

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA**

JAQUELINE LOPES GARCIA

**PROPOSTA DE LAYOUT DE FÁBRICA PARA UMA EMPRESA DE
CARRETILHA FRIGORÍFICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2019**

JAQUELINE LOPES GARCIA

**PROPOSTA DE LAYOUT DE FÁBRICA PARA UMA EMPRESA DE
CARRETILHA FRIGORÍFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Ponta Grossa, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof^a. Dra. Daiane Maria de Genaro Chioli

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE LAYOUT DE FÁBRICA PARA UMA EMPRESA DE CARRETILHA FRIGORÍFICA

por

JAQUELINE LOPES GARCIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 2 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Mecânica. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Daiane Maria de Genaro Chirolí
Orientadora

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Membro Titular

Profa. Dra. Louisi Francis Moura
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho
Coordenador do Curso

RESUMO

GARCIA, Jaqueline. **Proposta de layout de fábrica para uma empresa de carretilha frigorífica. 2019.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Este trabalho foi um estudo de caso, realizado em uma empresa que produz e reforma produtos utilizados em frigoríficos bovinos, localizada no interior de São Paulo. Esta empresa teve um significativo aumento de demanda, e por decisões estratégicas, decidiu mudar o local de trabalho. Por essa razão, este estudo tem por objetivo propor um novo layout de fábrica para este novo local de atuação. Para cumprir com este objetivo foi necessário compreender o processo atual e identificar suas problemáticas, analisar o fluxo de materiais e da produção. Elaborou-se o diagrama de processo, e utilizou-se o método de Planejamento Sistemático de Layout (SLP) e o Software AutoCad para realizar a proposta de layout. Como resultado, obteve-se uma proposta com fluxo de processo mais organizado, mais produtivo, que atende o fluxo de materiais e da produção considerando fatores ergonômicos e de segurança.

Palavras-chave: Layout. Arranjo físico. Fluxo de componentes.

ABSTRACT

GARCIA, Jaqueline. **Layout factory proposal for a machining company.** 2019. Graduation Work (Bachelorship) – Mechanical Engineering. Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

The present academic work was a study case carried out in a company that produces and restores products used in beef slaughterhouses, located in São Paulo state. This company had a significant demand increase, and by strategic decisions, decided to change the workplace. For this reason, this study aims to propose a new layout factory for this new place of operation. To accomplish this goal, it was necessary to understand the current process and identify its problems, analyze the flow of materials and production. The process diagram was elaborated, and the Systematic Layout Planning (SLP) method and the AutoCad Software were used to make the layout proposal. As a result, a more organized, more productive process flow proposal was obtained that takes into account the flow of materials and production considering ergonomic and safety factors.

