

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LEONARDO CIABATI SILVA

ARRANJO FÍSICO: PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DO  
ARRANJO FÍSICO DE UMA EMPRESA DO SETOR  
METALÚRGICO.

ITUIUTABA

2019

LEONARDO CIABATI SILVA

ARRANJO FÍSICO: PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DO  
ARRANJO FÍSICO DE UMA EMPRESA DO SETOR  
METALÚRGICO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo.

ITUIUTABA

2019

LEONARDO CIABATI SILVA

ARRANJO FÍSICO: PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DO  
ARRANJO FÍSICO DE UMA EMPRESA DO SETOR  
METALÚRGICO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social da Universidade Federal de Uberlândia, aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 04 de junho de 2019.

---

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo (orientador),  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Daniel França Lazarin,  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado,  
Universidade Federal de Uberlândia

*Primeiramente dedico este trabalho a Deus.  
Também dedico aos meus pais Luiz Paulo e Rosana  
A minha irmã Taila e minha namorada Anna Beatriz.*

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente gostaria de agradecer a Deus, pelo dom da vida, e por estar sempre me abençoando e protegendo durante a minha caminhada.

Agradeço aos meus pais, Luiz Paulo e Rosana, e minha irmã Taila, por todo o apoio não só durante a Faculdade, mas durante a vida toda, me dando todo o suporte necessário para trilhar o meu caminho. Sou eternamente grato por fazer parte de uma maravilhosa família.

A minha namorada, Anna Beatriz Vanini, por sempre me apoiar, me ajudar a superar todas as dificuldades e apesar da distância nunca deixou de estar ao meu lado.

Aos meus amigos, que durante a universidade foram minha família, sempre compartilhando conhecimentos, dificuldades, somando toda a experiência e amadurecimento nesse período, mesmo longe, sempre me senti em casa. Deixo a vocês meu sentimento de gratidão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, agradeço a oportunidade de trabalhar com o senhor e receber todas as instruções necessárias para fazer um belo trabalho.

E por fim, à todas as pessoas que me apoiaram e torceram por mim na minha vida acadêmica, todas fazem parte dessa história, muito obrigado.

## RESUMO

A competitividade entre as empresas cresce a cada ano devido à grande oferta de produtos e consumidores sempre mais exigentes. Com isso a margem de lucro das empresas estão sempre sendo reduzidas e não há espaço para erros, a melhoria contínua deve estar sempre sendo executada, com o exercício contínuo da redução de desperdícios e buscando sempre melhorias no sistema produtivo. A presente pesquisa tende a analisar o arranjo físico atual de uma empresa do setor metalúrgico, verificar quais os problemas causados pelo atual *layout*, como eles influenciam negativamente na empresa, analisar os métodos existentes para o desenvolvimento de arranjo físico, verificar qual o mais adequado a ser utilizado na presente pesquisa, demonstrar o fluxo de produção atual, utilizar as ferramentas necessárias e sugeridas pelo método escolhido e desenvolver uma proposta de um novo arranjo físico, buscando a melhoria do fluxo de produção de todos os produtos comercializados pela empresa estudada, evidenciar as melhorias que serão atingidas, além de solucionar os problemas causados pelo atual *layout*.

**Palavras-chave:** Arranjo Físico. Arranjo Físico Celular. Metalúrgica.

## **ABSTRACT**

The competitiveness between the companies grows every year due to the large offer of products and consumers always more demanding. With this the profit margin of the companies are always being reduced and there is no room for errors, continuous improvement should always be implemented, with the continuous exercise of waste reduction and always seeking improvements in the productive system. The present research tends to analyze the current physical arrangement of a company of the metallurgical sector, to verify which the problems caused by the current layout, as they influence negatively in the company, to analyze the existing methods for the development of physical arrangement, to verify which the most adequate to be used in the present research, to demonstrate the current production flow, to use the necessary tools and suggested by the chosen method and to develop a proposal of a new physical arrangement, seeking the improvement of the production flow of all the products commercialized by the studied company, to highlight the improvements that will be reached, besides solving the problems caused by the current layout.

**Keywords:** Physical Arrangement. Physical Arrangement. Metallurgical.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tipos de processos em operações de Manufatura.....	19
Figura 2 - Arranjo Físico Posicional.....	24
Figura 3: Arranjo Físico Funcional.....	25
Figura 4: Arranjo Físico Celular.....	28
Figura 5: Arranjo Físico por Produto.....	29
Figura 6: Arranjo Físico Misto.....	30
Figura 7: Procedimentos do SLP.....	33
Figura 8: Diagrama de Relacionamento.....	35
Figura 9 - Diagrama de Inter Relações.....	36
Figura 10 - Diagrama de Inter-Relações.....	36
Figura 11 - Arranjo Físico.....	37
Figura 12: Evolução do emprego no ramo metalúrgico.....	39
Figura 13: Metalons, tubos industriais, cantoneiras e demais produtos.....	43
Figura 14: Exemplo de perfil dobrado.....	44
Figura 15: Exemplo de telha de Aço.....	44
Figura 16: Arranjo Físico Atual.....	45
Figura 17: Arranjo físico atual com fluxo de produção.....	46
Figura 18 - Roteiro de Produção.....	49
Figura 19: Diagrama de relacionamento.....	51
Figura 20: Diagrama de inter-relações.....	52
Figura 21: Legenda do diagrama de inter-relações.....	52
Figura 22: Diagrama de inter-relação de espaço.....	54
Figura 23: Arranjo Físico proposto.....	55
Figura 24: Arranjo físico proposto com fluxo de produção.....	56



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais métodos de desenvolvimento de <i>Layout</i> .....	31
Quadro 2- Passos do planejamento do método SLP .....	34
Quadro 3- Grupos de Produtos .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de Produtos .....	48
Tabela 2- Tempo de Produção dos Produtos.....	50
Tabela 3- Tempo de Produção dos Produtos.....	50
Tabela 4- Classificação de Relacionamento .....	51
Tabela 5- Área Total de Cada Setor.....	53

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SLP	Systematic <i>Layout</i> Planning
CBMM	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	14
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA.....	15
1.2.1	<i>Objetivos geral</i> .....	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	15
1.3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	16
1.4	RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	16
1.5	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	PROCESSOS DE MANUFATURA.....	18
2.1.1	<i>Processos de Projeto</i> .....	19
2.1.2	<i>Processos de Jobbing</i> .....	20
2.1.3	<i>Processos em lotes ou bateladas</i> .....	20
2.1.4	<i>Processos de Produção em Massa</i> .....	20
2.1.5	<i>Processos contínuos</i> .....	21
2.2	ARRANJO FÍSICO.....	21
2.2.1	<i>Arranjo Físico Posicional</i> .....	24
2.2.2	<i>Arranjo Físico Funcional</i> .....	25
2.2.3	<i>Arranjo Físico Celular</i> .....	26
2.2.4	<i>Arranjo Físico por Produto</i> .....	28
2.2.5	<i>Arranjo Físico Misto</i> .....	30
2.3	MÉTODO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING - SLP .....	31
2.3.1	<i>Etapas do SLP</i> .....	32
2.4	O SETOR METALÚRGICO .....	37
<b>3</b>	<b>MÉTODOS DE PESQUISA .....</b>	<b>40</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	40
3.2	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS .....	40
3.3	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS .....	41
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ETAPAS .....	41

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>43</b>
4.1	ESTUDO DE CASO	43
4.2	MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL	45
4.3	PROPOSTA DE MELHORIA	47
4.3.1	<i>Método SLP</i>	47
4.3.2	<i>Dados de Entrada</i>	47
4.3.3	<i>Produto</i>	47
4.3.4	<i>Quantidade</i>	48
4.3.5	<i>Roteiro de Produção</i>	49
4.3.6	<i>Serviços de Suporte</i>	48
4.3.7	<i>Tempo</i>	50
4.3.8	<i>Diagrama de Relacionamento</i>	50
4.3.9	<i>Diagrama de Inter Relações</i>	51
4.3.10	<i>Diagrama de Inter Relações de espaço</i>	53
4.3.11	<i>Proposta de Reformulação do Arranjo Físico</i>	54
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>59</b>
5.1	CONCLUSÕES DO TRABALHO	59
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	59
5.3	TRABALHOS FUTUROS	60

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização e justificativa

O desenvolvimento industrial, que teve início no século XVIII após a revolução industrial, foi o ponto de partida para o crescimento das indústrias, com a evolução dos mercados, as empresas tinham a necessidade de evoluir sua produção. Segundo Huberman (1985) o crescimento do mercado estimula o crescimento da produção, desta forma, o desenvolvimento de novos arranjos físicos é necessário para a adaptação a novas realidades.

No início do século XX, quando o mercado começou a demandar grandes produções, foi criado o arranjo em linha onde o principal foco era a produtividade e atendiam a produção em massa com baixa variação entre os produtos (BLACK, 1991). Com o decorrer do século, o mercado foi passando por modificações nas exigências dos consumidores, onde reivindicavam de itens com maior personalização (GROOVER E ZIMMER, 1984). O arranjo físico celular foi selecionado para atender os níveis de flexibilidade e produtividade.

Segundo Azevedo e Braga (2013) para as empresas e indústrias se manterem competitivas e eficazes são necessários três aspectos importantes: a produtividade, a qualidade e a inovação, inicialmente a reformulação de *layout*, em grande parte das empresas está entre as inovações mais difíceis de serem executadas, pode ocasionar em melhorias para a empresa, otimizando o fluxo de produção e aumentando a produtividade, resultando em uma maior clareza do fluxo a ser seguido durante a operação, os processos envolvidos tornam-se padronizados, melhorando a qualidade dos produtos e um novo arranjo físico traz inovação para a empresa no mercado onde está envolvida. Conseqüentemente uma pequena mudança na localização de uma máquina poderá interferir nos três aspectos citados acima, influenciando os custos e a eficácia de produção.

Desde o posto do operador à localização das unidades de negócio, o projeto do *layout* deve ser realizado com eficiência e eficácia. De modo que as conseqüências de um arranjo físico bom ou ruim afetarão os resultados do negócio em questão (MOURA, 1997).

Com base no contexto apresentado, o objeto de estudo deste trabalho, uma empresa do setor metalúrgico, enfrenta problemas com o arranjo físico utilizado, o alto nível de estoque em circulação, fluxos imprevisíveis, longos e confusos, filas de clientes ao longo da operação são alguns dos empecilhos gerados pelo *layout* antiquado as novas exigências, e a consequência disso é alto custo de produção e uma baixa eficácia.

As necessidades enfrentadas anteriormente pela empresa foram levadas em consideração para o desenvolvimento do *layout* atual, porém com as frequentes mudanças do mercado, ele se tornou ultrapassado e antiquado. Por esse motivo, surgiu a necessidade em substituir o arranjo físico. Partindo desse princípio, o desenvolvimento de um novo arranjo físico terá o foco em atender as atuais necessidades da empresa, além de ser planejado a longo prazo para que não seja preciso uma nova reestruturação em um curto período.

## **1.2 Objetivos de pesquisa**

### ***1.2.1 Objetivos geral***

Dispondo da importância de um bom arranjo físico para as indústrias, este trabalho tem como objetivo propor o arranjo produtivo para uma empresa do setor metalúrgico, visando uma melhora no fluxo de produção e aumento do desempenho como um todo.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos são:

1. Análise crítica e aprofundada da atual situação do arranjo físico da empresa, objeto deste estudo.
2. Entender o fluxo de materiais, colaboradores e produtos, e as relações entre os postos de trabalhos.
3. Apresentar opções de *layout* e determinar a melhor alternativa para a empresa.

### **1.3 Procedimento metodológico**

O presente estudo tem natureza empírica e caráter qualitativo e descritivo. A pesquisa se enquadra como um estudo de caso e tem os seguintes procedimentos metodológicos:

1. Referencial bibliográfico;
2. Levantamento e análise dos dados da empresa;
3. Proposta de reformulação do *layout*;
4. Apresentação dos Resultados e conclusão.

### **1.4 Relevância da pesquisa**

Este trabalho foca evidenciar os impactos de um bom arranjo físico nas indústrias atualmente, mostrando as melhorias no fluxo de produção causados pela escolha do tipo de *layout* de acordo com as necessidades de cada empresa e conseqüentemente a redução dos custos de produção. Podendo ser utilizado como base para o desenvolvimento de novas pesquisas com tema similar.

No ambiente empresarial, o trabalho tem o impacto de reduzir os custos de produção da empresa envolvida no estudo de caso, utilizar o espaço físico disponível da melhor maneira possível e melhorar o fluxo de produção, sendo exemplo para o desenvolvimento do mesmo tema em empresas diferentes.

### **1.5 Delimitação do trabalho**

A pesquisa em questão abrange a área da Engenharia de Produção, com foco na subárea, Arranjo Físico. A aplicação desse estudo se encontra no setor industrial brasileiro, especificamente atuando no setor metalúrgico.

### **1.6 Estrutura do trabalho**

No primeiro capítulo consta a apresentação do tema, contendo contextualização, justificativa, objetivos gerais e específicos, procedimento



metodológico, relevância da pesquisa, delimitação do trabalho e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo ilustra a fundamentação teórica, fundamentada em referências bibliográficas necessárias para a contextualização e a compreensão do trabalho, para dar base teórica à pesquisa. O capítulo trata sobre o mercado que a empresa está envolvida e os tipos de arranjo físico.

No terceiro capítulo será tratado os métodos de pesquisa, como a pesquisa é caracterizada, as técnicas utilizadas para a coleta e tratamento de dados, os procedimentos metodológicos usados como base para as etapas da pesquisa e o resultado esperado em cada etapa.

No capítulo de número quatro, onde serão estruturados os resultados de pesquisa, que estarão alinhados com o objetivo citado anteriormente, visando atingi-lo segundo os métodos utilizados.

Por fim, o quinto capítulo expõe as considerações finais, com a finalidade de demonstrar que todos os objetivos foram atingidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Processos de manufatura

De acordo com Pacievitch (2008) a definição de manufatura, é a transformação da matéria prima em produtos que serão fornecidos ao consumidor final, desde processos automatizados com a utilização de altas tecnologias para transformação da matéria prima em um produto acabado, até a utilização do artesanato com o mesmo intuito.

Segundo Egydio (2012) a revolução industrial desencadeou no avanço do processo de produção de bens, o que antes era fabricado artesanalmente passou a ser produzido por máquinas, o que aumentou o volume e diminuiu o tempo de produção, permitindo alimentar completamente o comércio. Conseqüentemente o preço dos produtos reduziu e o número de vendas cresceu. A evolução da manufatura originou novos tipos de processos de trabalho e certos tipos de especialização.

