja						2		
Calandrar					2			
Solda para montagem	2	4	3	2	3	4	2	4
Lavar	3		4	3	4		3	
Pintar	4		5	4	5		4	
Amarrar arame						3		3

Figura 16 - Carta de processo múltiplo.
Fonte: Autoria própria.

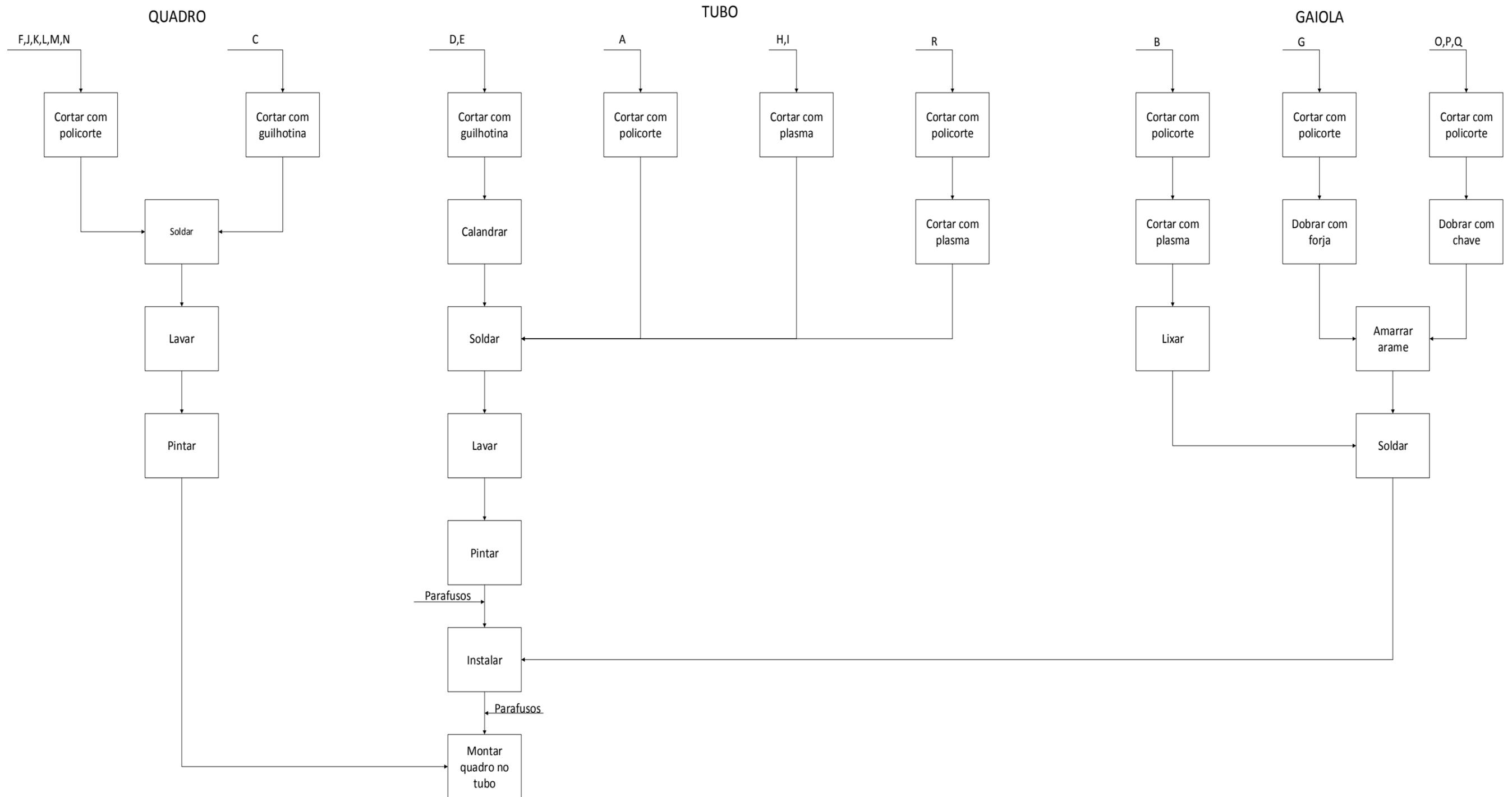


Figura 17 - Carta de fluxo de processos.
Fonte: Autoria própria.

a) Quadro

As peças para a fabricação do quadro do *Top Sight* são cortadas com policorte (Figura 18) e somente as chapas galvanizadas 24 são cortadas com guilhotina (Figura 19). Essas peças servem para formar as laterais, a parte inferior e superior, os fixadores para as chapas, a escada nas laterais do quadro, a mão francesa e os esticadores. Em seguida, elas são posicionadas em um gabarito para serem soldadas e formar uma parte do quadro. O quadro possui 4x5,5m, porém eles são confeccionados em duas partes, ou seja, por 2x2,75m cada, denominados de “macho” e “fêmea”, para quando forem montados na instalação as duas partes serem encaixadas. A Figura 20 apresenta a confecção de solda de quadros posicionados em um gabarito.