Keywords: Layout. Physical arrangement. Material flow.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Tipos de Arranjo por Volume x Variedade | 17 |
| Figura 2 - Ilustração de um layout por processo | 18 |
| Figura 3 - Layout por produto: sequência de processos na produção de papel | 20 |
| Figura 4 - Arranjo físico celular ilustrado com três células distintas | 22 |
| Figura 5 - Exemplo de arranjo físico misto em um restaurante | 23 |
| Figura 6 - Simbologia adotada pela norma ANSI Y15.3M-1979 | 24 |
| Figura 7 - Exemplo de Diagrama de Processo | 25 |
| Figura 8 - As quatro fases do SLP de Richard Muther e Hales..... | 26 |
| Figura 9 - A chave PQRST de Muther e Hales..... | 27 |
| Figura 10 - Diagrama de para | 28 |
| Figura 11 - Diagrama de afinidades | 29 |
| Figura 12 - Exemplo do Diagrama de Afinidades | 30 |
| Figura 13 - Exemplo de diagrama de arranjo de atividades | 31 |
| Figura 14 - Diagrama de relações de espaço | 32 |
| Figura 15 - Ajustes no diagrama de relações de espaço | 32 |
| Figura 16 - Etapas do Trabalho | 34 |
| Figura 17 - Diagrama de Processo do Componente 1 | 38 |
| Figura 18 - Diagrama de Processo do Componente 2 | 39 |
| Figura 19 - Diagrama de Processo do Componente 3 | 40 |
| Figura 20 - Diagrama de Processo do Componente 4 | 41 |
| Figura 21 - Diagrama de Processo do Componente 5 | 41 |
| Figura 22 - Diagrama de Processo da Montagem do Produto Final..... | 42 |
| Figura 23 - Diagrama de afinidades do Estudo de Caso..... | 50 |
| Figura 24 - Diagrama de Arranjo de Atividades do Layout atual | 54 |
| Figura 25 - Desembaralhamento do Diagrama de arranjo de afinidades | 55 |
| Figura 26 - Diagrama de relações de espaços..... | 56 |
| Figura 27 - Sugestão de Layout | 57 |
| Figura 28 - Fluxo dos Componentes | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - As Classificações do Sistema de Produção | 16 |
| Tabela 2 - Os cinco passos do SLP | 27 |
| Tabela 3 - Prioridade de Proximidade | 28 |
| Tabela 4 - Inventário das Máquinas | 37 |
| Tabela 5 - Matriz de habilidades dos operadores..... | 44 |
| Tabela 6 - Diagrama de-para do Componente 1 | 45 |
| Tabela 7 - Diagrama de-para do Componente 2..... | 46 |
| Tabela 8 - Diagrama de-para do Componente 3..... | 47 |
| Tabela 9 - Diagrama de-para do Processo de Montagem..... | 48 |
| Tabela 10 - Diagrama de-para geral | 49 |
| Tabela 11- Razão de proximidade do Diagrama de Afinidades | 51 |
| Tabela 12 - Numeração das máquinas | 53 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 Justificativa | 10 |
| 1.2 Definição e Delimitação do Problema | 11 |
| 1.3 Objetivos | 11 |
| 1.3.1 Objetivo Geral..... | 11 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 11 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho | 12 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 2.1 Definição de Layout | 13 |
| 2.2 Objetivo do Layout | 13 |
| 2.3 Classificação do Sistema de Produção | 14 |
| 2.4 Classificações de Arranjo Físico | 17 |
| 2.4.1 Arranjo Físico por Processo..... | 18 |
| 2.4.2 Arranjo Físico por Produto | 19 |
| 2.4.3 Arranjo Físico Posicional | 21 |
| 2.4.4 Arranjo Físico Celular | 21 |
| 2.4.5 Arranjo Físico Misto | 22 |
| 2.5 Diagrama de Processo | 23 |
| 2.6 Planejamento Sistemático de Layout | 26 |
| 2.7 Padrão de Procedimentos SLP | 27 |
| 2.7.1 Diagrama DE – PARA..... | 28 |
| 2.7.2 Diagrama de Afinidades..... | 29 |
| 2.7.3 Diagrama de Arranjo de Atividades | 30 |
| 2.7.4 Diagrama de Relações de Espaços..... | 31 |
| 3 METODOLOGIA | 33 |
| 4 DESENVOLVIMENTO | 36 |
| 4.1 Caracterização da empresa | 36 |
| 4.2 Inventário | 37 |
| 4.3 Descrição do processo produtivo | 38 |
| 4.4 Matriz de habilidades | 43 |
| 4.5 Aplicação do método SLP | 44 |
| 4.5.1 Diagrama de-para..... | 44 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.5.2 | Diagrama de afinidades | 50 |
| 4.5.3 | Diagrama de arranjo de atividades | 51 |
| 4.5.4 | Diagrama de relações de espaços | 55 |
| 4.5.5 | Sugestão de layout | 56 |
| 5 | CONCLUSÃO | 59 |
| 6 | REFERENCIAS..... | 61 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, até a década de 90, as empresas industriais não tinham muito com que se preocupar em termos de competição internacional pelo mercado interno, devido às restrições protecionistas às importações (CORRÊA e GIANESI, 2011). Hoje, esta perspectiva mudou com a diminuição das restrições das barreiras alfandegárias: a maioria dos produtos importados já compete com os nacionais pelo mercado interno, diante disso, com esse aumento da competitividade, as empresas estão se forçando a fazer mudanças internas como: investimento em treinamento dos funcionários para melhoria de desempenho, reuso e reciclagem de materiais para reduzir a utilização de recursos naturais, uso de ferramentas da qualidade para diminuir falhas, alterações no layout para melhor organização, entre outros.

Um material que é fácil de reutilizar e de reciclar é o aço. Como é “eco eficiente” em seu processo produtivo, o aço torna-se um dos materiais mais ambientalmente corretos produzidos por um segmento industrial. Ele é completamente reciclável e essa capacidade de retorno permanente à cadeia produtiva como matéria-prima, sem perder a qualidade, faz dele um dos produtos mais reciclados do mundo (NEVES; CAMISASCA, 2013).

Em 2007 a produção brasileira de aço alcançou 33,8 milhões de toneladas, 2,6% da produção mundial, um crescimento de 9,3% em relação ao ano anterior, o que consolidou o Brasil como o maior produtor da América Latina e o sétimo do mundo (NEVES; CAMISASCA, 2013). Isso ocorre, devido ao fato do aço ser utilizado como matéria prima em diversos produtos, como: carretilhas frigoríficas, painéis, pregos, ferramentas, geladeiras, carros, trens, construção civil, entre outros.

O aço é utilizado como matéria-prima na empresa em estudo para produzir e reformar carretilhas frigoríficas, item utilizado na locomoção de pedaços de boi para sangria ou corte, por meio de trilhos aéreos em câmara fria dentro do frigorífico. O reuso do aço é de fundamental importância para a empresa, pois todas as carretilhas podem ser processadas novamente para poderem ser reutilizadas. Quando algum dos itens que a compõe já não está mais com as características específicas para reforma, pode ser vendido como sucata junto com os cavacos da usinagem, que posteriormente são fundidos para dar forma novamente à roldana (um dos itens do produto final), evitando impacto ao meio ambiente.

Esse trabalho realizou um estudo de caso de uma empresa de carretilha frigorífica, que devido ao aumento da competitividade do mercado interno, a empresa fez um levantamento de dados e identificou que um ponto forte é o fato da matéria prima utilizada ser o aço, porém reconhece que possui dificuldade quanto ao arranjo físico, também chamado de layout de fábrica.

Sob a ótica econômica, um layout eficiente numa indústria pode obter considerável redução nos custos de produção. A dimensão do investimento em novas áreas produtivas nas indústrias e outras instituições incentiva a busca de novas alternativas ao problema. Ademais, um porcentual significativo das áreas produtivas construídas é modificado anualmente e requerem um replanejamento. A reorganização do layout precisa ser uma atividade constante em qualquer organização que pretenda ser competitiva e eficiente em sua área de atuação, devido à evolução tecnológica que produz novas máquinas e equipamentos, tornando modelos e métodos obsoletos (NEUMANN; SCALISE, 2015).