Devido a essa evolução, as empresas viram a necessidade de se atualizarem para continuar competitivas no mercado, e o desenvolvimento de novos *layouts* s foi uma das alternativas, porém, anterior a decisão de qual tipo de *layout* utilizar, é necessário identificar qual o tipo de processo a empresa utiliza. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) a modificação do volume e da variedade do processo, são fatores que definem uma abordagem geral para a manutenção dos processos, essas abordagens gerais são denominadas tipos de processos e como demonstra a figura número 1, são classificados de acordo com o volume de produção e a variedade. No sistema de manufatura, os tipos de projetos são:

- Processo de Projeto;
- Processo de *jobbing*;
- Processos em lotes ou bateladas;
- Processos de produção em massa;
- Processos contínuos.

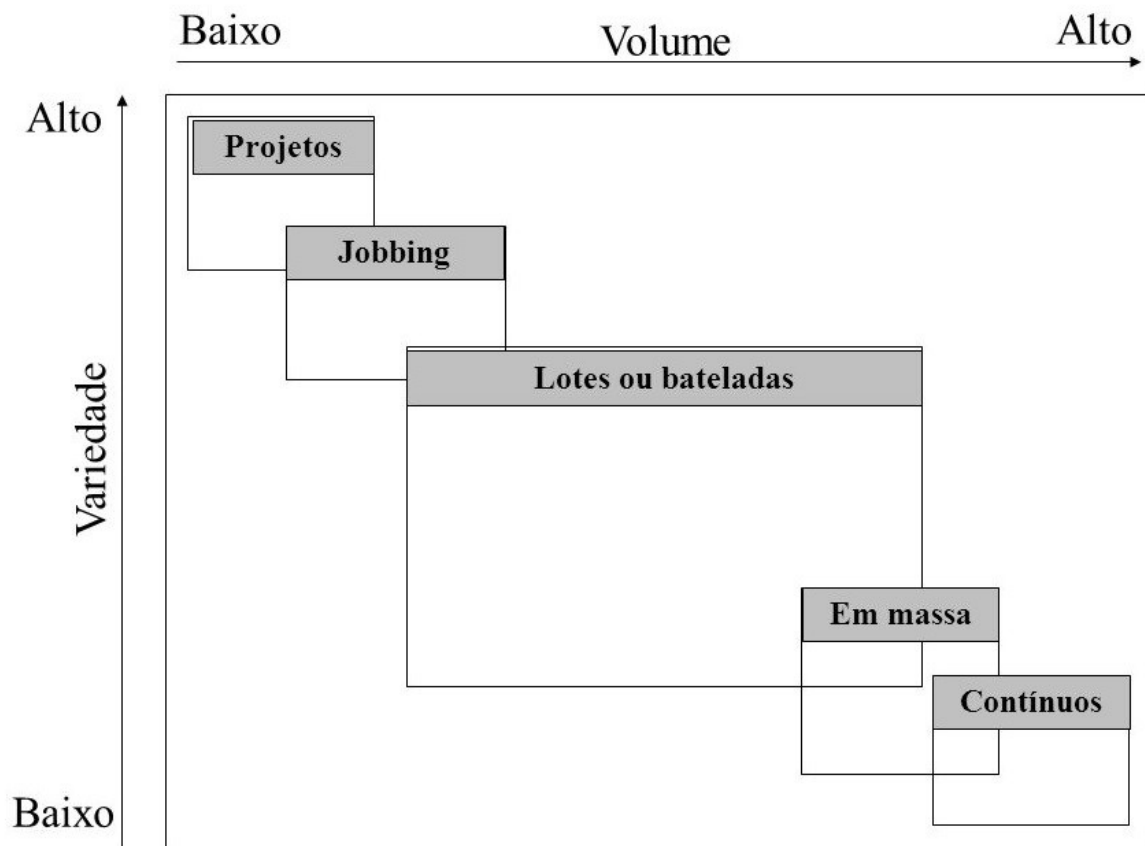


Figura 1: Tipos de processos em operações de Manufatura  
 Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

Como é possível observar no gráfico da figura 1, conforme a alteração da variedade e do volume dos produtos produzidos, o tipo de processo modifica, no caso de uma empresa com alta variedade de produtos porém com baixo volume, ela se encaixa no processo por projetos, por sua vez o processo contínuo é caracterizado por uma produção de baixa variedade porém alto volume e os processos por lote ou batelada encaixa no meio termo, onde a variedade e o volume são considerados médios.

### 2.1.1 Processos de Projeto

Processos do tipo projeto, lidam com produtos peculiares e geralmente bastante customizados. Na maioria dos casos, o tempo para a execução do produto ou serviço é longo, assim como o período entre a conclusão de cada produto ou serviço. Então alta variedade e baixo volume caracterizam esse processo e as atividades realizadas durante a execução podem ser definidas de maneira equivocada, por serem incertas, e ocasionalmente serão modificadas durante o

processo de produção. Como exemplo a construção de um navio (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2002).

### **2.1.2 Processos de Jobbing**

Esse tipo de processo também lida com alta variedade e baixo volume, porém a diferença é que para os processos de projeto os recursos de operação são geralmente exclusivos para cada projeto, no caso dos processos de *jobbing*, esses recursos devem ser compartilhados entre outros produtos ou serviços. Um exemplo é uma gráfica que produz ingressos para eventos locais (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2002).

### **2.1.3 Processos em lotes ou bateladas**

Conforme indicado pelo nome, são produzidos produtos em lotes, ou seja, mais de uma quantidade. De tal maneira que durante a produção de um lote, alguns processos podem ser repetitivos, até que tal lote termine de ser produzido e dá início a execução de outro lote. A fabricação da maior parte das peças de conjuntos montados em massa, como automóveis, é exemplo de processos em lotes (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2002).

### **2.1.4 Processos de Produção em Massa**

Processos de produção em massa são as operações que produzem produtos em alto volume e baixo nível de variedade. As atividades são basicamente previsíveis e repetitivas. Como exemplo, uma indústria de automóveis, onde existem diversas opções de cores, motores, equipamentos extras e outras opções que são levadas em consideração para a produção de um carro, porém todas essas variedades não afetam o processo básico de produção, por esse motivo o processo em questão é um processo de produção em massa (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2002).

### **2.1.5 Processos contínuos**

Os processos contínuos usualmente são os que operam em volumes maiores e com variedade mais baixa, operam por períodos longos, e em alguns casos são literalmente contínuos, porque os produtos são inseparáveis e produzidos em um fluxo ininterrupto. Os processos são altamente previsíveis e padronizados. Exemplo de processos contínuos são uma refinaria petroquímica e instalações de eletricidade (SLACK, CHAMBER E JOHNSTON, 2002).

## **2.2 Arranjo Físico**

Vieira (1983), define arranjo físico ou *layout* como a melhor utilização do espaço disponível da empresa, que melhore a eficiência do processamento através de menores distâncias e no menor tempo possível. Segundo Anton, Eidelwein e Diedrich (2012), *layout* é definido como a disposição de máquinas e estações de trabalho em um ambiente, considerando a movimentação correta de materiais e informações, com o intuito de produzir o máximo possível no menor espaço de tempo.

Segundo Gaither e Frazier (2001), planejar o tipo de arranjo físico é escolher a localização certa de cada máquina da empresa, aproveitando da melhor maneira todo o espaço disponível e não considerar apenas a melhor maneira de distribuir os equipamentos, mas também a localização da mão de obra, estudando as condições de trabalhos dos colaboradores. Todas essas ações visam evitar movimentações ineficientes, proporcionar fluxos definidos com a consequência de tornar mínimo o esforço humano e o tempo gasto.

As consequências de um arranjo físico implementado de maneira equivocada podem trazer problemas para a empresa, de acordo com Zanotti Filho et al (2013) padrões de fluxos longos, filas de clientes, altos lead times, estoque desnecessários de matérias e altos custos. Os autores afirmam também que um bom *layout* deve reduzir a movimentação desnecessária, definir corredores para movimentação, entre outros benefícios.

Slack, Chambers e Johnston (2002) determinam que o arranjo físico de uma operação lida com o posicionamento físico dos recursos de transformação, composto por instalações e funcionários. Definido de forma simples, o *layout* é tomar a decisão de onde posicionar todas as instalações, máquinas e colaboradores da empresa, além de ser uma das características mais notáveis da empresa, porque definem a sua forma e aparência, ou seja, aquilo que seria notado em primeiro lugar quando entrassem na empresa. Outra definição usada é a maneira como os recursos transformadores, materiais, informações e clientes, fluem pela operação. Além das circunstâncias citadas, outros aspectos demonstrados na sequência, fazem, a decisão de qual arranjo físico usar, ser um fator crucial para as empresas.

- A realização de uma mudança de *layout* pode ser complicada e difícil de executar, devido as dimensões das máquinas utilizadas no processo produtivo.
- Para ser feita a troca de *layout*, a produção pode ser interrompida, gerando perdas na produção, e conseqüentemente a insatisfação de clientes.
- Um arranjo físico escolhido de forma equivocada, pode gerar longos e confusos fluxos de produção, estoque de materiais, filas de cliente durante o fluxo, alto tempo de operação, ocasionando em alta demora para entrega de pedidos, insatisfação de clientes e custos altos.

Para o planejamento de um arranjo físico devem ser selecionados os objetivos a serem alcançados, para cada tipo de arranjo físico existem objetivos diferentes, porém, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) são definidos alguns objetivos gerais que estão envolvidos em todos os tipos de *layout*, e são eles:

- Segurança: todos os processos envolvidos que representam perigo, tanto para a mão de obra, quanto aos clientes, devem ser acessados apenas por pessoas autorizadas;
- Extensão do fluxo: o fluxo de materiais, informações ou clientes devem ser direcionados pelo arranjo físico, de maneira que atendam aos objetivos da operação;
- Clareza do fluxo: todo o fluxo de matérias, clientes e informações devem ser bem sinalizados claramente para os clientes e mão de obra;

- Conforto da mão de obra: a mão de obra deve ser colocada longe de áreas barulhentas ou não agradáveis da operação, o ambiente de trabalho deve ser bem ventilado, iluminado e agradável;
- Acesso: todas as máquinas envolvidas durante a operação, devem ser acessíveis para manutenção, limpeza e operação;
- Uso do espaço: o espaço físico disponível pela empresa, deve ser utilizado da melhor maneira possível, otimizando o total do espaço utilizado para determinado propósito;
- Flexibilidade de longo prazo: o arranjo físico deve ser planejado a longo prazo, levando em considerações pequenas mudanças no futuro, e que uma mudança no *layout* para adaptar as novas realidades não seja de difícil execução.

Após a o entendimento da definição de arranjo físico e a decisão de qual tipo de processo a empresa utiliza, deve ser definido o tipo básico de *layout* a ser utilizado. O tipo básico é a forma geral do arranjo dos recursos produtivos inseridos na operação, grande parcela dos arranjos físicos existentes deriva dos *layouts* básicos que são classificados em quatro tipos (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002). Os quatro tipos são:

- Arranjo Físico Posicional;
- Arranjo Físico Funcional;
- Arranjo Físico Celular;
- Arranjo Físico por Produto.

Ainda, de forma complementar e recorçando a visão de Slack, Chambers e Johnston (2002), Azevedo e Braga (2013) asseguram que diferentes tipos de produto exigem diferentes insumos e recursos, que determinam diferentes tipos de estocagem, manejo e transporte, além da existência de diferentes processos produtivos, por esses motivos existem diferentes tipos de *layouts*, sendo eles:

- Arranjo Físico Posicional;
- Arranjo Físico Funcional;

- Arranjo Físico Celular;
- Arranjo Físico por Produto;
- Arranjo Físico Misto.

### 2.2.1 Arranjo Físico Posicional

De acordo com Gaither e Frazier (2001) quando o produto é considerado delicado ou de grande volume, o que torna difícil de ser movimentado, o *layout* a ser utilizado é o posicional, onde as máquinas, trabalhadores e insumos, se movimentam em torno do produto de acordo com a necessidade de produção.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), no arranjo físico posicional também conhecido como arranjo físico de posição fixa, os recursos transformados não se movimentam entre os recursos transformadores, devido a isso quem sofre o processamento fica estacionário, e quem executa esse processo se move durante a operação, como demonstrado na figura número 2.

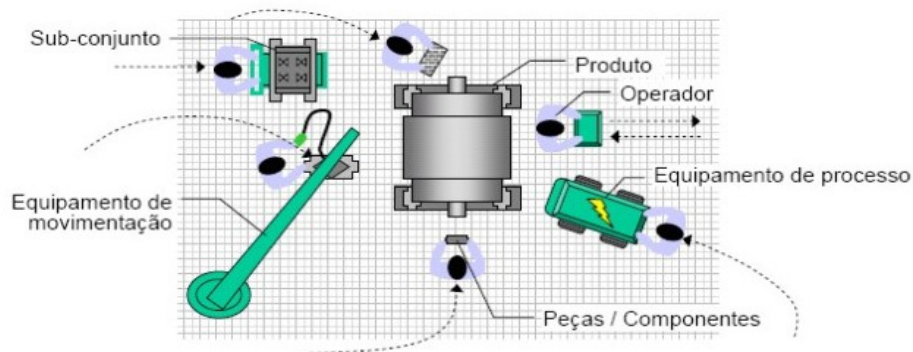


Figura 2 - Arranjo Físico Posicional  
Fonte: Doblas (2010)

Na figura 2, notamos que o produto não se movimenta, ele possui sua posição fixa, já os recursos transformadores, representados na figura pelo operador, equipamento de processos, peças, componentes e os demais, se movem em torno do recurso que está sendo transformado.



Alguns exemplos de operações que envolvem esse tipo de arranjo, são montagens de navios e de grandes alternadores (OLIVÉRIO, 1985), Groover (1984) cita aviões de grande porte e Black (1991) menciona locomotivas, pontes e prédios.

Black (1991) ressalta que devido à grande complexidade de alguns projetos, o arranjo físico posicional pode utilizar de outros arranjos físicos, que são utilizados onde seus componentes são processados.

### 2.2.2 Arranjo Físico Funcional

Também denominado de arranjo físico por processo, foi o primeiro modelo de *layout* utilizado nas indústrias, apesar de suas limitações atuais, continua sendo usado por algumas empresas. Sua característica principal é o agrupamento de operações com funções similares (OLIVÉRIO, 1985). Segundo Black (1998) o *layout* funcional é determinado pela variedade das características dos componentes e máquinas utilizadas. As máquinas são alocadas em grupos de acordo com o tipo de operação que realizam e as peças são movimentadas, geralmente em lotes, de um setor para o outro. É possível observar no Figura 3, os recursos transformadores alocados de acordo com sua similaridade, como os tanques, tornos e processos de estampagem e os recursos transformados se movimentam pelos setores através do equipamento de movimentação.