**Figura 18 – Detalhe de execução do corte com equipamento com policorte.
Fonte: Autoria própria.**



Figura 19 – Guilhotina utilizada para cortes de chapas.
Fonte: Autoria própria



Figura 20 – Soldagem dos quadros realizada no gabarito.
Fonte: Autoria própria.

b) Tubo de sustentação

O tubo de sustentação é confeccionado com dois tipos de chapas: 3 chapas 11 e 4 chapas 14. Primeiramente elas são cortadas com guilhotina e em seguida passadas na calandra (Figura 21) para cada chapa formar um tubo. Assim que elas formam um tubo, cada parte é soldada e colocada sobre cavaletes para serem então unidas por soldagem. Ainda no tubo são soldados a sapata, os reforços da sapata, vigas U para o encaixe dos quadros e barras chata para reforço do tubo de sustentação. A Figura 22 apresenta a solda do tubo de sustentação.



**Figura 21 – Calandra para a moldagem dos tubos.
Fonte: Autoria própria**



**Figura 22 - Detalhe do processo de soldagem do tubo de sustentação.
Fonte: Autoria própria.**

c) Gaiola

A gaiola é confeccionada de hastes de ferro e passam por corte com policorte, no qual são dobrados ou com chave, ou com forja. Em seguida estes ferros são amarrados, formando uma “gaiola” conforme Figura 23. Depois de pronta, uma cantoneira é soldada sobre estes ferros, no qual passa por corte com policorte e corte com plasma; e seguem para o estoque de produtos acabados.



Figura 23 - Gaiola.
Fonte: Autoria própria.

Após a confecção da estrutura, o quadro e o tubo de sustentação passam por um processo de lavagem, para a remoção de impurezas que possam favorecer o processo de formação de ferrugem. Primeiro é utilizado um produto químico Decap com uma bomba lava-jato, e em seguida o produto é retirado com água pura com a utilização de uma lavadora. Para auxiliar a secagem são utilizados panos e estopas, para depois serem pintadas com pistolas de média pressão (tipo de pistola para pintura de pequenas peças).

Depois que a estrutura está pronta, elas ficam no estoque de produtos acabados e seguem para a instalação. Primeiramente a gaiola é instalada, em seguida o tubo de sustentação e as duas partes do quadro.

4.2.1.4 Serviços de suporte (S)

A empresa possui setor de planejamento e controle da produção – PCP, financeiro, recursos humanos e vendas localizadas no escritório. Também um setor

de criação e impressão. Estes setores não foram considerados no trabalho, pois já são alocados de maneira adequada.

4.2.1.5 Tempo (T)

O tempo de fabricação de cada componente do produto *Top Sight* está descrito na Tabela 2.

Componente fabricado	Tempo (minutos)
Quadro	125
Tubo de sustentação	90
Gaiola	134
Total	349

Fonte: Autoria própria.