Com a disputa acirrada do mercado interno, a empresa busca inovar utilizando uma estratégia para diminuir o desperdício de tempo, aumentar o lucro e se manter competitiva produzindo produtos de qualidade para satisfazer os clientes. Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o processo produtivo da empresa e propor o melhor layout que se adequa à realidade atual dela.

1.1 Justificativa

A microempresa em análise localiza-se no interior de São Paulo. Fundada em 2011, deu-se início como empresa terceirizada de serviços diversos em frigoríficos. Com o passar dos anos, foi adaptando-se conforme as necessidades dos clientes. Com principais atividades econômicas voltadas para a área de usinagem, tornearia e solda, destacou-se na fabricação e reforma de carretilhas frigoríficas.

Devido a esse histórico de adaptação, a empresa não teve planejamento em relação à disposição das máquinas, o layout foi definido de acordo com o que os operadores acreditavam ser o melhor conforme o momento, o que resulta nas seguintes problemáticas: espaço pouco produtivo e aproveitado, desorganizado e sujo o que ocasiona riscos de acidentes e à saúde do trabalhador, conflitos ergonômicos, e que dificulta as ações rotineiras dos funcionários para conseguir

atender a demanda. Em consequência desses fatores, ao aumento do volume produtivo e a escassez de recurso, a empresa busca por mudanças práticas e econômicas para aumentar a produção.

Então, a fim de reduzir essas problemáticas que a empresa tem em relação ao planejamento e melhorar a competitividade, esse estudo visa por meio dos objetivos, propor uma solução fornecendo a partir dessas proposições, meios para o aumento do lucro e da qualidade do produto e do processo produtivo.

A proposta é o mapeamento de todos os elementos que fazem parte da empresa, incluindo não somente a localização das máquinas, ferramentas, e operadores como as passagens, corredores, saídas de emergência, preocupando-se também com o fluxo de materiais, a ventilação, iluminação e o conforto da mão-de-obra.

1.2 Definição e Delimitação do Problema

O estudo será realizado a partir da análise do processo atual de uma empresa que produz e reforma carretilha frigorífica. Isso será feito durante os meses de março a novembro de 2018, e está delimitado no arranjo físico da fábrica, utilizando somente os equipamentos já existentes.

Diante de todo o contexto apresentado, este trabalho visa responder ao seguinte questionamento: Qual o melhor layout que conduzirá melhorias no processo, na disposição de ferramentas e maquinários?

A fim de responder este questionamento, os seguintes objetivos foram traçados.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Objetivo Geral: Propor um novo layout para uma empresa que produz carretilha frigorífica no interior de São Paulo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Compreender o processo produtivo atual

- Identificar problemáticas no processo produtivo estudado
- Analisar o fluxo de materiais e da produção

1.4 Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 contém a introdução do trabalho, abrangendo a justificativa do tema, a definição e a delimitação do problema e os objetivos desejados.

O capítulo 2 discorre a revisão de literatura, englobando a definição de Layout, o objetivo de Layout, a classificação do sistema de produção, as classificações de arranjo físico, Diagrama de Processo, Planejamento sistemático de Layout, e o padrão de procedimentos SLP.

O capítulo 3 classifica a natureza do trabalho, a forma de abordar o problema, o procedimento teórico da pesquisa e descreve as etapas do trabalho.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso, os Diagramas de Processo dos componentes do produto fabricado na empresa estudada, bem como o Diagrama de Processo da montagem do produto, os procedimentos do SLP e os resultados obtidos.

No capítulo 5 contém a conclusão do trabalho indicando quais objetivos foram alcançados e como foram alcançados. Contém também as limitações do trabalho e sugestão futura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção será apresentada a fundamentação teórica, apresentando conceitos que possibilitarão o atendimento aos objetivos propostos. Destacando-se os sistemas produtivos, tipos de arranjo físico, planejamento sistemático e simplificado de layout.

2.1 Definição de Layout

Layout é uma terminologia inglesa que deu origem à palavra leiaute no vocabulário português. Apesar da existência no português, o termo em inglês é muito mais utilizado no Brasil. Segundo o dicionário “Novo Michaelis” (2018) leiaute significa esboço, planejamento.

No ramo empresarial, layout é uma estratégia de posicionamento das máquinas, homens, ferramentas e todos outros elementos da fábrica, portanto muitas vezes também é chamado de arranjo físico (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Um problema de layout deve ser resolvido visando evitar a geração de estoques e aumentar a produção utilizando menos recurso, reduzindo o transporte à zero e relacionando tudo dentro do fluxo de trabalho, como os meios de suprimentos, acesso às áreas de armazenamento e de serviços (MACHLINE, 1990).

2.2 Objetivo do Layout

Neumann e Scalice (2015) afirmam que um projeto de layout envolve a realização de várias atividades, com o objetivo específico de:

- Melhoria e conseqüente redução no manuseio, armazenamento de materiais e utilização do espaço disponível;
- Otimização do desempenho da mão de obra, evitando movimentações desnecessárias;

- Redução dos custos indiretos e do tempo de manufatura (ciclo de fabricação/operação);
 - Maximizar o uso de equipamentos e recursos tecnológicos de alto investimento, assim como facilitar sua manutenção;
 - Aumentar a moral e a satisfação do trabalho;
 - Facilitar acesso visual às operações, quando adequado (*kanban*);
- incorporar medidas de segurança e qualidade ambiental no trabalho (isolamento de ruídos, iluminação natural, climatização), etc.