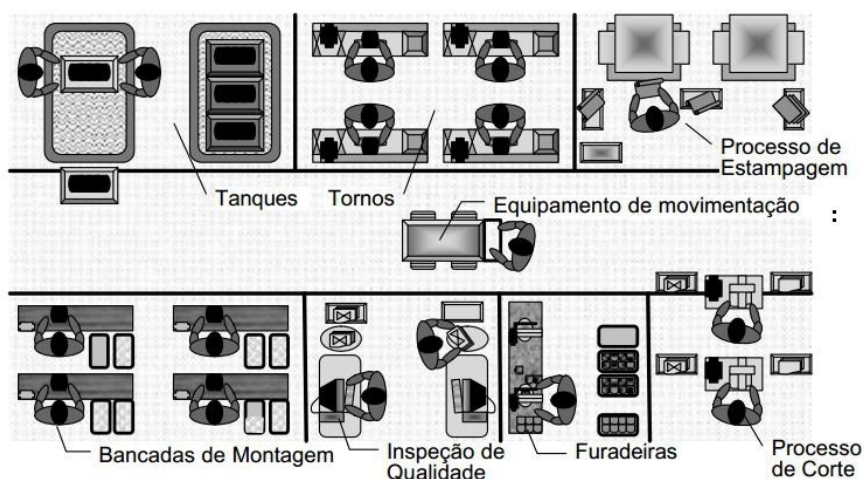


Figura 3: Arranjo Físico Funcional  
Fonte: Doblas (2010)

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) as necessidades e conveniência dos recursos transformadores são fatores determinantes para a decisão sobre o arranjo e o local onde os processos similares serão agrupados.

Corrêa e Corrêa (2006) observam que a eficiência desse modelo está atrelada a intensidade dos fluxos e as distancias entre os setores, se houver áreas de maior fluxo e as distâncias não forem adequadas, o processo em questão terá sua eficiência comprometida. E este tipo de arranjo físico é utilizado quando os fluxos pelos setores são altamente variáveis e descontínuos.

Groover (1984) demonstra que o controle da produção demanda esforço, devido a vários lotes de produtos serem fabricados ao mesmo tempo, porém a elaboração do fluxo de produção é simples, basta classificar o trajeto a ser seguido pelo produto, identificando em quais setores ele vai passar.

Tompkins et al. (1996), Krajewski e Ritzman (1996) e Gonçalves Filho (2005) citam algumas vantagens em utilizar o *layout* funcional:

- Maior utilização das máquinas;
- Menor vulnerabilidade à quebra de máquinas;
- Maior flexibilidade em adaptar-se a mudança de produtos ou demandas;
- Equipamento de caráter gerais podem ser utilizados.

### **2.2.3 Arranjo Físico Celular**

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), no arranjo físico celular os recursos transformados antes de entrarem na operação tem o seu fluxo já definido, eles se movimentam até uma célula, onde todos os recursos transformadores necessários estão localizados, depois de serem processados, eles podem seguir para outra célula. Dentro de cada célula o arranjo físico utilizado é o por processo ou por produto.

Para Gonçalves Filho (2005), nesse tipo de *layout* o material é levado através estações de trabalho, nas quais passam por operações de fabricação ou de montagem, criando um fluxo definido e com direção única. O arranjo físico celular procura alocar os recursos produtivos de acordo com a melhor encadeamento das intervenções necessárias pelo produto que está sendo transformado.

Peinado e Graeml (2004) falam que o *layout* celular busca unir as vantagens do *layout* por processo e por produto. A célula criada consiste em arranjar somente um local, diferentes tipos de máquinas que são capazes de produzir o produto inteiro. O material se desloca dentro da célula conforme necessário, e esse deslocamento na maior parte dos casos é feito em linha. Eles também citam algumas vantagens desse *layout*: aumento da flexibilidade em relação ao tamanho de lotes por produto, diminuição de transporte de matérias e dos estoques e maior satisfação do trabalho.

Uma importante ressalva quando ao *layout* celular é a utilização de trabalhadores multifuncionais dentro de cada célula, sendo um dos requisitos para implementar esse tipo de arranjo, eles devem ter habilidades para operarem todo maquinário dentro de uma célula, ou seja, diferentes tipos de operações.

Slack, Chambers e Johnston (2002) citam alguns exemplos de empresas que usam o *layout* celular: empresas de componentes de computador, área para produtos específicos em supermercados e maternidade em um hospital. Para o melhor entendimento, algumas pessoas podem optar por um supermercado para almoçar, então são feitas áreas onde possuem refrigerantes, lanches, iogurtes, salgadinhos, entre outros, e o cliente não tem o trabalho de procurar todos esses itens por todo o espaço físico do mercado. A figura 4 demonstra claramente como o *layout* celular é organizado, os setores estão alocados em células que possuem todos os recursos necessários para a produção de determinado produto, o trabalhador realiza toda a operação utilizando todo o maquinário disponível em cada célula, por esse motivo existe a necessidade de um trabalhador polivalente com domínio de todas as etapas da produção.

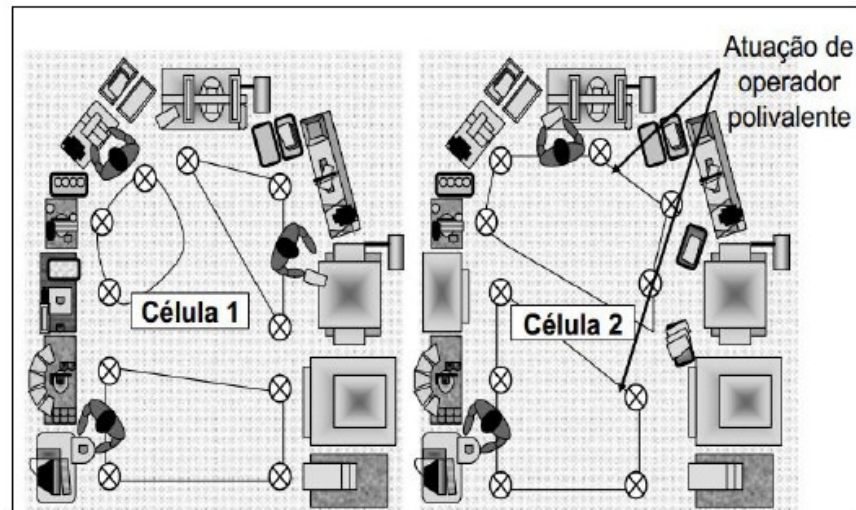


Figura 4: Arranjo Físico Celular  
Fonte: Doblas (2010)

De acordo com Tompkins et al. (1996) e Black (1998) algumas vantagens do *layout* celular são:

- Redução do tempo de manejo e movimentação do material;
- Fluxo de produção suave;
- Tempo de ciclo menos variável;
- Ambiente bom de trabalho, com a criação de equipe multifuncionais;
- Melhoria da qualidade e controle dos itens produzidos.

#### 2.2.4 Arranjo Físico por Produto

Também é conhecido como arranjo físico em linha. Segundo Oliveiro (1985), a localização dos postos de trabalho é de acordo com a sequência de processamento do produto, com a finalidade de otimizar a movimentação de material. Black (1991) cita que as máquinas são especializadas para a produção de um produto específico e é comum a utilização de duas ou mais máquinas com a mesma função para o balanceamento do fluxo evitando gargalos.

Slack, Chambers e Johnston (2002) dizem que o arranjo por produto ou em linha, aloca os recursos transformadores de forma que atenda as conveniências dos recursos transformados, como é possível notar na figura número 5. Os recursos

transformados antes de entrarem na linha de produção, possuem o roteiro de produção definidos e coincidem com a sequência dos recursos transformadores alocados no arranjo.

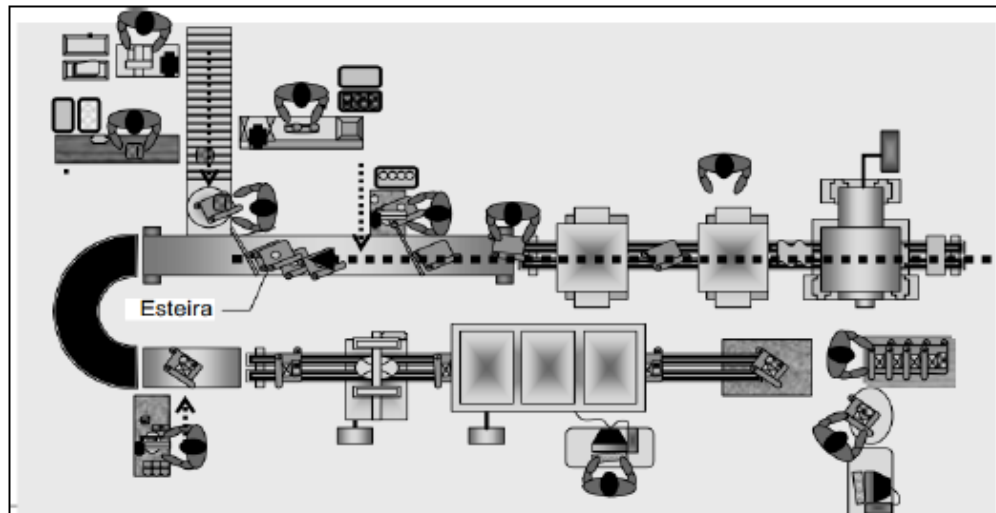


Figura 5: Arranjo Físico por Produto  
Fonte: Doblas (2010).

A figura 5 exemplifica um arranjo físico por produto, o recurso transformado se movimenta pela linha de produção através da esteira e cada operador é responsável por realizar determinada etapa do processo utilizando sempre o mesmo maquinário.

Nesse modelo de arranjo, a eficiência máxima do fluxo produtivo é atingida, devido ao fato dos processos estarem conectados, e o tempo de transporte de um processo ao outro é minimizado em relação aos outros tipos de arranjo. Porém a flexibilidade é muito baixa porque qualquer mudança nos processos produtivos é muito difícil de executar (CORREA E CORREA, 2006).

Gaither e Frazier (2001) dizem que o arranjo físico por produto é adequado para utilizar em empresas com alto volume de produção e produtos com variedade baixa, e que usam máquinas de difícil locomoção, utilizadas para processos específicos, tornando inviável a troca de setup para a realização de processos diferentes.

Exemplos de aplicação de *layout* por produto: montagem de automóveis, programa de vacinação em massa, restaurante *self-service*. (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), as vantagens desse tipo de *layout* são:

- Custos unitários baixos para alto volume de produção;
- Especialização de equipamentos;
- Movimentação conveniente de matérias e clientes.

### 2.2.5 Arranjo Físico Misto

O modelo de arranjo físico misto combina dois ou mais tipos de *layout* citados acima. Azevedo e Braga (2013) também denominam esse arranjo como *layout* Híbrido e citam que são combinadas diferentes características de cada arranjo dentro de apenas um *layout*, cada setor utiliza o tipo de *layout* mais adequado conforme as necessidades. Martins e Laugeni (2006) chamam esse modelo de arranjos combinados, onde a combinação de dois ou mais tipos de modelo é usada, extraindo a melhor vantagem de cada um. Na figura número 6 é possível observar três modelos de *layout*, o funcional, posicional e celular, agrupados dando origem a apenas um arranjo físico, esse modelo é denominado Arranjo Físico misto.

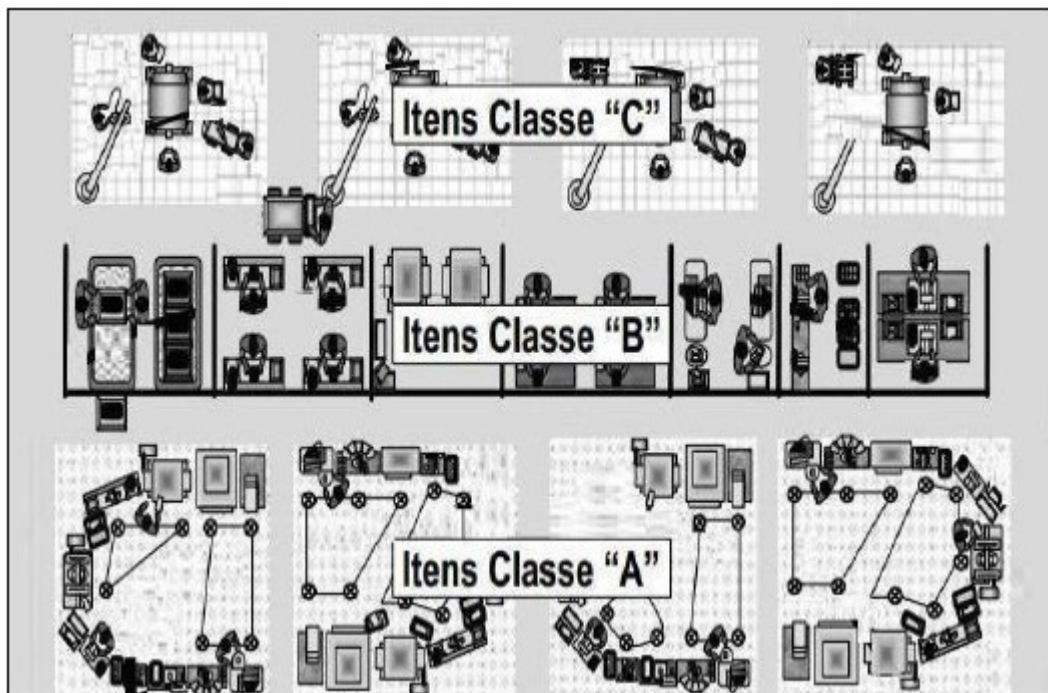


Figura 6: Arranjo Físico Misto  
Fonte: Doblas (2010)

## 2.3 Método Systematic *Layout Planning* – SLP

Para o desenvolvimento de um arranjo físico é necessário ter embasamento em uma metodologia, e segundo Tortorella (2006), grande parte dos métodos e algoritmos existentes na literatura são difíceis de serem aplicados e até mesmo compreendidos, embora para projetos de médio e grande porte que terão um alto impacto o uso de alguma metodologia seja necessário, já para projetos de pequeno porte a vivência e a criatividade poderão ser aliados na geração de novos *layouts*. O quadro 1 demonstra alguns métodos citados por Tortorella (2006):

Quadro 1: Principais métodos de desenvolvimento de *Layout*

Método	Principais Características
CRAFT	Planilha de para como dado de entrada. Departamentos restritos a formas retangulares Distâncias entre os pares de centroides dos departamentos. Utilizado para arranjos físicos por processo.
MULTIPLE	Utilizado para <i>layouts</i> de multinível. Trocas de posições dos departamentos nos níveis ou entre níveis.
SLP	Altamente utilizado Direciona o projeto de <i>layout</i> através de uma sequência de análises. Direcionado para arranjo físico funcional.
QAP	Busca a minimização dos custos de movimento. Complexa utilização
Algoritmos genéricos	Propícios para <i>layouts</i> com departamentos de áreas desiguais. Gera solução final a partir de melhorias feitas na primeira alternativa.
SPM	Nem sempre satisfaz as limitações de forma dos departamentos. Área da planta dividida em blocos.
BLOCKPLAN	Departamentos restritos a formas retangulares Pode ser usado para construção ou melhoria de layouts
DISCON	Dividido em duas fases: Dispersão e Concentração Utiliza o fator ducto de movimentação como critério de análise.