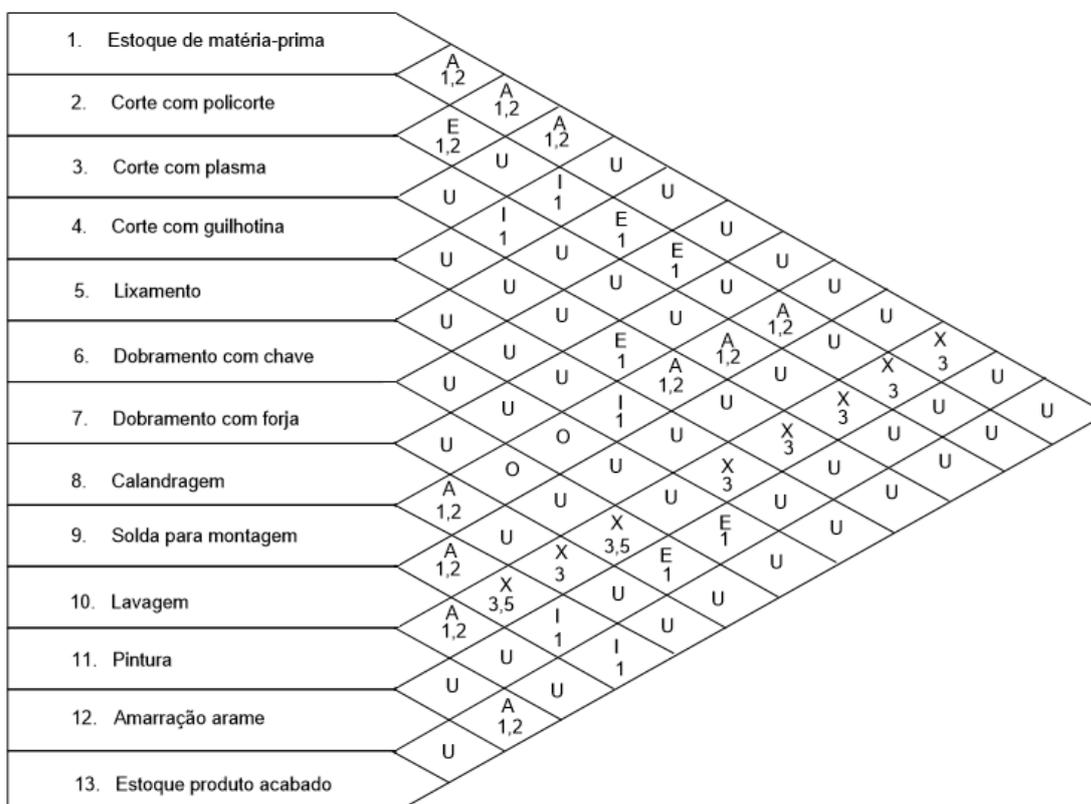
4.2.2 Fluxo de Materiais

Para o fluxo de materiais foi elaborada uma carta de processo múltiplo das peças utilizadas no *Top Sight* e uma carta de fluxo de processos das atividades (quadro, tubo de sustentação e gaiola) já apresentados nas Figuras 16 (p. 44) e 17 (p. 45).

4.2.3 Inter-Relações de atividades

Para indicar a importância de proximidade entre atividades e setores foi desenvolvida uma carta de interligações preferenciais conforme a Figura 24. Cada setor e atividade foi relacionada com o grau de proximidade que elas necessitam ter

de acordo com a “razão”, também apresentados na Figura 24.



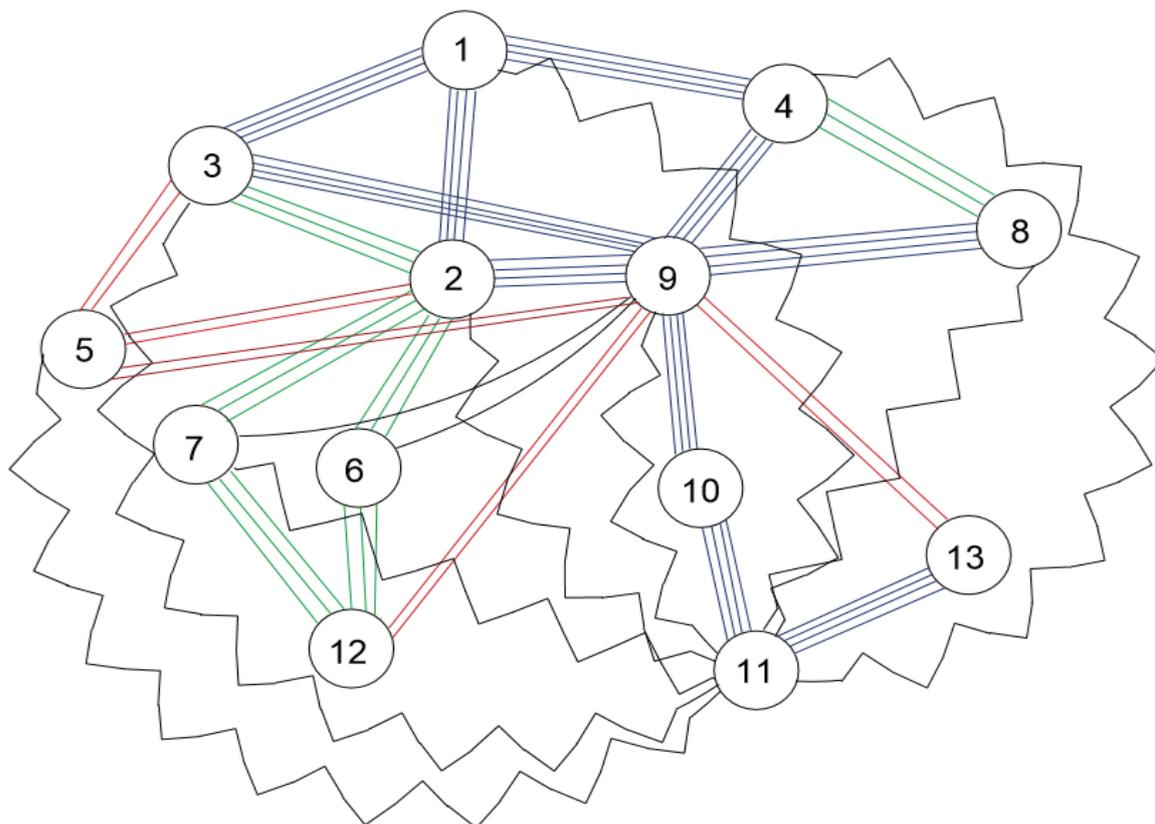
Classificação	Inter - relação	Código	Razão
A	Absolutamente necessária	1	Sequencia produção
E	Especialmente necessária	2	Intensidade de fluxo
I	Importante	3	Acúmulo de resíduos ou sujeira
O	Regular	4	Ruídos
U	Não importante	5	Segurança
X	Indesejável	6	Utilização mesmo equipamento

Figura 24 - Carta de interligações preferenciais elaborada para o processo estudado.
Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Diagrama de Inter-Relações

Com base na carta de inter-relações preferenciais foi elaborada um diagrama de inter-relações conforme Figura 25, integrando a avaliação das

interligações preferenciais com o fluxo de materiais.