Por outro lado, erros de layout podem apresentar fluxos longos ou confusos, fluxos imprevisíveis, estoque de materiais, tempos de processamento longos, inconveniências para os clientes, assim como filas ao longo da operação, operações inflexíveis, e altos custos. (SLACK et al., 2009).

2.3 Classificação do Sistema de Produção

A compreensão das características dos sistemas produtivos e a relação com as atividades de planejamento e controle da produção é melhor assimilada quando é feita a classificação dos sistemas produtivos (TUBINO, 2007).

Slack et al. (2009) classifica o sistema produtivo relacionando processo de transformação com a natureza de seus recursos transformados:

a) Processo de projeto: tem como principal característica a alta variedade e baixo volume de produção, pois atendem uma demanda específica. Normalmente o período para conclusão do produto/serviço é longo, como a construção de navios. Uma particularidade desse tipo de processo é que os recursos transformadores normalmente são dispostos de forma especial para cada um deles.

b) Processo de *jobbing*: possui também como característica a alta variedade e baixo volume de produção, porém cada produto deve dividir os recursos de operações com diferentes outros produtos, por exemplo: alfaiate.

c) Processo por lotes ou bateladas: produz-se mais de uma unidade do produto a cada vez que esse tipo de processo ocorre. O volume produtivo pode ser alto ou baixo, depende do tamanho do lote e da repetitividade do processo.

d) Processo de produção em massa: tem como principal característica o alto volume e baixa variedade. Os produtos, equipamentos e recursos transformadores tem alto grau de padronização, por exemplo: indústria automobilística.

e) Processo contínuo: frequentemente confundido com o processo em massa, também possui como característica alto volume e baixa variedade, porém esse tipo de processo tende a atuar por um tempo muito maior do que o de produção em massa, por exemplo: indústrias petroquímicas, no qual o produto tem tecnologia pouco flexível.

Já Camarotto (2006) classifica o processo produtivo em contínuo, repetitivo e processo intermitente, conforme apresentado na Tabela 1. O processo repetitivo e o intermitente de Camarotto se assemelham ao processo por lotes ou bateladas e ao processo de jobbing de Slack. et al.

Tabela 1 - As Classificações do Sistema de Produção

| PROCESSO | DESCRIÇÃO | OPERAÇÃO | DEFINIÇÃO |
|---------------------|---|---------------------------------|---|
| CONTÍNUO | Indústrias de processos contínuos não podem interromper a fabricação sob risco de perder o material processado ou até mesmo danificar equipamentos ou parte das instalações. O problema de projeto de planta de uma indústria desse tipo é completamente diferente daqueles de processos intermitentes ou repetitivos. No processo contínuo o layout é extremamente influenciado pelos condicionantes tecnológicos e sua lógica é influenciada pelo processo de fabricação. São layouts rígidos com equipamentos dedicados aos produtos. | Desintegração Integração | Separação em componentes Agregação de materiais, com processamento conjunto, resultando em um produto não encontrado no estado natural |
| REPETITIVO | Indústrias de processo repetitivo possuem como principal característica o processamento em lotes. Os produtos são movimentados, através do processo, em quantidades fixas e cada item segue através do fluxo de forma análoga à todos itens do lote. Quando o lote de um mesmo item, ou itens semelhantes, seguem rigidamente as mesmas sequências em tempos uniformes entre lotes; o processo assume, para efeito de estudo de layout, as características de um processo contínuo. | Transformação | Mudança no material por operações sucessivas em um produto de características diferentes |
| INTERMITENTE | Uma indústria de processamento intermitente processa um produto ou pequenos lotes de produtos (ou itens) sem regularidade de período ou de tamanho de lote. O processamento depende de encomenda e os produtos podem sofrer alterações de especificações, mesmo dentro de um lote. Este tipo de indústria é característica de micro e pequenas empresas que trabalham através de encomenda de clientes. Para o estudo de layout, as empresas de processo de informações ou documentos, as empresas de serviços, são consideradas de processamento intermitente. | Fabricação Montagem | Mudança nas formas de materiais no estado sólido a partir de um componente inicial |