Fonte: Adaptado de Tortorella (2006).

A presente pesquisa tem o foco no método SLP, o qual segundo Gilbert (2004) é um dos métodos mais utilizado no ambiente industrial. Um dos motivos desse sucesso é o fato dele poder ser utilizado em projetos com nível de

complexidade baixo, até projetos com nível complexo alto, uma vez que ele é fácil de ser compreendido, possui etapas e mecanismos ordenados para o desenvolvimento de novos arranjos físicos e é utilizado para arranjo físico funcional, que é o tipo de arranjo utilizado atualmente pela empresa e que também será usado no *layout* que será proposto no fim da presente pesquisa.

Muther (1973) foi o autor do SLP, em inglês, *Systematic Layout Planning*, traduzindo, Planejamento sistemático do *layout*, foi desenvolvido na década de 1970. Segundo seus desenvolvedores, o SLP é uma ferramenta de auxílio nas tomadas de decisões sobre o *layout*, ajuda a máquinas, pessoas e materiais terem a melhor alocação e o melhor fluxo de produção necessário.

### **2.3.1 Etapas do SLP**

Muther (1973) afirma que o SLP possui etapas a serem seguidas até a elaboração do arranjo físico: localização, arranjo físico geral, arranjo físico detalhado e implantação são algumas. Na primeira etapa é necessário determinar a área a ser utilizada, em seguida, o arranjo físico geral determina a posição correspondente entre os setores. No arranjo físico detalhado, inclui a localização do maquinário ou equipamento, e as características da área onde estão localizados, como os suprimentos e serviços disponíveis. Na quarta e última etapa, envolve o planejamento da mudança do *layout* atual para o reformulado.

Para iniciar o desenvolvimento de um novo *layout* utilizando a metodologia SPL, é necessário introduzir os dados iniciais, que segundo Muther (1973) é conhecido como os dados PQRST e são:

1. Produtos (P): o que a empresa produz, o que ela vende aos seus clientes ou quais serviços são prestados.
2. Quantidade (Q): o quanto vai ser produzido, fornecido ou utilizado.
3. Roteiro (R): representa o fluxo de produção do produto, os processos a qual o produto irá passar até ser produzido.
4. Serviços de Suporte (S): fornecerá condições de funcionamento adequadas as áreas da produção, são os recursos, atividades auxiliares que estarão à disposição para suprir toda o setor produtivo.



5. Tempo (T): basicamente, são importantes para determinar o ritmo de produção, determinam o quão demorado é o processo produtivo de um produto ou serviço.

Após os dados introdutórios, o SLP apresenta uma estrutura a ser seguida, com uma série de etapas, na figura 7 é possível visualizar os procedimentos a serem seguidos:

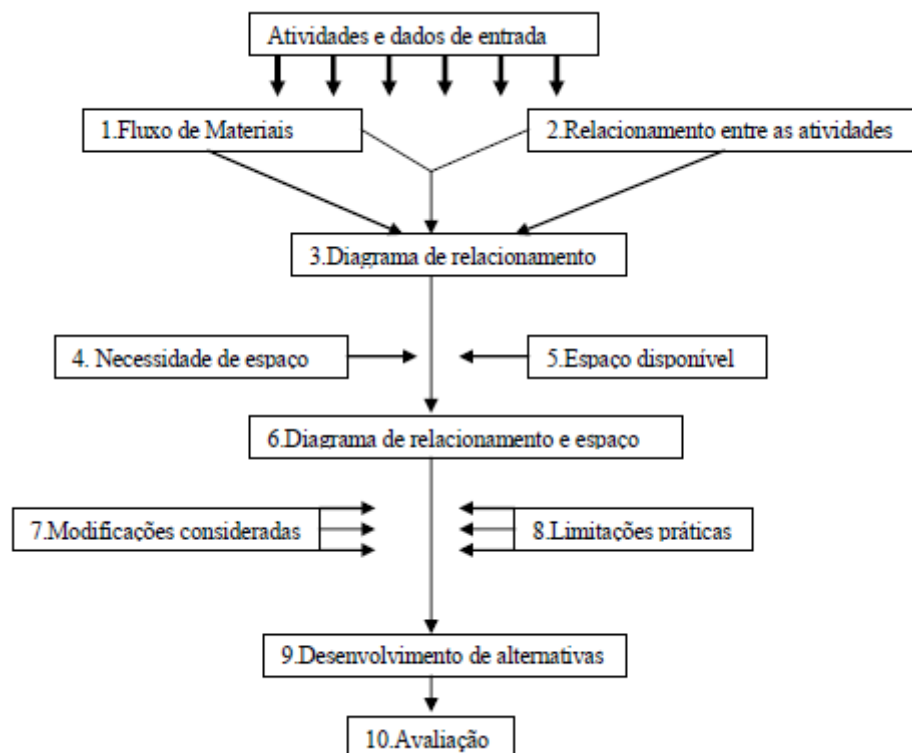


Figura 7: Procedimentos do SLP  
Fonte: Muther (1973)

Primeiramente é necessário coletar os dados de entradas e em seguida desenvolver o fluxo de materiais e quais são os graus de relacionamento entre as atividades durante a produção, dando origem ao diagrama de relacionamento. Após isso é quantificado o espaço necessário para cada setor e qual é o espaço disponível para otimizar a alocação dos setores e então se desenvolve o diagrama de relacionamento e espaço. Posteriormente é feita as modificações necessárias no *layout* considerando as limitações práticas da empresa e elaborando as alternativas de um novo arranjo físico que serão avaliadas para determinar qual a melhor a ser implementada.

Assim como os procedimentos, Muther (1973) também apresenta algumas ferramentas para serem utilizadas durante o decorrer do método, contudo, Côrrea e

Côrrea (2006) explicita o caminho a ser seguidos para o desenvolvimento do SLP, seguindo a figura 7, ele indica quais ferramentas podem ser utilizadas para cada passo no desenvolvimento do método, por exemplo, para a análise do fluxo de produtos ou recursos, pode ser utilizado o diagrama de fluxo ou o diagrama de – para, após isto é necessário classificar o relacionamento entre os setores e com a análise do fluxo de produção, a classificação entre os setores, é preciso identificar e incluir os fatores qualitativos e para isso, é utilizado o diagrama de relacionamento de atividades. Então, a figura 7 enuncia quais os passos as serem seguidos no método SLP e o quadro 2, apresenta quais ferramentas podem ser utilizadas em cada etapa.

Quadro 2: Passos do planejamento do método SLP

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> )

Fonte: Côrrea e Côrrea (2002).

Etapa 1 – Fluxo de Materiais: Na primeira etapa é considerado por onde os materiais passam no chão de fábrica, ou seja, qual caminho eles percorrem. Se o local de estudo for um escritório, o caminho das informações deve ser estudado.

Etapa 2 – Relacionamento entre as atividades: Nesta etapa, é necessário classificar o relacionamento entre as atividades ou setores da empresa, qual a importância de estarem mais próximos ou podem ser afastados. Para isso, é utilizado o Diagrama de Relacionamento, que segundo Muther (1973) a ferramenta representa o grau de proximidade e qual o tipo de relação existe entre os setores ou atividades. Segundo Côrrea e Côrrea (2002), os critérios para definição do grau de proximidade são:

- A: Proximidade absolutamente necessária, valor 4;

- E: Proximidade especialmente necessária, 3;
- I: Proximidade importante, 2;
- O: Proximidade regular, 1;
- U: Proximidade não importante, 0;
- X: Proximidade indesejável. -1.

Silva (2009) completa as definições dizendo que na letra A, os setores necessitam ficarem próximos pelo grande volume de materiais movimentados entre eles, na B também possui um volume alto sendo movimentado, porém, um pouco menor e assim sucessivamente, até que na letra U os departamentos não tem a importância de estarem próximos, devido ao fato de não ter fluxo de material entre eles. E finalizando, ele complementa dizendo que na letra X, os setores não podem ficar próximos. A figura número 8 representa um exemplo de Diagrama de Relacionamento:

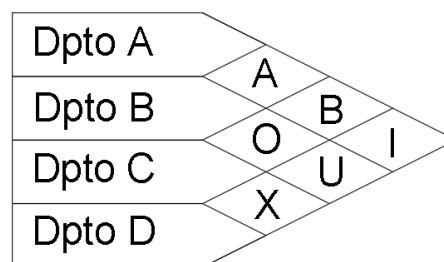


Figura 8: Diagrama de Relacionamento  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Etapa 3 – Avaliação dos dados e arranjo de áreas de trabalho: Na terceira etapa é utilizado o diagrama de inter-relações, apresentado na figura número 9. Utilizando os dados da etapa passada, o diagrama representa a relação entre as áreas de trabalho utilizando linhas de ligação, apenas uma linha é para valor 1, duas linhas para valor 2, e assim por diante (CORRÊA e CORRÊA, 2012).

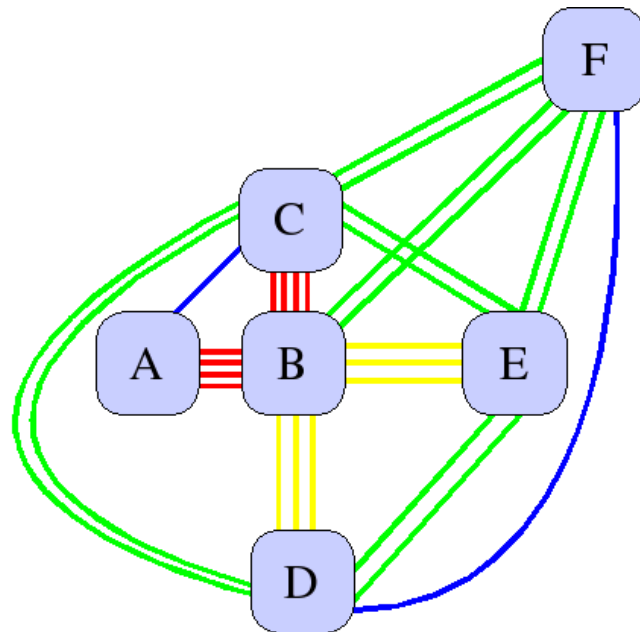


Figura 9 - Diagrama de Inter Relações  
Fonte: Adaptado de Muther (1978).

Etapa 4 – Determinação de um plano de arranjo dos espaços: Utilizando o Diagrama de Inter-relações do espaço, a quarta etapa também classifica as relações entre as áreas de trabalho, porém o espaço necessário para cada setor é levado em consideração, este espaço é obtido por meio de observações e medições das máquinas, equipamentos e o espaço útil para a execução dos processos de produção, a figura 10 demonstra um exemplo de Diagrama de inter-relações de espaço.

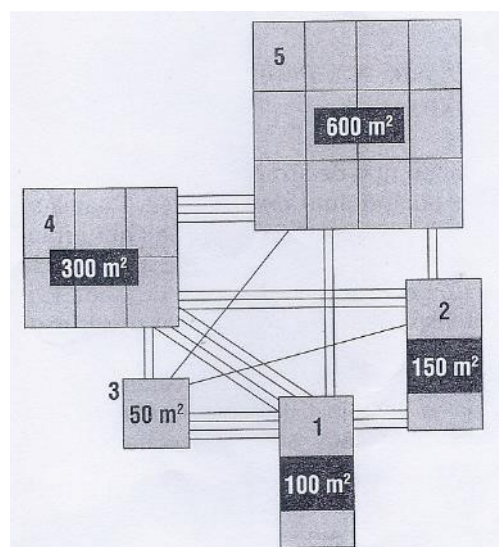


Figura 10 - Diagrama de Inter-Relações  
Fonte: Corrêa e Corrêa (2002).

Etapa 5 – Ajuste do arranjo no espaço disponível: Côrrea e Côrrea (2012) recomenda nesta etapa, alocar os setores da melhor forma possível, seguindo as etapas anteriores, respeitando as prioridades de aproximação, a área necessária para cada departamento e o fluxo da linha de produção.

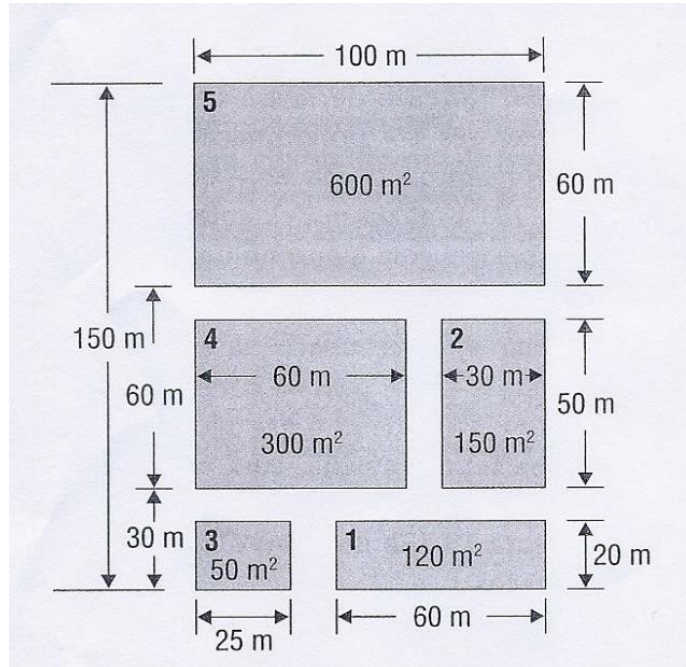


Figura 11 - Arranjo Físico  
Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

Por fim, Muther (1973) afirma que é necessário analisar o novo arranjo físico elaborado e compará-lo com o atual, listando as vantagens e desvantagens de cada um, e os fatos pertinentes que determinarão a melhor escolha.