Legenda	Grau de proximidade
	A
	E
	I
	O
	X

Figura 25 - Diagrama de inter-relações
Fonte: Autoria própria.

Como o método sugere, primeiramente foram desenhados, no diagrama, os setores e atividades que necessitam ficar próximos, sendo a relação de grau A, em seguida a relação E, I, O e X. A relação U não precisa ser demonstrada, pois sua proximidade não é importante.

4.2.5 Determinação dos espaços e características físicas

Para a determinação do espaço necessário para cada setor ou atividade, foi realizada a análise dos setores e atividades do arranjo físico atual e entrevistas com os funcionários e proprietários para saber quais setores poderiam ser aumentados e/ou reduzidos.

Os estoques de matéria-prima foram alocados juntos e também reduzidos, já que muitos materiais não são mais utilizados. O setor de lavagem também foi reduzido, pois é um procedimento mais rápido em comparação com a solda e a pintura. O setor de solda foi aumentado, alocando juntos a solda de quadros e de outros materiais, visto que a solda possui sempre produtos em espera, por ser um procedimento mais demorado.

A Tabela 3 apresenta a área necessária para cada setor e atividade, e as características físicas necessárias que cada uma precisa ter. Estas características também foram representadas de acordo com o grau de importância.

Tabela 3 - Áreas e características físicas necessárias dos setores e atividades

Folha das áreas e características das atividades			Características físicas necessárias			
Nº	Setor/ Atividade Nome	Área (m ²)	Água e	Ar	Ventilação	Eletrificação
			dreno	comprimido	especial	especial
1	Estoque matéria-prima	115,0				
2	Corte com policorte	8,8				A
3	Corte com plasma	9,0		A		
4	Corte com guilhotina	25,0				A
5	Lixamento	8,0				
6	Dobramento com chave	9,0				
7	Dobramento com forja	9,0				
8	Calandragem	16,6				A
9	Solda para montagem	140,0				
10	Lavagem	110,0	A	A		
11	Pintura	124,5		A	A	
12	Amarração arame	9,0				
13	Estoque produto acabado	200,0				

Fonte: Autoria própria.

A área total disponível do setor de produção (1000 m²), assim como a altura do barracão estão adequados para todos os setores e atividades, não havendo necessidade de ampliação do barracão. As características físicas atuais citadas também possuem no barracão, somente a ventilação da pintura do arranjo físico atual não está adequado.

4.2.6 Diagrama de Inter-relações de espaço

A partir do diagrama de inter-relações e da determinação dos espaços necessários, foi realizado um outro diagrama considerando a área necessária para cada setor ou área, conforme Figura 26. A partir dessa relação de espaços, foi possível uma melhor visualização para as propostas de arranjo físico e adequação da planta do setor de produção.