Fonte: Adaptado Camarotto, 2006

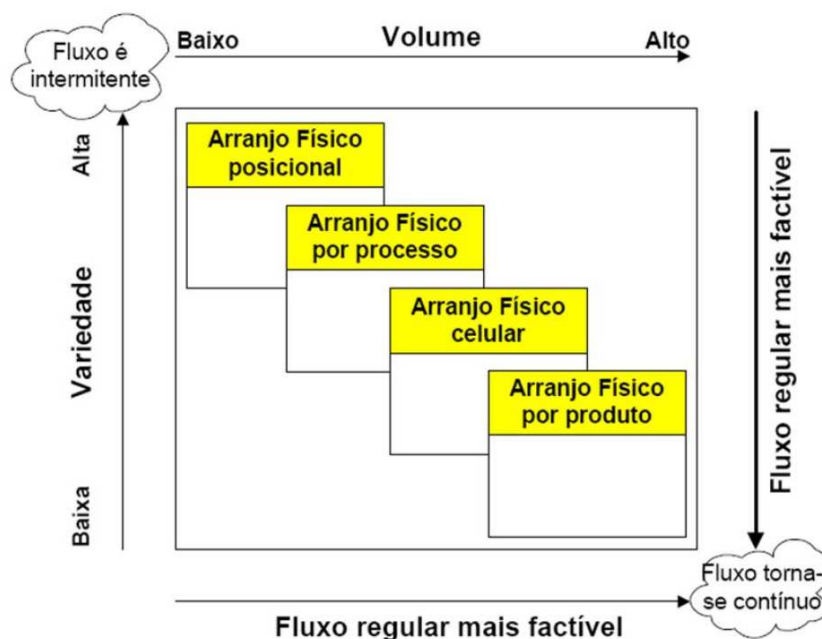
Analisando a classificação de Slack et. al (2009) e a classificação de Camarotto descrita na Tabela 1, pode-se concluir que há diferentes formas de realizar a classificação, porém todas se relacionam com o volume produtivo e com a variedade e influenciam no layout da fábrica.

2.4 Classificações de Arranjo Físico

O arranjo físico segundo Corrêa e Corrêa (2012) pode ser classificado em três maneiras distintas com características bastante específicas e que apresentam diferentes potenciais de contribuir e até alavancarem diferentes desempenhos: arranjo por processo, arranjo por produto e arranjo posicional.

Em compensação, Slack et al. (2009), correlaciona as características de volume e variedade, conforme a Figura 1, classificando o arranjo físico entre quatro opções: arranjo por processo, arranjo por produto, arranjo posicional e arranjo celular.

Figura 1 - Tipos de Arranjo por Volume x Variedade



Fonte: Slack et al. (2009)

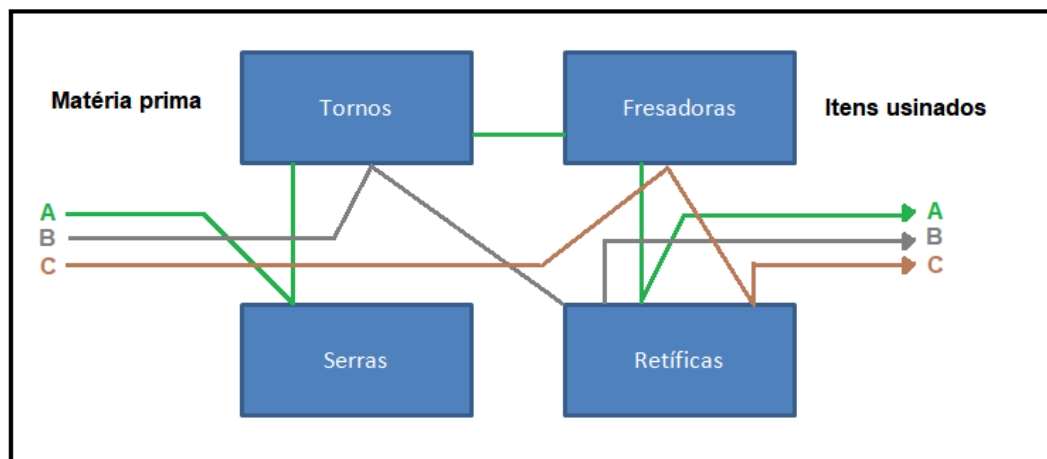
Com a Figura 1 pode-se perceber que o arranjo físico posicional é vantajoso para baixo volume produtivo e alta variedade, já o arranjo físico por produto beneficia produtos de baixa variedade, porém com alto volume produtivo. Outras características desses quatro tipos de arranjos estão descritas a seguir.

2.4.1 Arranjo Físico por Processo

O arranjo físico por processo é também conhecido como arranjo físico funcional e por *job shop*. Esse tipo de arranjo agrupa todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função em uma mesma área. Suas principais características são que máquinas e equipamentos ficam fixos e o produto de movimenta (NEUMANN e SCALICE, 2015).

Alguns exemplos são: hospitais, centros de usinagem (Figura 2), supermercados, lojas comerciais (divididas em: feminino, masculino, infantil, etc).

Figura 2 - Ilustração de um layout por processo



Fonte: Adaptado de Neumann e Scalice, 2015

As características do layout por processo podem ser observadas na Figura 2, onde as máquinas estão fixas na mesma área e os produtos se deslocam. O produto A, por exemplo passa primeiro pelas serras, depois pelos tornos, em seguida nas fresadoras e por fim nas retíficas. Em contrapartida, o produto B, passa primeiro pelos tornos, em seguida pelas retíficas e o produto C, passa somente pelas fresadoras e pelas retíficas.