## 2.4 O setor metalúrgico

A palavra metal é derivada do grego e significa procurar, sondar, desde a origem do ser humano, o homem utilizava o metal para fabricação dos seus materiais, cobre, chumbo, ferro, prata foram os metais mais utilizados (BRUNATTO, 2011).

Segundo Cardoso (2015), o setor metalúrgico, ou da metalurgia, está inserido no ramo industrial de transformação, que envolve a transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes, com a tarefa de desenvolver novos produtos. Todo o insumo desse setor é proveniente das atividades agrícolas, florestais, de mineração e outras atividades industriais. Porém a metalurgia se

delimita somente a produção e transformação dos metais. Desde a fundição dos minérios metálicos, como ferro, zinco, cobre e alumínio, até a construção de plataformas petrolíferas, produção automobilística e utensílios domésticos, como faca, colher entre outros.

Embora a grande parcela do setor metalúrgico produza bens tangíveis, atividades de serviço também fazem parte do seu campo, montagem de componentes de produção industrial, instalação de máquinas e equipamentos, serviço de manutenção e reparo são alguns exemplos dos serviços oferecidos na área da metalurgia (CARDOSO, 2015).

Baseado nos dados do Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico (2017), o setor metalúrgico tem importante expressão na economia brasileiro, no ano de 2016 o PIB da metalurgia inteirou aproximadamente US\$ 40,7 bilhões e participando com 1,3% do PIB brasileiro e 5,4% do PIB da Indústria, além de que as exportações totalizaram US\$ 17,6 bilhões e importações US\$ 6,6 bilhões. Porém a metalúrgica sempre teve o seu lugar de destaque na indústria brasileira, durante os anos de 1970 a 2000, a participação do setor no PIB industrial esteve entre 9% e 6,8% e no PIB brasileiro oscilou entre 3% e 1,9%.

Apesar da redução da participação no PIB industrial e brasileiro, segundo dados da RAIS/TEM (2013) o ramo metalúrgico vem apresentando um crescimento no número de trabalhadores desde o ano de 2002, quando o total de trabalhadores era cerca de 1,3 milhões e em 2013 apresenta um total de cerca de 2,4 milhões de trabalhadores, um crescimento maior que 1,1 milhões de trabalhadores e atualmente representam cerca de 5% do mercado brasileiro. O gráfico na figura12, fornece a evolução do número de trabalhadores no ramo da metalurgia.

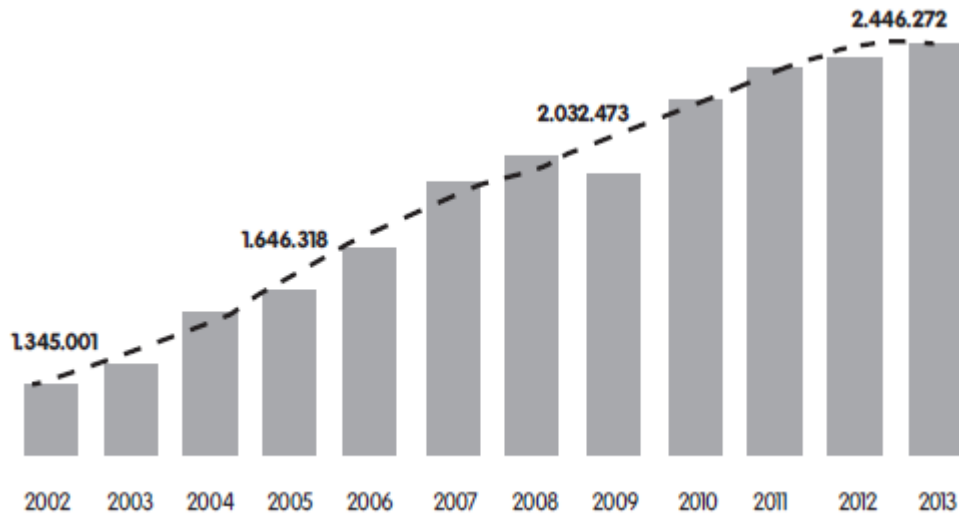


Figura 12: Evolução do emprego no ramo metalúrgico  
Fonte: RAIS/TEM

De acordo com os dados referenciados e citados acima, o setor metalúrgico é responsável por uma grande parte da economia brasileira, gerando milhões de empregos para os trabalhadores, exportando um alto valor econômico e representando uma porcentagem considerável no PIB industrial e brasileiro. Além disso, a metalurgia fornece uma indústria de base forte para a estabilidade dos setores terciários e da indústria com tecnologia de ponta, diminuindo a vulnerabilidade aos efeitos da economia e consequentemente os reflexos socioeconômicos.

No Brasil, segundo o Estadão (2018), a Arcelor Mittal com sede no sudeste, no estado de Minas Gerais, lidera o ranking do setor metalúrgico, gerando uma receita líquida de aproximadamente 18 milhões e 500 mil reais no ano de 2017, logo após esta a CBMM, a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, faturando no ano de 2017, 4 milhões e 787 mil. Completando o pódio, a Alunorte aparece em terceiro lugar no ranking, e empresas como Usiminas e CSN, a companhia siderúrgica nacional, estão entre as dez primeiras.

De acordo com a revista Exame (2016) a China é o país que mais produz aço no mundo, com média de 626 milhões de toneladas por ano, em seguida o Japão, com média de 110 milhões de toneladas produzidas por ano, o Estados ocupa a terceira posição e o Brasil aparece em décimo lugar, com 33 milhões de toneladas por ano.

### **3 MÉTODOS DE PESQUISA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

A presente pesquisa tem sua natureza definida como Natureza Aplicada, pois desenvolve conhecimentos com o intuito de serem aplicados. Sobre o problema e objetivo, o estudo é classificado como Qualitativo, de caráter Descritivo além de ser caracterizada como Estudo de Caso e ter o objetivo exploratório.

Segundo Goldenberg (1997), a pesquisa qualitativa tem o objetivo de investigar e compreender uma empresa, um grupo de pessoas, um objeto de estudo. Utilizando esse método é necessário explicar o porquê as coisas acontecem, explicitando o que cabe ser feito, porém sem quantificar valores. De acordo com Denzin e Lincoln (2006) a pesquisa qualitativa evidencia as qualidades de componentes e processos que não poder ser quantificados.

Gil (2007) enuncia que o objetivo exploratório estreita a relação do pesquisador com o problema, tornando-o mais explícito e em grande parte das pesquisas exploratórias utiliza-se os seguintes métodos, levantamento bibliográfico, questionário com pessoas familiarizadas com o problema e análise de exemplos similares que ajudam na assimilação da pesquisa.

Segundo Vianna (2013) catalogar e relatar os fatos sem nenhuma interferência nos mesmos, é denominado de objetivo descritivo. É feita a análise e descrição das características do fenômeno estudado, utilizando técnicas padrões para coleta de dados, como entrevistas, questionários e outras técnicas.

De acordo com Gil (2007) existem planos a serem seguidos no estudo de caso, como a exploração de situações reais sem limites definidos, a descrição do contexto em que a pesquisa está sendo feita, formular hipóteses, preservar o caráter unitário do objeto estudado e explicar as variáveis causais de determinado fenômeno envolvidos no estudo que está sendo desenvolvido.

#### **3.2 Técnicas de coleta de dados**



Durante a pesquisa foram utilizadas mais de uma técnica de coleta de dados, o questionário foi uma delas. Parasuraman (1991), diz que o questionário é uma série de perguntas, que ao serem respondidas ajudarão o autor da pesquisa a alcançar o resultado desejado. Dessa maneira, foram entregues aos colaboradores um questionário, perguntando se existiam dificuldades durante o trabalho que eram geradas pelo arranjo físico.

A análise de documentos também foi uma das técnicas aplicadas. Segundo Gil (2007), utilizar documentos que ainda não foram tratados de maneira analítica e que possam ajudar a atingir os objetivos da pesquisa, caracteriza-se como pesquisa documental. Documentos como a planta baixa do arranjo físico, o fluxo de produção dos produtos foi observado e a partir disto conseguiu-se identificar os empecilhos causados pelo layout.

Por fim a observação foi a técnica derradeira a ser manuseada, onde observando o trabalho dos colaboradores no dia a dia, foi possível flagrar os problemas citados no questionário e na análise dos documentos.

### **3.3 Técnicas de análise de dados**

Gil (2007) enuncia que o objetivo da análise de dados é organizar de maneira sistemática os dados coletados, de modo que possam prover respostas para a solução do problema envolvido na pesquisa. A análise de conteúdo foi utilizada como técnica de análise de dados. Segundo Vergara (2005) a análise de conteúdo tem o intuito de manipular os dados obtidos, de maneira que possa interpretar o que está sendo mencionado sobre o tema. Além disso, Bardin (2006) cita a análise de conteúdo como sendo diversas técnicas de análise de comunicação, que emprega processos sistemáticos e objetivos de exposição dos argumentos presentes nos dados coletados.

### **3.4 Procedimentos metodológicos – Etapas**

A pesquisa foi desenvolvida seguindo uma série de etapas, sendo elas:

1. Embasamento teórico, utilizando revisões bibliográficas nas áreas de arranjo físico, de processos produtivos e da indústria metalúrgica.
2. Utilização das técnicas de coleta de dados enunciadas acima, para representação do *layout* atual da empresa.
3. Identificação de técnicas que poderão ser utilizadas para o desenvolvimento da proposta de reformulação de *layout*.
4. Elaboração da proposta de reformulação do atual *layout* da empresa.
5. Conclusão e demonstração das melhorias obtidas através do arranjo físico reformulado.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Estudo de caso

A empresa em análise tem sua sede na cidade de Franca, no estado de São Paulo e atua no setor metalúrgico desde o ano de 2000. Atualmente é dividida em cinco setores, setor de vendas, administrativo, produção, expedição e a gerência. Conta com mais de 50 funcionários distribuídos pelos 5 setores.

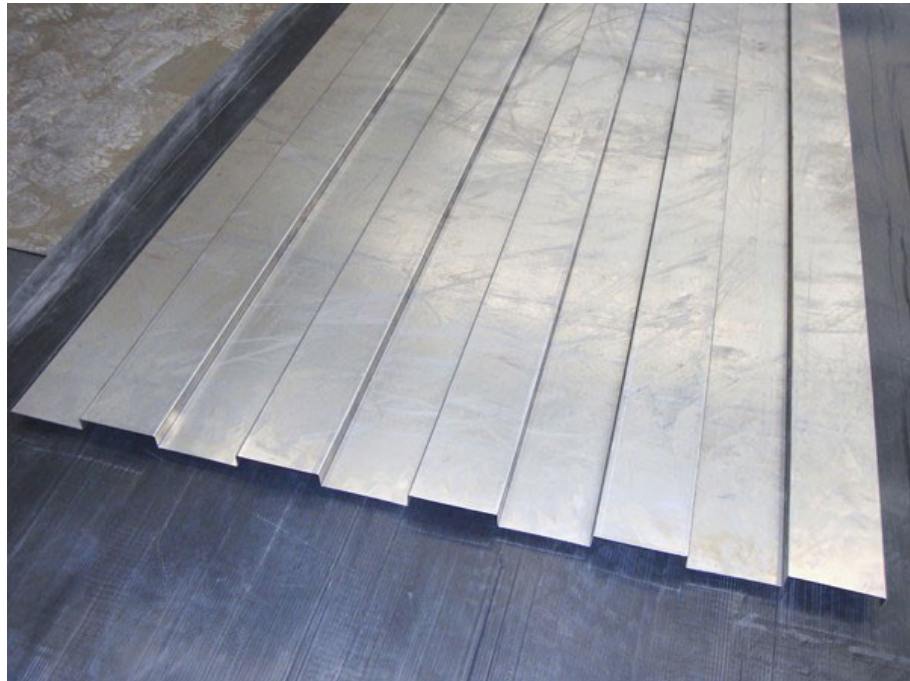
O mix de produtos da empresa contempla metalon, tubo industrial, ferro mecânico redondo e quadrado, barra chata, cantoneira, perfil UDC e perfil UDC enrijecido, todos esses materiais são vendidos com medidas padronizadas e em barras com comprimento total de 6 metros, que podem ser vistos na figura de número 13.



Figura 13: Metalons, tubos industriais, cantoneiras e demais produtos.  
Fonte: Família Mercatubo.

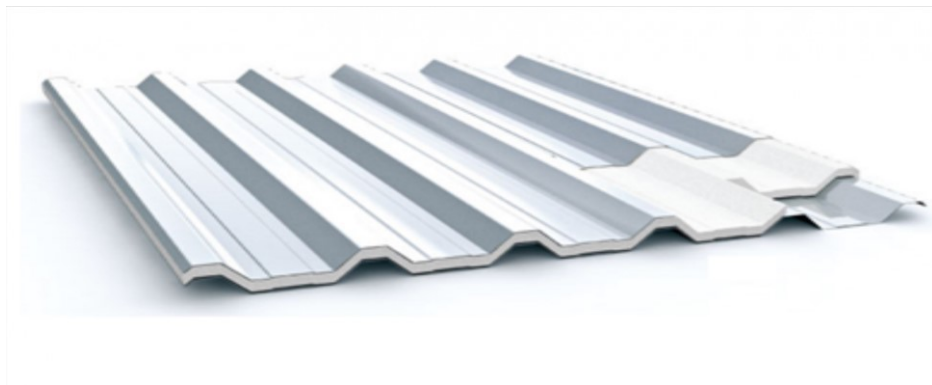
Além desses materiais, a empresa também oferece aos seus clientes calandragem de chapas, tubos e barras chatas, corte e dobra de chapas, o que origina materiais como painéis dobrados, perfis de chapas e diversos outros produtos personalizados e customizados que possuem milhares de opções quanto o corte da chapa, as dimensões, a forma como vai ser dobrada e são definidas de acordo com cada cliente e o método de custeio desses produtos é por quilograma,

diferentemente dos produtos padronizados que são cobrados por barra. Um exemplo desse grupo de produtos, é mostrado na figura de número 14.



**Figura 14: Exemplo de perfil dobrado.**  
Fonte: Braganfer.

No portfólio da empresa também conta com a produção de telhas de aço, com diferentes modelos, porém com os processos idênticos, a telha sanduiche de aço, figura 15, é um dos produtos produzidos pela empresa.