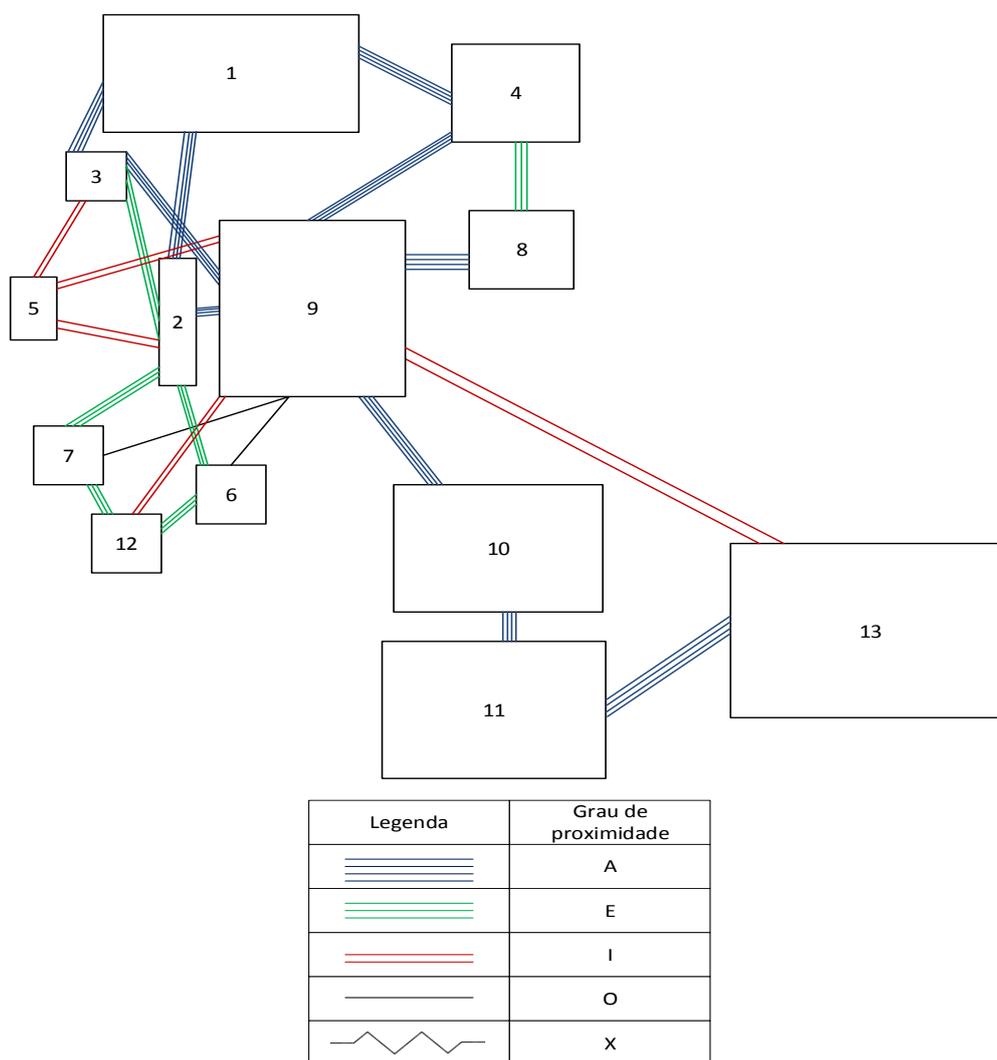
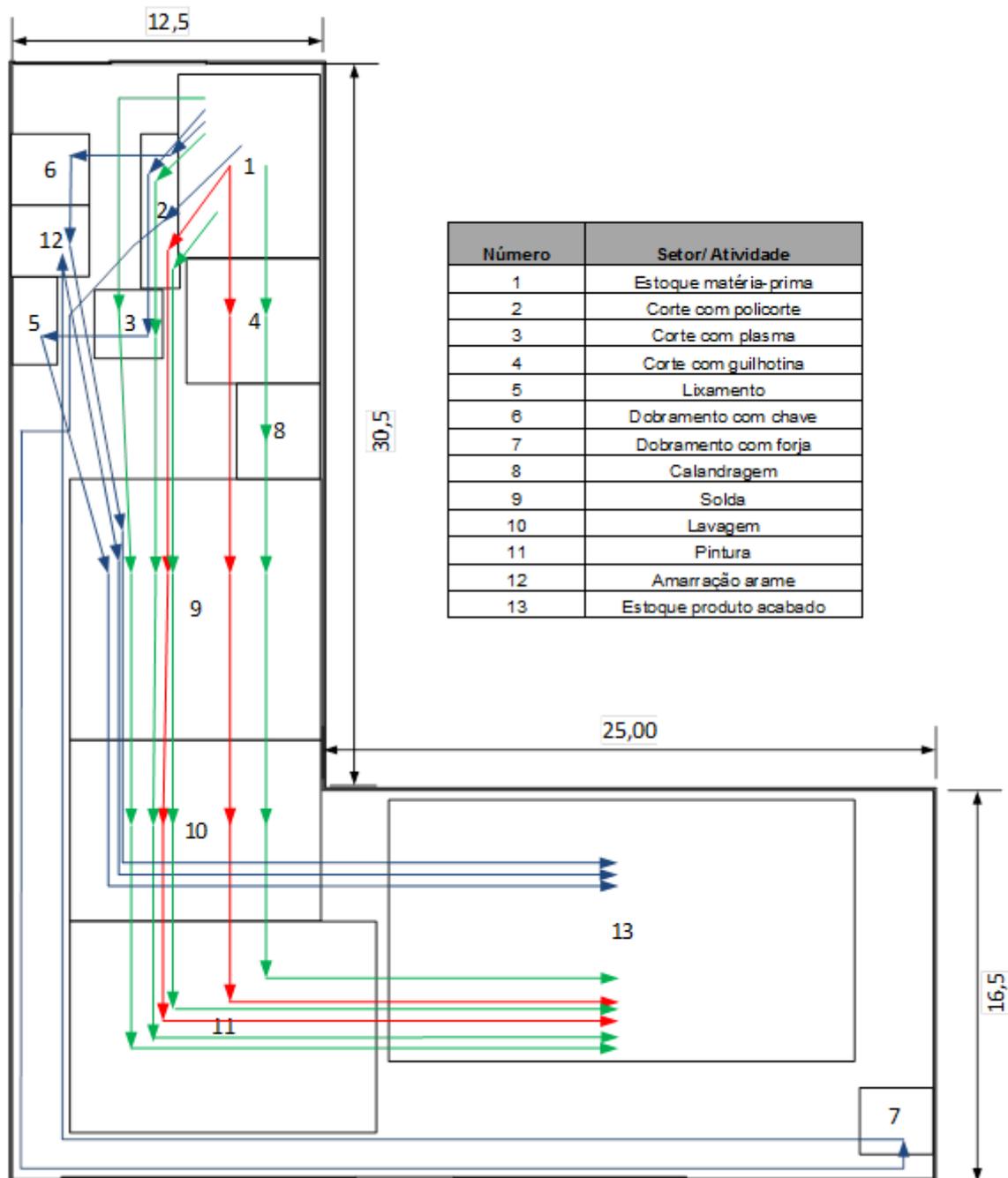