As principais vantagens do arranjo físico por processo, segundo Peinado e Graeml (2007) são:

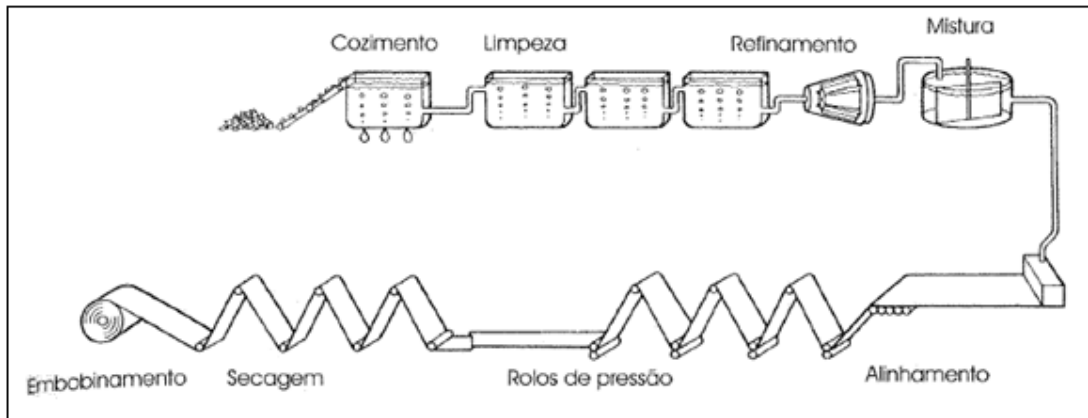
- Grande flexibilidade para atender a mudanças de mercado: basta alterar o fluxo a ser seguido pelo produto durante sua fabricação;
- Bom nível de motivação: quando os produtos são únicos, não existe produção repetitiva, o que reduz a monotonia e o tédio no trabalho;
- Atende a produtos diversificados em quantidades variáveis ao mesmo tempo: diferentes tipos de produtos podem ser fabricados simultaneamente pois é possível que enquanto um produto está sendo fabricado em determinado local, outro produto está passando em outro tipo de processamento;
- Menor investimento para instalação do parque industrial: como as máquinas estão agrupadas, um único sistema poderá servir para diversas máquinas. Exemplos: sistema de ar comprimido, hidráulico, de refrigeração, etc.
- Maior margem do produto: geralmente se produz neste tipo de arranjo, produtos com maior valor agregado.

Assim como todo tipo de arranjo este possui algumas desvantagens, das quais se destacam: baixa utilização de recursos; pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes; fluxo complexo pode ser difícil de controlar; taxas de produção tendem a ser menores; custos indiretos altos: setups, movimentação, estoques, supervisão ou filas de clientes; fluxo complexo torna o planejamento e controle da produção muito mais difícil (SLACK et al., 2009; NEUMANN E SCALICE, 2015).

2.4.2 Arranjo Físico por Produto

Arranjo físico por produto, arranjo em linha ou *flow shop* é usado quando um ou mais produtos muito semelhantes são fabricados em grandes volumes. Normalmente nesse tipo arranjo, que está ilustrado na Figura 3, cada produto tem uma linha dedicada a ele, pois as máquinas, operadores e ferramentas ficam posicionados em um local fixo, de acordo com a sequência de operações do produto, permitindo um fluxo rápido na fabricação de produtos padronizados, que exigem operações de montagem ou produção sempre iguais, por exemplo: indústrias montadoras, indústrias alimentícias, frigoríficos, etc. (NEUMANN e SCALICE, 2015; PEINADO E GRAEML, 2007).

Figura 3 - Layout por produto: sequência de processos na produção de papel



Fonte: Slack et al. 2009

A Figura 3 exemplifica o layout por produto numa indústria de papel, onde as sequências de processos na manufatura são: cozimento, limpeza, refinamento, mistura, alinhamento, rolos de pressão, secagem e embobinamento, respectivamente.

Para Peinado e Graeml (2007) e Neumann e Scalice (2009) algumas vantagens desse tipo de arranjo físico são:

- Possibilidade de produção em massa com grande produtividade e alto grau de automação
- Carga de máquina e consumo de material constantes ao longo da linha de produção
- Maior facilidade para controlar a produtividade
- Menor tempo perdido em setups e transporte de materiais e clientes
- Menor quantidade de estoque intermediário, o que implica em menor custo de estocagem
- Uso mais efetivo da mão de obra

Algumas desvantagens citadas por Slack et al. 2009 e Neumann e Scalice (2015) são: trabalho repetitivo, o que ocasiona a monotonia para o operador; baixa flexibilidade de mix produtivo; não é muito robusto quando há interrupções, isto é, se uma máquina para, a linha para; alto valor de investimento em máquinas e

equipamentos; grande risco de reprojetar de layout para produtos com vida útil curta ou incerta.

2.4.3 Arranjo Físico Posicional

O arranjo físico posicional é assim chamado pois o produto a ser produzido fica normalmente na mesma posição. Neste tipo de layout são os equipamentos, matéria-prima e mão de obra que se movem até o produto, portanto é mais indicado para produtos que são feitos em lotes unitários. Exemplo: aviões, navios, estradas, usinas hidrelétricas, etc. (NEUMANN E SCALICE, 2015).

Para Peinado e Graeml (2007), algumas vantagens são: não há movimentação do produto; é possível utilizar técnicas de programação e controle, tais como: PERT e CPM; é possível terceirizar o projeto como um todo ou parte dele com prazos previamente acordados; alta variedade de tarefas para a mão de obra.