**Figura 15: Exemplo de telha de Aço.**  
Fonte: Art Museu.

Seu mercado de atuação não se restringe apenas na cidade local, ele atinge cidades regionais e se expande para algumas cidades do estado de Minas Gerais. O principal mercado atingido pela empresa é o setor dos serralheiros, porém não o único, setores de construção civil, empresas de manutenção em geral, produtores rurais, são alguns exemplos de clientes captados pela empresa.

## 4.2 Mapeamento da realidade empresarial

De acordo com a análise feita durante a pesquisa, foi possível notar um *layout* misto, na figura 16 o setor de telhas é alocado como arranjo físico celular, porque as máquinas foram alocadas em uma célula de acordo com sua similaridade e todos os recursos transformadores necessários para a fabricação das telhas de aço, estão dentro da célula. Nota-se que no *layout* atual acontece o agrupamento de funções com operações similares, como o setor de corte, onde todas as guilhotinas para o corte de chapa de aço estão localizadas e também o setor de dobra, onde todas as dobradeiras de chapa de aço foram alocadas, uma clara evidência do uso do arranjo físico funcional, onde os recursos transformados se movimentam pelos setores.

Foram feitas medições nas instalações da área produtiva da empresa de modo que seja possível desenvolver a planta baixa do *layout* atual, na figura de número 16 é possível observar os setores do ambiente de produção e o arranjo físico atual:

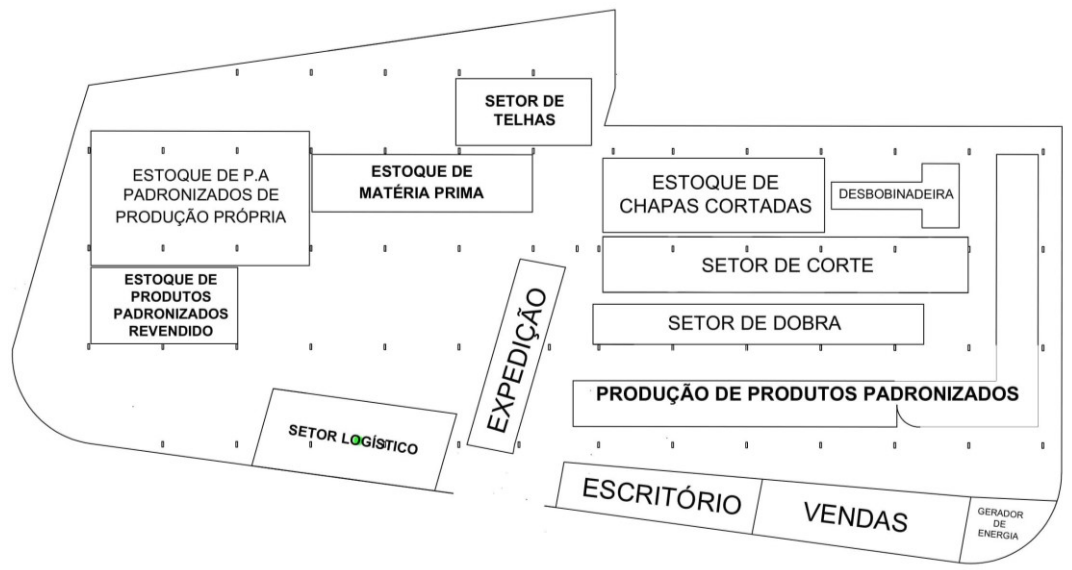


Figura 16: Arranjo Físico Atual  
Fonte: Elaborado pelo Autor

Durante o desenvolvimento deste estudo, através da observação do ambiente de produção da empresa, foi possível detectar alguns problemas que são causados pelo arranjo físico atual e limitam o processo produtivo em questão, na figura 17 o atual *layout* com os fluxos de produção, e a descrição dos empecilhos encontrados pela empresa:

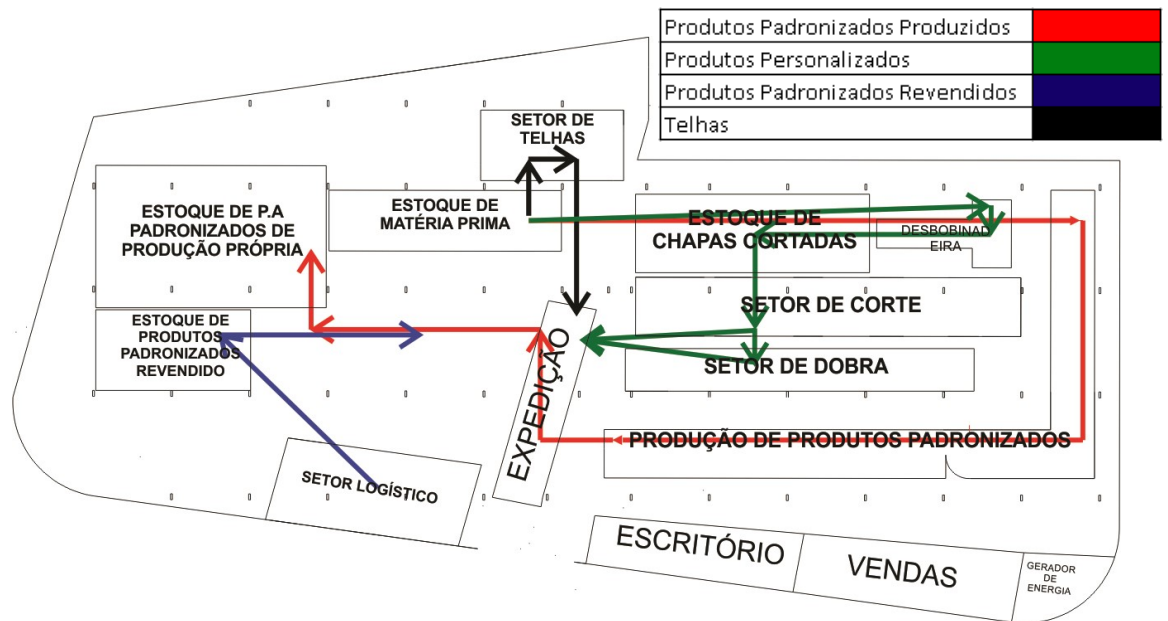


Figura 17: Arranjo físico atual com fluxo de produção.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

1. Fluxos Cruzados: devido à proximidade de algumas máquinas, a falta de espaço entre elas e ao alto número de peças e produtos movimentados, há uma considerável quantidade de fluxos cruzados entre os processos, e em diversas situações era necessário desviar a rota percorrida por uma peça/produto, para que ela não cruze com outra transição de peça/produto e as duas sejam interrompidas.
2. Áreas da produção sobrecarregada com produtos de grande porte: alguns produtos de grande porte, ocupam uma grande área da produção enquanto aguardam o *lead-time* de um processo ao outro, devido ao grande porte dos produtos, eles acabam ocupando espaços que seriam utilizados para a operação do maquinário a movimentação de produtos e pessoas e também acabam utilizando espaços que pertencem à setores de outros processos, interrompendo ou dificultando o desenvolvimento das atividades de produção.
3. Estoque de Produtos Acabados: Os produtos personalizados ao serem finalizados não são transportados para a área de expedição, por não ter espaço nesse setor, e ficam alocados na área da produção, o que ocasiona uma superlotação nesse setor, atrapalhando o desenvolvimento de diversos processos.

4. Distância do estoque de produtos acabados: Os produtos padrões fabricados em alta escala são estocados em um local longe de onde são fabricados, tornando o transporte desses materiais difícil e demorado.

### **4.3 Proposta de melhoria**

#### **4.3.1 Método SLP**

O Planejamento Sistemático do *Layout*, segundo Murther (1973) é uma metodologia sistemática de projetos de arranjo físico. Como citado anteriormente, o método *Systematic Layout Planning (SLP)*, foi o mais adequado para ser utilizado, o fato de ser um dos métodos mais utilizado no ambiente industrial e visar como objetivo principal a maior eficiência produtiva, foram primordiais para o SLP ser o método eleito para o desenvolvimento do novo arranjo físico na presente pesquisa. E a utilização do *layout* funcional tanto no arranjo físico atual como no proposto foi primordial para a escolha do SLP, já que o método é utilizado principalmente para arranjos físicos funcionais. Na sequência são apresentadas as fases de desenvolvimento do método SLP.

#### **4.3.2 Dados de Entrada**

O método SLP começa com a introdução dos dados iniciais, que são divididos em 5 iniciais, produto (P), quantidade (Q), roteiro (R), serviços de suporte (s), tempo (T). A partir disto, é desenvolvido um novo arranjo físico utilizando esse método.

#### **4.3.3 Produto**

Os produtos incluídos no portfólio da empresa foram citados acima, na seção 4.1, com o intuito de facilitar o entendimento e a execução das pesquisas, os produtos foram separados em 4 grupos, de acordo com a sua semelhança ou igualdade dos processos produtivos, os grupos são enunciados no quadro 3:

Quadro 3: Grupos de Produtos

<b>Grupo de Produtos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Produtos padronizados produzidos</b>	Produtos com medidas padronizadas como metalon e tubos industriais, todos em barras com 6 metros de comprimento.
<b>Produtos Personalizados</b>	Corte e dobra de chapas.
<b>Produtos padronizados revendidos</b>	Ferro maciço redondo e quadrado, barra chata, cantoneira, perfil UDC e perfil UDC enrijecido, todos são fornecidos em barras de 6 metros de comprimento.
<b>Telhas</b>	Telhas metálicas com comprimento sob encomenda.

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### **4.3.4 Quantidade**

A tabela 1 demonstra a quantidade média de produtos vendidos em quilograma a cada mês.

Tabela 1 - Quantidade de Produtos

<b>Grupo de Produtos</b>	<b>Quantidade (Kg)</b>
<b>Produtos Produzidos Padronizados</b>	75.000
<b>Personalizados</b>	200.000
<b>Produtos Padronizados Revendidos</b>	100.000
<b>Telhas</b>	125.000

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### **4.3.5 Serviços de Suporte**

Como suportes a produção a empresa conta com departamento de vendas, financeiro, recursos humanos e demais tarefas concentradas no proprietário. Porém, esses setores não foram considerados no projeto, por já estarem devidamente localizados.



### 4.3.6 Roteiro de Produção

A figura 15, apresenta o roteiro de produção da empresa.

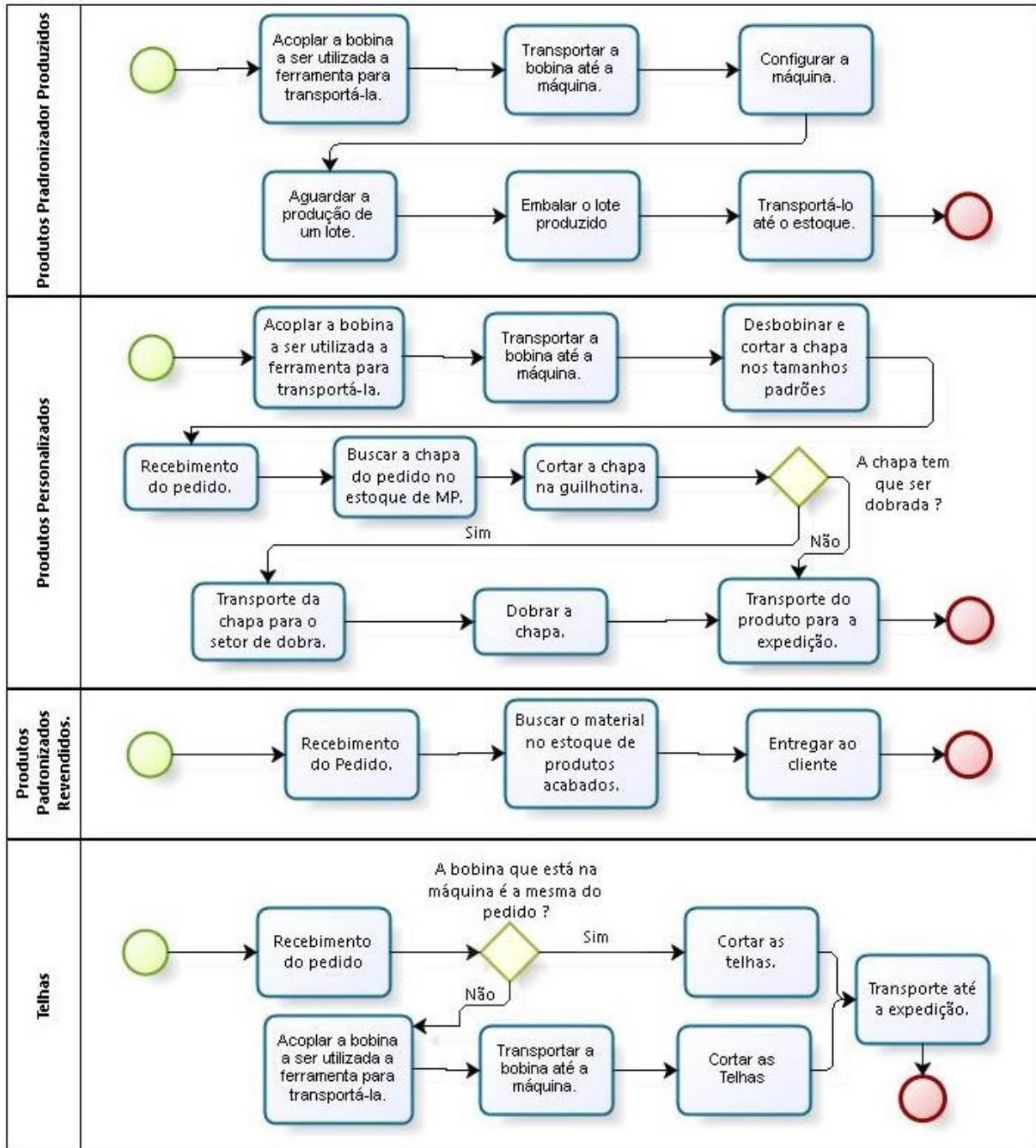


Figura 18 - Roteiro de Produção  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 4.3.7 Tempo

Para levantamento do tempo de produção de todos os itens, foram cronometradas 5 amostras do tempo total de cada item e calculado o tempo médio, abaixo a demonstração do cálculo de um dos itens comercializados pela empresa.

- Telhas: O tempo de produção das telhas, foram calculados desde o início, que de acordo com o fluxograma de produção, após o recebimento de pedido, é necessário verificar se a bobina acoplada a máquina é a mesma do pedido, ou é necessário troca-la, desse modo foram coletados os seguintes tempos e apresentados na tabela 2:

Tabela 2 - Tempo de Produção dos Produtos.