Figura 26 - Diagrama de inter-relações de espaço
Fonte: Autoria própria.

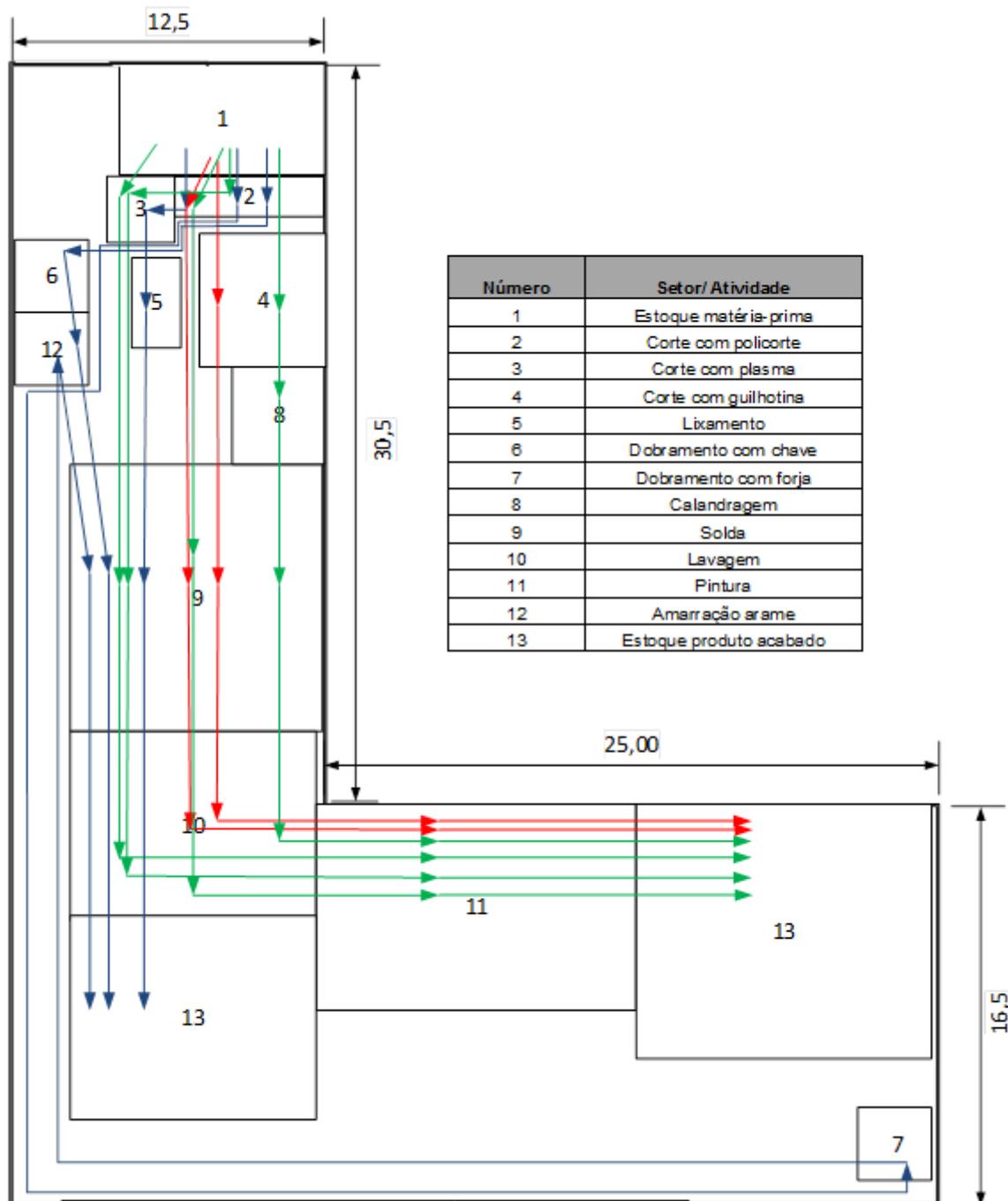
4.2.7 Arranjos físicos propostos

Os arranjos físicos propostos foram desenvolvidos considerando o diagrama de inter-relação de espaços, ajustando todas as áreas dos setores e atividades à planta do setor de produção. Além disso, foram consideradas se as características físicas necessárias da Tabela 3 atendem as áreas das novas propostas. As Figuras 27 e 28 apresentam os *layouts* propostos e o fluxo em que os componentes do *Top Sight* passam.