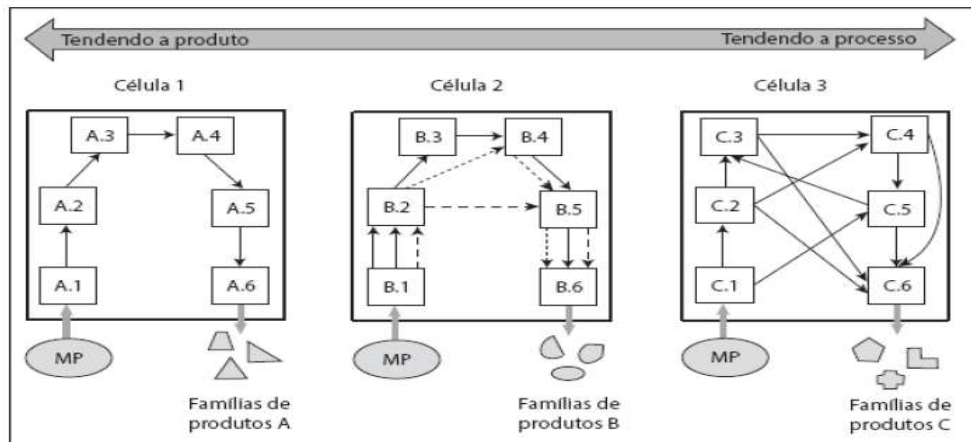
Os autores citam também as seguintes desvantagens: produção em pequena escala e com baixo grau de padronização; grande necessidade de supervisão e controle de mão de obra, de matérias primas, ferramentas, etc.; possível necessidade de construir abrigos para os funcionários.

2.4.4 Arranjo Físico Celular

O arranjo físico celular possui características intermediárias ao arranjo físico linear e ao arranjo físico por processo. Este tipo de arranjo, ilustrado na Figura 4, consiste na fabricação de um produto inteiro ou famílias de um produto deslocando-os por diversas máquinas dispostas em um só local – célula. (PEINADO e GRAEML, 2007).

O arranjo físico celular é adequado para sistemas produtivos de médios volumes e médias variedades, sendo empregado em locais como: empresas calçadistas, de autopeças, mobiliário, utensílios domésticos e bancos (NEUMANN e SCALICE, 2015).

Figura 4 - Arranjo físico celular ilustrado com três células distintas



Fonte: Neumann e Scalice, 2015

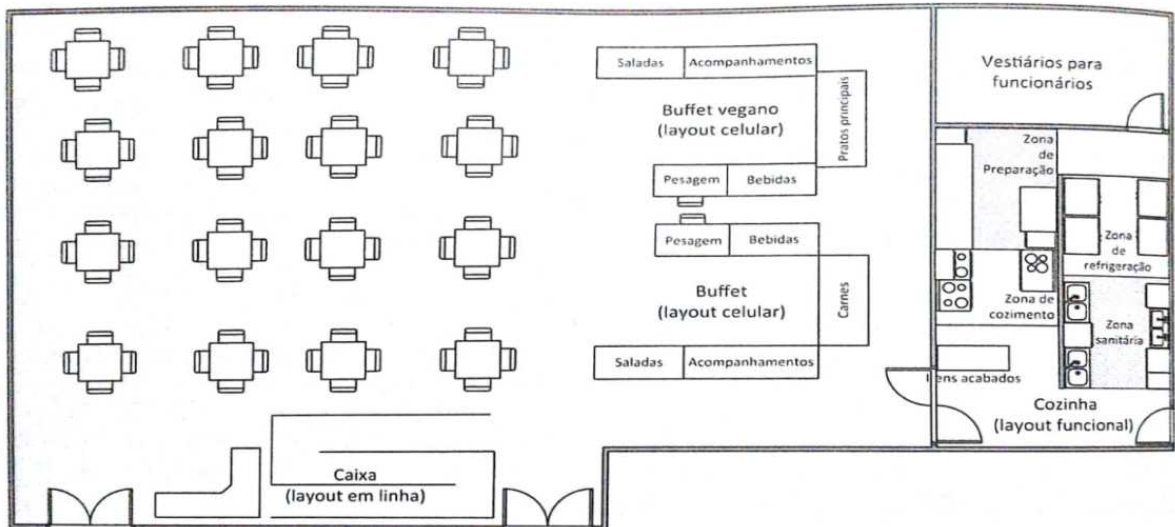
A partir da Figura 4 pode-se ter melhor compreensão do arranjo físico celular, onde cada célula está disposta de maneira distinta uma da outra e cada família de produtos é diferente.

Entre as vantagens desse tipo de arranjo, estão: aumento de flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto; diminuição do transporte de material; diminuição dos estoques; maior satisfação no trabalho; redução dos tempos de atravessamento (lead time); fluxo de material mais organizado, contribuindo para o aumento da qualidade do produto final; aumento da segurança do trabalho. Por outro lado, algumas desvantagens são: exige que os operadores sejam multifuncionais, fazendo que o custo com treinamentos seja alto; ociosidade ocasional de máquinas e ferramentas para famílias de menor similaridade; dificuldade em elaborar o arranjo (NEUMANN e SCALISE, 2015; PEINADO e GRAEML, 2007).

2.4.5 Arranjo Físico Misto

Quando há um grande mix de produção, é indicado o arranjo físico misto, também conhecido como arranjo híbrido. Esse tipo de arranjo é resultado de mais de um tipo de layout em uma mesma Unidade Produtiva e está ilustrado na Figura 5 (NEUMANN e SCALICE, 2015).

Figura 5 - Exemplo de arranjo físico misto em um restaurante




Fonte: Neumann e Scalice, 2015

Um exemplo prático de arranjo físico misto é em restaurante, ilustrado na Figura 5 acima, onde a fila do caixa tem o layout em linha, o buffet é disposto em layout celular (separado em tradicional e vegano) e a cozinha é layout funcional.