1	2	3	4	5	Tempo Médio
0:25:48	0:17:10	0:18:35	0:21:15	0:22:40	0:21:06

Fonte: Elaborado pelo Autor

Do mesmo modo que o tempo calculado para produção de Telhas, todos os outros itens foram levantados e os tempos obtidos estão na tabela 3:

Tabela 3 - Tempo de Produção dos Produtos

Grupo de Produtos	Tempo (mm:ss)
Produtos Produzidos Padronizados	27:58
Produtos Produzidos Personalizados	12:36
Produtos Padronizados Revendidos	3:58
Telhas	21:15

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 4.3.8 Diagrama de Relacionamento

Com a finalidade de determinar a importância da proximidade dos setores, foi desenvolvido um diagrama de relacionamento, classificando as relações entre os setores em quatro opções, A, B, I, O, U e X. Sendo que, a letra A os setores possui a proximidade absolutamente necessária, pelo fato do alto volume de material movimentados entre eles, e conforme o volume de material movimentado está diminuindo, a necessidade de estarem próximos diminui proporcionalmente, por fim

chegando à letra U, onde a proximidade entre departamentos não é importante. A letra X é definida como setores que não podem ficarem próximos. A figura 19 apresenta o diagrama de relacionamento desenvolvido, que foi feito através de reuniões com o gerente da produção e um colaborador de cada produto fabricado, de modo que após uma discussão, foram definidos os níveis de classificação de cada setor. A tabela 4 a classificação de cada relacionamento.

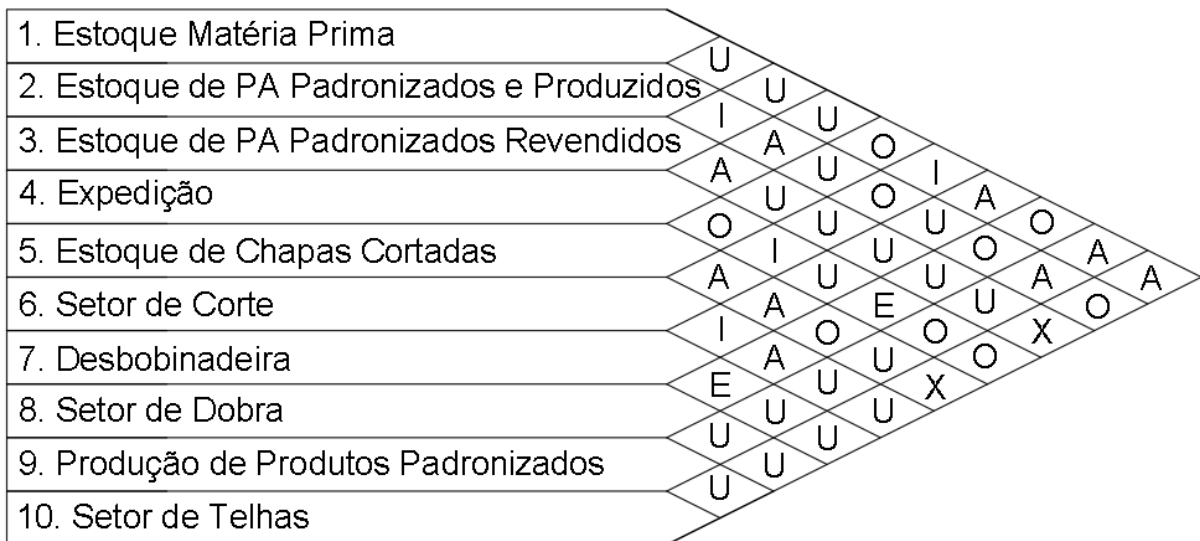


Figura 19: Diagrama de relacionamento  
Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 4 - Classificação de Relacionamento

Classificação	Relação	Valor
A	Proximidade absolutamente necessária	4
E	Proximidade especialmente necessária	3
I	Proximidade importante	2
O	Proximidade regular	1
U	Proximidade não importante	0
X	Proximidade indesejável	-1

Fonte: Córrea e Córrea (2002)

#### 4.3.9 Diagrama de Inter Relações

Com base na classificação da relação entre os setores no diagrama de relacionamento, foi possível desenvolver o diagrama de inter-relações, de maneira que foi definido o arranjo dos setores de produção, determinando quais áreas devem ficar próximas ou afastadas, além de interagir as interligações com o fluxo de materiais. O diagrama foi feito seguindo orientações do método proposto,

inicialmente é desenhado os setores com relação de grau A, após isso, as demais relações em sequência, E, I e X, as classificações dos relacionamentos O e U não entram no diagrama. Na figura 20, o diagrama de inter-relações desenvolvidos e a legenda apresentada na figura 21. De acordo com a figura 20, o estoque de matéria prima (1), possui uma alta relação com o setor de telhas (10), com a produção de produtos padronizados (9) e com a desbobinadeira (7), porém o setor de telhas não deve estar próximo do estoque de produtos acabados padronizados revendidos (3) que tem alto grau de relacionamento com a expedição (4) e uma proximidade pouco desejada com o estoque de produtos acabados padronizados produzidos (2).

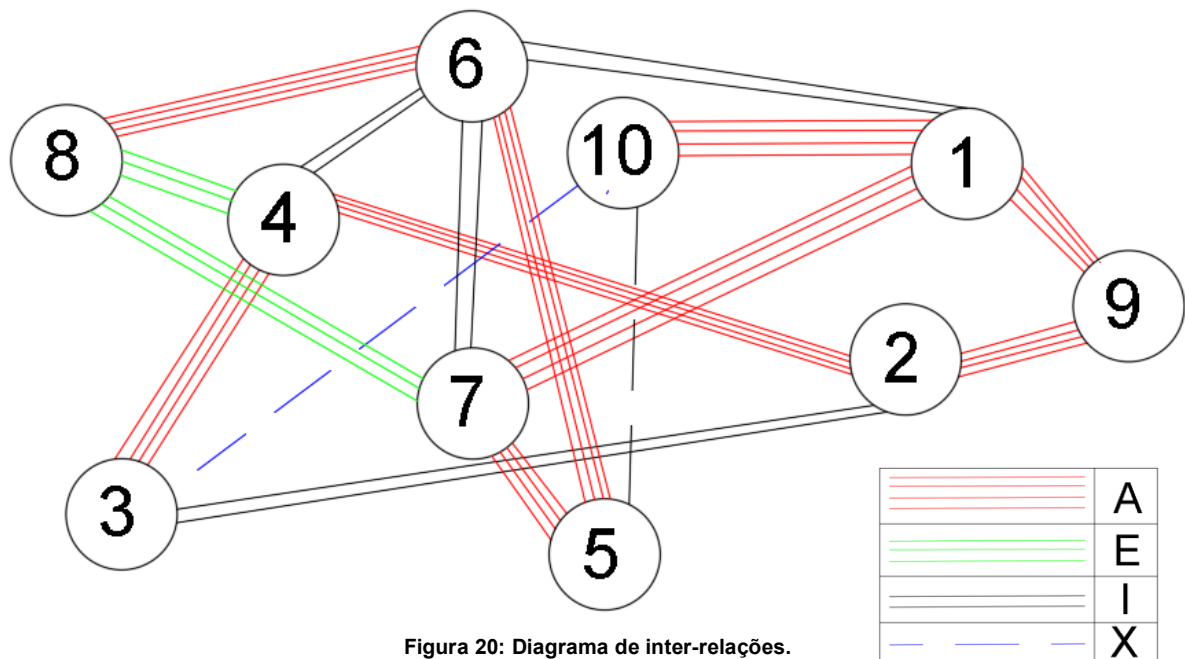


Figura 20: Diagrama de inter-relações.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda	
1 -	Estoque MP
2 -	Estoque PA Padronizados e Produzidos
3 -	Estoque de PA Padronizados Revendidos
4 -	Expedição
5 -	Estoque de Chapas Cortadas
6 -	Setor de Corte
7 -	Desbobinadeira
8 -	Setor de Dobra
9 -	Produção de Produtos Padronizados
10 -	Setor de Telhas

Figura 21: Legenda do diagrama de inter-relações.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.3.10 Diagrama de Inter Relações de espaço

Antes de ser feito o diagrama de Inter relações de espaço, é preciso definir os espaços de cada setor, através da representação do *layout* atual foi definido a área total de cada setor, considerando o tamanho da máquina utilizada e o espaço necessário para efetuar os processos. Observações e entrevistas com funcionários foram feitas para saber se seria possível reduzir alguns setores ou aumentá-los, porém todos os setores obrigatoriamente não podem ter mudanças na área total.

A Tabela 5 demonstra o tamanho da área total de cada setor:

Tabela 5 - Área Total de Cada Setor

Nº	Setores	Área(m <sup>2</sup> )
1	Estoque MP	147
2	Estoque PA Padronizados e Produzidos	342,8
3	Estoque de PA Padronizados Revendidos	130,7
4	Expedição	104,7
5	Estoque de Chapas Cortadas	192
6	Setor de Corte	236,8
7	Desbobinadeira	56,6
8	Setor de Dobra	155,3
9	Produção de Produtos Padronizados	197,5
10	Setor de Telhas	105,5

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No total é necessário 1668,9 m<sup>2</sup> disponível para alocar todos os setores, o barracão atual oferece toda estrutura necessária para a produção, já que conta com uma área de 6134,76 m<sup>2</sup> e também está preparado com a altura necessária para estoque de produtos, alocação de máquinas, entrada de caminhões para carga e descarga e outras atividades, de modo que não seja necessário fazer modificações no prédio.

Derivado do diagrama de Inter Relações, foi feito o diagrama de Inter Relações de espaço, figura 22, que também leva em consideração a área

necessária de cada setor, esse diagrama facilita a visualização para o desenvolvimento de novas propostas de *layout*.

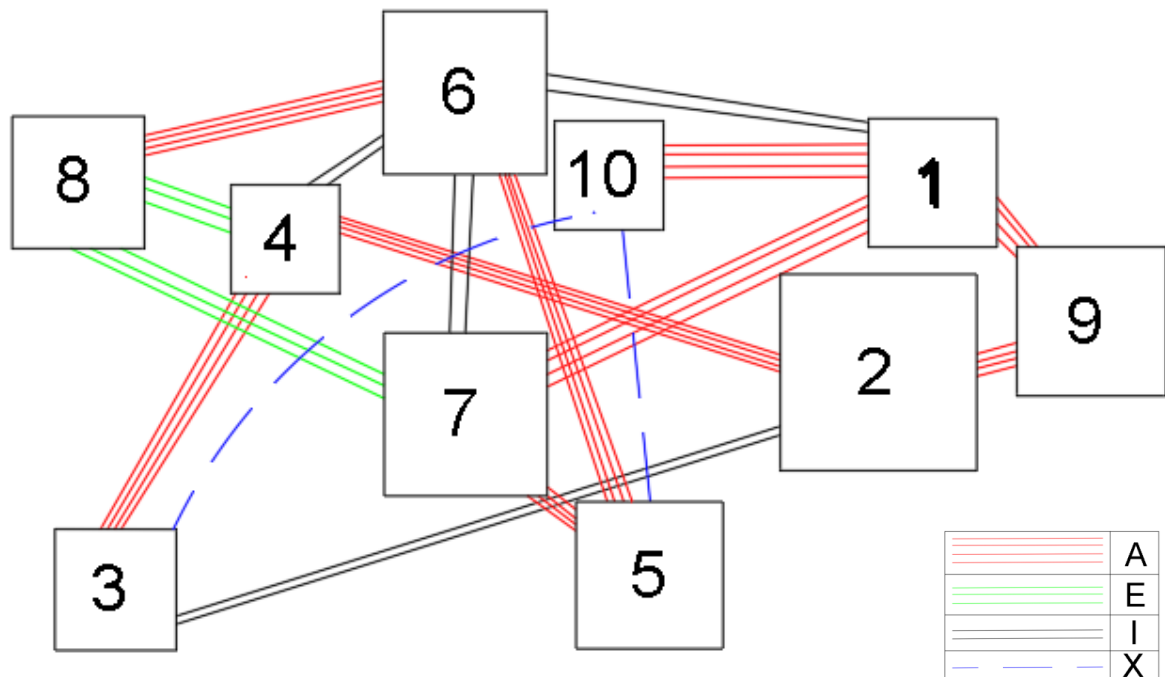


Figura 22: Diagrama de inter-relação de espaço.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.3.11 Proposta de Reformulação do Arranjo Físico

Após a utilização das ferramentas acima, foi possível obter suporte para o desenvolvimento de um novo arranjo físico. Baseado nos diagramas de Inter relação e o de Inter relação de espaço, e, respeitando a área necessária de cada setor, de acordo com a tabela 5, os setores que compõem a produção da empresa, foram realocados.

O novo *layout* foi desenvolvido com o foco na melhoria da movimentação dos materiais, priorizando a minimização da distância percorrida durante o processo produtivo, não houve alterações no processo em si, as etapas de produção continuam a mesma.

Foram feitas alterações em dois setores da produção, o estoque de matéria prima foi dividido em dois, sendo que uma parte é utilizada apenas para produção de telhas e o restante do estoque para a produção dos demais produtos, a divisão

respeitou a área delimitada, apenas dividindo o estoque proporcionalmente a quantidade de matéria prima de cada produto.

A área disponível para a alocação dos setores, foi aumentada, ganhando um novo barracão de aproximadamente 1150 m<sup>2</sup>, a decisão foi alocar o setor de telhas no novo espaço, e para facilitar a movimentação das telhas foi criado e alocado no mesmo barracão, o setor de expedição de telhas, diminuindo a distância percorrida dos produtos e diminuindo a fluxo de materiais e pessoas na antiga expedição da empresa. A Figura 23 apresenta a proposta do novo *layout*.