Componente do Top Sight	Legenda
Quadro	
Tubo de sustentação	
Gaiola	

Figura 27 - Layout proposto 1
Fonte: Autoria própria.



Componente do Top Sight	Legenda
Quadro	
Tubo de sustentação	
Gaiola	

Figura 28 - Layout proposto 2.
Fonte: Autoria própria.

Estoque matéria-prima: atualmente o estoque de matéria-prima fica localizado ao redor do ambiente operacional, e o que está localizado ao lado do setor 13 (estoque de produtos acabados) são estoques de matéria-prima que são pouco utilizados como a madeira e o eucalipto, pois atualmente a maioria dos produtos fabricados são de estruturas metálicas. Por isso este estoque poderia ser reduzido através da eliminação do que não é mais utilizado. Outra sugestão para os dois arranjos propostos é de que estas matérias-primas fiquem localizadas juntas, para facilitar o controle de estoques e também por todos estes materiais passarem por algum processo de corte.

Solda: nos dois arranjos físicos propostos o setor de solda foi ampliado devido a grande quantidade de produtos em espera nesse setor, também a solda de quadros no gabarito (espaço menor) foi alocada junto ao espaço de solda maior, devido a utilização dos mesmos equipamentos de solda.

Solda e lavagem: o setor de lavagem e solda podem ser perigosos estarem perto, mas necessitam que fiquem próximos, devido a sequência de produção e pelo fluxo intenso entre eles. Além disso, como são setores em que os produtos estão praticamente acabados e por serem produtos pesados, a distância entre os setores precisam ser menores para evitarem esforços. Entre esses dois setores poderiam ser acrescentados somente cortinas impermeáveis, facilitando a entrada dos produtos para o setor e fazendo com que a água não passe para o setor de solda.

Lavagem: o setor de lavagem foi reduzido nos dois *layouts* propostos, pois é um procedimento mais rápido em relação a pintura e a solda, não havendo muitos produtos em espera.

Pintura: no *layout* atual a pintura não possui uma divisória em relação a outros setores, e por possuir partes abertas no barracão, prejudica os vizinhos com o cheiro forte da tinta e também os outros setores e atividades do setor de produção. Por esse motivo, o ideal seria criar uma estufa para o setor de pintura, tanto no *layout* proposto 1 quanto no 2. No *layout* 2 a pintura foi localizada em um ambiente aberto, o que ocasionaria em mais custos para a mudança.

Dobramento com forja: de acordo com o diagrama deveria estar próximo a outros setores, porém como é um equipamento que funciona com altas e perigosas temperaturas, foi solicitado pela empresa que ficasse instalado no mesmo local do *layout* atual.

Estoque de produto acabado: atualmente fica localizado em um ambiente

a céu aberto não sendo necessário adequações, pois depois de instalados eles ficam a céu aberto. Somente na segunda proposta de *layout*, os estoques de produtos acabados foram divididos para uma melhor disposição de fluxo de materiais. Os estoques de produtos acabados para os dois *layouts*, assim como no *layout* existente, foram dispostos em um local que facilita a entrada e saída de veículos para a instalação dos produtos.

4.2.8 Avaliação das alternativas propostas

Na avaliação dos *layouts* propostos foram levados em consideração alguns fatores indicados pela literatura e escolhido juntamente com os funcionários e proprietário qual os mais relevantes para o arranjo físico.

Para o fator deslocamento, foram traçadas as distâncias físicas aproximadas de cada *layout*, através do programa Visio, de acordo com o fluxo de materiais de cada arranjo. Foram consideradas que todas as peças dos componentes (quadro, tubo de sustentação e gaiola) do momento em que se inicia o processo a partir do estoque de matéria-prima até a solda para a montagem, que elas são levadas de uma só vez. No *layout* atual, para o caminho do fluxo do estoque de matéria-prima até o processo seguinte foi realizada uma média móvel simples das distâncias. A Tabela 4 apresenta as distâncias físicas aproximadas percorridas no processo produtivo.