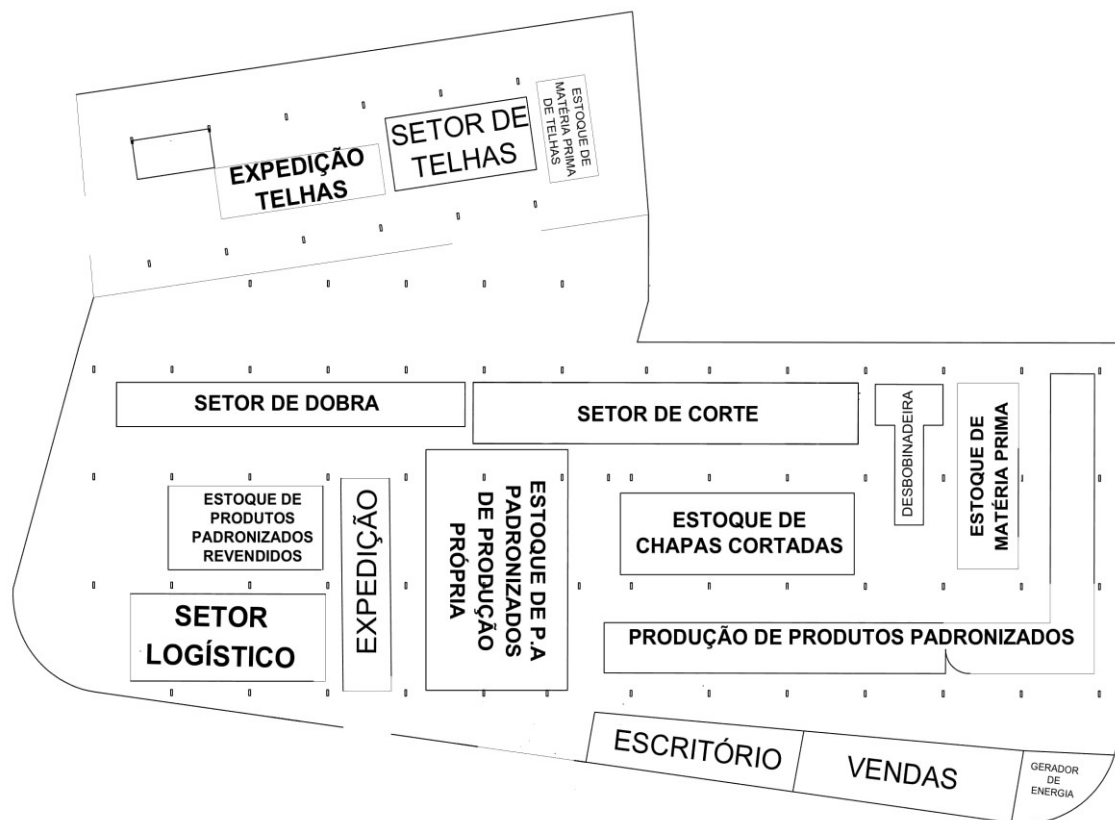


Figura 23: Arranjo Físico proposto.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o auxílio do diagrama de inter-relações de espaços, o diagrama de relacionamentos e do roteiro de produção, foi desenvolvido o arranjo físico proposto com os fluxos de produção, apresentado na figura 24, com o intuito de comparar com o *layout* atual e enfatizar a melhoria nos fluxos.

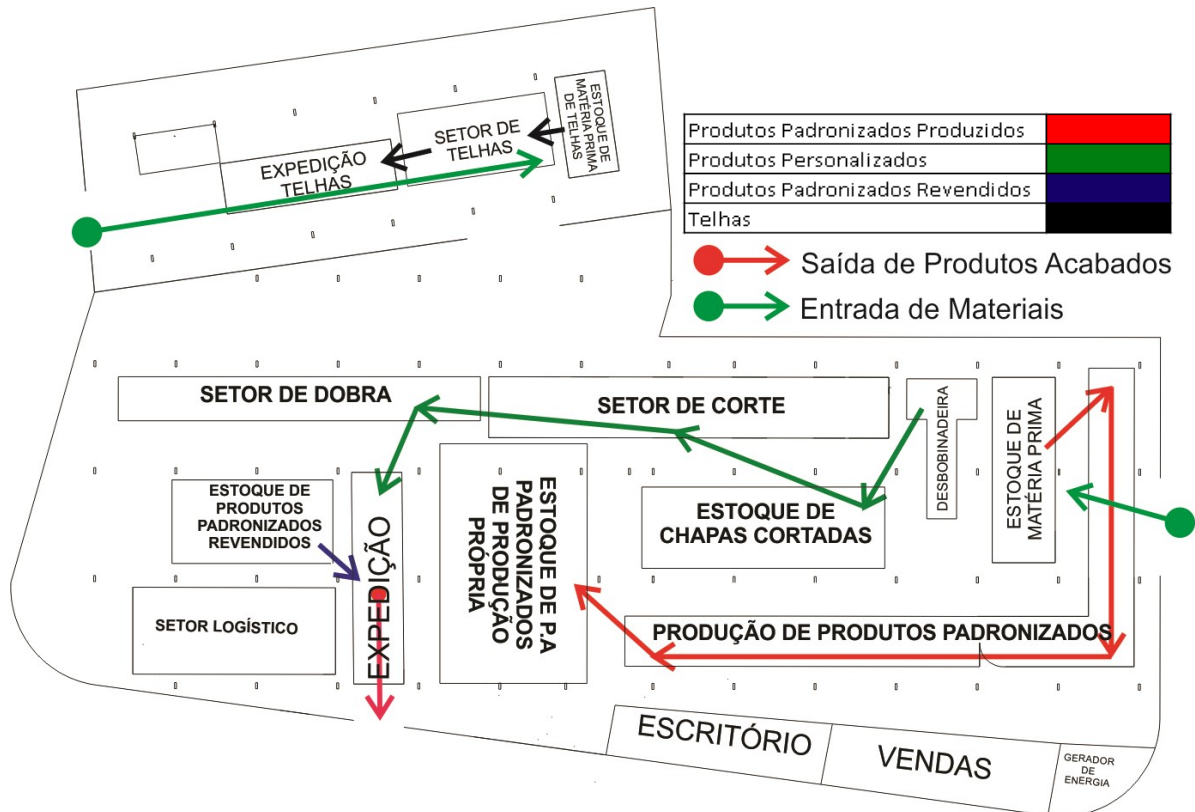


Figura 24: Arranjo físico proposto com fluxo de produção.  
Fonte: Elaborado pelo Autor.

- Expedição: Como foi colocado no diagrama de inter-relações, a expedição deve estar próxima ao estoque de produtos acabados de produção própria e ao estoque de produtos padronizados revendidos, e desse modo é possível ver no arranjo físico proposto a proximidade desses três setores.

- Estoque de Chapas Cortadas: Esse setor, está próximo a desbobinadeira e ao setor de corte, como manda o diagrama de inter-relações, devido a sequência de produção, onde após a matéria-prima passar pela desbobinadeira, ela segue para o estoque de chapas cortadas e após isso para o setor de corte.

- Estoque de Matéria-prima: Segundo o diagrama de inter-relações o estoque de matéria-prima deve estar próximo aos setores de produção de produtos padronizados, setor de telhas e a desbobinadeira, desse modo, ele foi dividido em 2 partes, a matéria-prima necessária para a produção de telhas, foi alocada próxima ao setor de telhas, e o restante do estoque foi colocado próximo aos setores necessários.



Os exemplos citados acima, foram para demonstrar como o novo arranjo físico foi desenvolvido, sempre seguindo as orientações dos diagramas de inter-relações e de relacionamento, para que os setores sejam alocados sempre próximos aos outros quando necessário e caso seja preciso, foram alocados também na distância necessária.

Comparando a proposta do novo arranjo físico com o atual, é possível notar algumas melhorias imediatas, um dos problemas enfrentados atualmente é o fluxo de produção cruzado, onde em vários trechos do *layout*, era necessário desviar a rota dos produtos ou aguardar a passagem de um produto, para depois continuar a movimentação de outro, o que aumentava o tempo de produção, diminuindo a eficiência. Na proposta de melhoria, os fluxos não se cruzam, cada grupo de produtos possuem sua única rota, sem chance de alguma de durante o seu percurso, encontrar outro produto em movimentação.

Outro problema solucionado, é a distância do estoque de produtos acabados padronizados produzidos pela empresa com o local onde são produzidos, como são materiais pesados e é necessário a utilização de pontes rolantes para transporte, essa distância gerava um tempo muito grande de movimentação, e no novo *layout* o estoque está ao lado da máquina onde os produtos são feitos, de modo que a movimentação seja feita muito mais rápida e facilitada.

Todos os produtos comercializados, sofreram uma redução da distância percorrida durante os fluxos de produção, gerando no total uma redução de 41%, a maior diferença da distância trilhada entre o *layout* atual e o proposto é dos produtos padronizados produzidos, com uma redução de 73,95 metros. A tabela 6 enfatiza todas as reduções:

Tabela 6: Comparação de distâncias percorridas no arranjo físico atual e proposto.

Produtos	Distância Percorrida (m)			
	<i>Layout</i> Atual	Novo <i>Layout</i>	Redução	Redução %
Produtos Produzidos Padronizados	175,44	101,49	73,95	42%
Personalizados	101,63	83,52	18,11	18%
Produtos Padronizados Revendidos	52,85	4,56	48,29	91%
Telhas	24,67	20,7	3,97	16%
Total	354,59	210,27	144,32	41%

**Redução Total**

**144,32 metros.**

**41%**

Fonte: Elaborado pelo Autor.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Conclusões do trabalho**

O trabalho apresentado teve como objetivo principal propor um novo arranjo físico para uma metalúrgica, com sede na cidade de Franca, estado de São Paulo. Para atingir o principal objetivo, foi necessário analisar criticamente as consequências causadas pelo *layout* atual, compreender todo o fluxo de produção, materiais e colaboradores e por fim propor uma reformulação do arranjo físico, apresentando uma proposta de melhoria. Realocando toda a indústria, foi possível obter uma melhora no fluxo de produção, logo aumentando o desempenho geral.

A presente pesquisa é definida como de Natureza Aplicada, porque foi elaborada com o intuito de aplicar as melhorias apresentadas. O estudo é classificado como Qualitativo, de caráter Descritivo e é caracterizada como um Estudo de Caso.

A revisão bibliográfica teve como temas base, tipos de processo de produção, tipos de arranjo físico, métodos de desenvolvimento de *layout*, realçando o método SLP – *Systematic Layout Planning*, apoiado em suas ferramentas foi possível desenvolver a proposta presente neste trabalho.

O fato de o método SLP ser um dos mais utilizados há anos e ter como foco a melhoria da eficiência produtiva, foram cruciais para a sua escolha. Baseando no relacionamento dos setores, na quantidade produzida, no tempo e roteiro de produção, foi possível definir quais departamentos deveriam estarem próximos ou não, e em seguida realocá-los da melhor maneira, eliminando os problemas causados pelo arranjo atual e melhorando o fluxo de produção e a eficiência global da empresa.

### **5.2 Limitações do estudo**

Primeiramente por se tratar de um estudo de caso e apresentar a realidade de uma organização industrial, a proposta apresentada pode ser aplicada apenas na empresa em questão.

O objetivo principal planejado era apresentar uma proposta de um novo arranjo físico enaltecendo a solução dos problemas enfrentados atualmente pela empresa, seguindo as metodologias apresentadas e com embasamento teórico o trabalho fluiu naturalmente, e tudo o que foi planejado foi devidamente executado.

### **5.3 Trabalhos futuros**

O principal trabalho que pode ser derivado deste, é a implementação do novo arranjo físico, apesar de uma parte já estar implementada, a realocação dos demais setores enfrentam maiores dificuldades, devido ao tamanho das instalações, a necessidade de preparação do local à serem transportados e principalmente pelo funcionamento da empresa, sendo inviável a interrupção de toda a produção para o transporte dos setores.

Com uma visão mais ampla e aprofundada, é possível calcular o custo de movimentação de todos os produtos durante a produção, para evidenciar a necessidade da redução do fluxo de produção percorrido pelos produtos, a fim de reduzir os custos derivados da produção e possibilitar o aumento dos lucros.

## REFERÊNCIAS

- ANTON, C.; EIDELWEIN, H.; DIEDRICH, H. **Proposta de melhoria no *Layout* da produção de uma empresa do Vale do Taquari**. Destaques Acadêmicos, América do Norte, 2012.
- Anuário Estatístico: **Setor Metalúrgico/ Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. 1995 – Brasília: SGM, 2017.
- AZEVEDO, K. D. G. C; BRAGA, V. S. **Proposta de reformulação no *Layout* da empresa ABRASDI - Abrasivos Diamantados na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2013.
- Bardin, L. (2006). **Análise de conteúdo** (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trans.). Lisboa: Edições 70.
- BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre, Artes Médicas Sul Ltda, 1991.
- BRUNATTO, S. F. **Metalurgia do Pó**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Materiais Metálicos da UFPR, 2011.
- CARDOSO, A. O. **As Faces da Indústria Metalúrgica no Brasil: Uma Contribuição à luta sindical**. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. São Bernardo do Campo, 2015.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. **A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa**. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna (orgs). Planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006.
- EGYDIO, D. **Manufatura um percurso histórico**. IV Seminário Eniac, 2012.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações/** Norman Gaither, Greg Frazier; tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão Petrônio Garcia Martins. – 8. ed. –São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar.** Rio de Janeiro: Record, 1997.

GONÇALVES FILHO, E. V. **Sistemas de Manufaturas: Projeto do arranjo físico.** Notas de aula, 2005.

GROOVER, M. P.; ZIMMERS, E. W. JR. **CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing.** New Jersey, Prentice Hall Inc., 1984.

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem.** Rio de Janeiro, Zahar 20º ed, 1985.

International Iron and Steel Institute. **As maiores siderúrgicas do mundo.** Bruxelas, 2010.

KRAJEWSKI, L. J. e RITZMAN, L. P. (1996) - **Operations management: strategy and analysis.** 4th ed. New York: Addison-Wesley Publishing Company.

MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** 2ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOURA, R. A. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais.** 6. ed. rev. São Paulo: IMAM, 1997.

MUTHER, R. **Systematic Layout Planning.** 2.ed. Boston: Cahnerns Books, 1973.

OLIVERIO, J. L. **Projeto de fábricas: Produtos, processos e instalações industriais.** Apostila, IBLC – Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda., São Paulo, 1985.

PACIEVITCH, T. **Artigo Manufatura.** Infoescola, 2008.

PARASURAMAN, A. **Marketing research**. 2. ed. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: Unicenp, 2004.

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.

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

TOMPKINS, J. A. *et al.*, **Facilities planning**. New York: John Wiley, 1996.

TORTORELLA, G. L. **Sistemática para orientação do planejamento de *layout* com apoio de análise de decisão multicritério**. 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/6354>>.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 6º. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VIANA, M. C. V. **O Processo de Ensino/Aprendizagem Sob Diferentes Olhares**. Ed Amp. Ouro Preto: Centro de Educação Aberta e a Distância da Universidade Federal de Ouro Preto. 2013.

VIEIRA, A. C. G. **Manual de *Layout* (arranjo físico)**. Rio de Janeiro: CNI, 1983.

ZANOTTI FILHO, D. *et al.* Melhorias de processo por meio de metodologia SLP e simulação: estudo de caso no setor moveleiro. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**. Natal, 2013.