Tabela 4 - Distâncias físicas aproximadas percorridas

	Peças	Distâncias (m)		
		Layout Atual	Layout 1	Layout 2
Quadro	F, J, K, L, M, N	66,00	56,50	51,50
	C	72,95	51,20	51,40
Tubo de sustentação	D, E	71,85	49,55	48,50
	A	55,95	53,00	55,45
	H, I	55,20	58,10	50,85
	R	59,65	64,85	58,40
	B	74,80	58,55	40,50
Gaiola	G	182,50	219,35	182,90
	O, P, Q	88,95	56,35	43,00
	Total	727,85	667,45	582,50

Fonte: Autoria própria.

Após a realização das distâncias percorridas, foram atribuídos pesos aos fatores escolhidos. Para a classificação de cada arranjo em relação aos fatores, foi utilizada a classificação das vogais propostas pelo método SLP. A Tabela 5 apresenta a avaliação dos *layouts*, no qual o *layout 2* obteve a maior pontuação, sendo considerado o mais eficiente.

Tabela 5 - Avaliação dos arranjos físicos

Fatores	Peso	Atual	Layout				
			1		2		
Eficiência da estocagem	9	U	0	E	27	E	27
Eficiência de deslocamento	10	O	10	E	30	A	40
Eficiência do fluxo de materiais	10	O	10	E	30	E	30
Redução de esforços	10	I	20	E	30	A	40
Facilidade de organização	9	O	9	I	18	E	27
Supervisão e controle	6	I	12	E	18	E	18
Utilização de espaços	7	O	7	E	21	E	21
Total			68		174		203

Fonte: Autoria própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de arranjo físico de uma organização tem muitas implicações práticas e estratégicas que são fundamentais para a otimização de processos, para a organização do espaço físico e uma melhor disposição dos recursos disponíveis.

Na execução deste trabalho foi possível entender o processo produtivo de um produto da empresa, e a partir disso, identificar algumas limitações impostas decorrentes das características do arranjo físico existentes.

Com o estudo de arranjo físico analisou-se que o *layout* existente possui um grande cruzamento de fluxo de materiais devido a disposição de algumas atividades, as suas grandes distâncias, a localização dos estoques e seu difícil controle, e a falta de delimitações físicas entre os setores, principalmente o setor de pintura por ser o mais crítico.

Através do método SLP pode-se perceber que alguns setores estão com suas proximidades de acordo com os diagramas de inter-relações e o diagrama de inter-relações de espaço, porém identificou-se que alguns setores poderiam ter suas áreas ampliadas ou reduzidas, como é o caso da solda e da lavagem respectivamente.

Os *layouts* propostos tiveram como sugestão o melhor aproveitamento do espaço disponível e foram alocados conforme as características físicas necessárias, menor custo de investimento para a mudança e alguns requisitos solicitados pela empresa. Além disso, os dois *layouts* foram sugeridos levando em consideração o diagrama de inter-relações de espaços, porém com o requisito da empresa do dobramento com forja permanecer no mesmo local.

A avaliação dos arranjos físicos mostrou que os dois *layouts* propostos obtiveram pontuações altas em relação ao atual, mostrando um fluxo contínuo e a redução dos esforços dos materiais, peças e produtos. O *layout 2* obteve a maior pontuação em comparação com os demais, porém o setor de pintura exigiria um maior investimento, devido ao local ser totalmente aberto.

Sugere-se para trabalhos futuros realizar uma análise de viabilidade de investimento dos arranjos físicos propostos, e também a análise da melhoria da produtividade do *layout* após a sua implementação.

REFERÊNCIAS

BROWN, Steve; LAMMING, Richard; BESSANT, John; JONES, Peter.

Administração da produção e operações: um enfoque estratégico na manufatura e nos serviços. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações:** uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, A.J. **Otimização do layout de produção de um processo de pintura de ônibus.** 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: atlas, 2002.

IANNI, Octávio. **Teorias da globalização.** 9. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2001.

KAUARAK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H.; **Metodologia da pesquisa:** um guia prático. Bahia: Litterarum, 2010.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Operations management: processes and value chains.** New Jersey Pearson: Prentice Hall, 2005.

LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e controle da produção.** São Paulo: Elsevier, 2008.

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

MONKS, Joseph G. **Administração da produção.** São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

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

MUTHER, R.; WHEELER, J. **Planejamento simplificado de layout – Sistema SLP**. São Paulo: IMAM, 2008.

OLIVEIRO, JOSE LUIZ. **Projeto de fábrica – produtos, processos e instalações industriais**. São Paulo: IBLC – Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda., 1985.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: atlas, 2009.

SILVA, A.L. **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial orientado para a produção enxuta**. 2009. 243f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. revisada e atualizada. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J.A; BOZER, Y.A *et al.* **Facilities Planning**. 2. ed. New York: John Willey, 1996.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: atlas, 2009.

YANG, T.; CHAO-TON, S.; YUAN-RU, H. **Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities**. International Journal of Operations Management, vol.20, n.11, 2000.