2.5 Diagrama de Processo

Os diagramas de processo também são conhecidos como cartas de processo ou folhas de processo e tem a função de detalhar o processo por meio de símbolos considerando não somente operações, como também transportes, estoques, etc. A simbologia adotada pela norma ANSI Y15.3M-1979 está ilustrada na Figura 6 e um exemplo, na Figura 7 (NEUMANN e SCALICE, 2015).

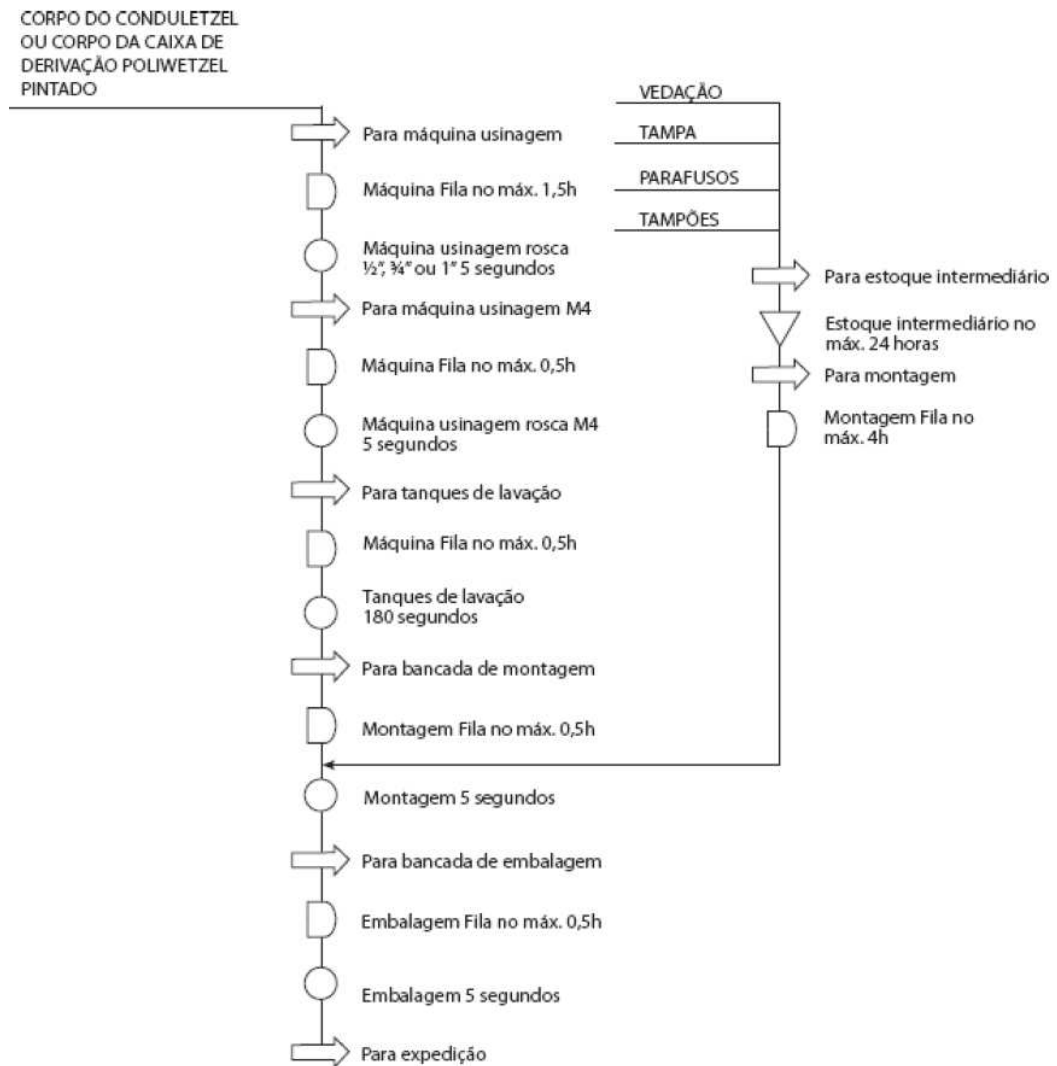
Figura 6 - Simbologia adotada pela norma ANSI Y15.3M-1979

| | NOME | AÇÃO | EXEMPLOS |
|---|---------------|-------------------------|-------------------------------|
|  | Operação | Agrega valor | Corte, pintura, embalagem,... |
|  | Espera/Atraso | Atraso/retenção | Fila |
|  | Estocagem | Armazenamento formal | Depósito, "pulmão",... |
|  | Transporte | Movimenta itens | Esteira, guindaste, corda,... |
|  | Inspeção | Verifica defeitos | Insp. visual, dimensional,... |
|  | Manuseio* | Transfere ou classifica | Colocação na esteira,... |
|  | Montagem* | Operação dedicada | Montagem |

Fonte: Neumann e Scalice, 2015

Na Figura 6, pode-se conhecer a norma ANSY Y15.3M-1979, onde cada símbolo representa uma etapa do processo, como operação, transporte, inspeção, manuseio, etc.

Figura 7 - Exemplo de Diagrama de Processo



Fonte: Neumann e Scalice, 2015

As etapas de um processo por completo estão ilustradas na Figura 7, onde pode-se observar também que um sub processo é incluído no meio do processo principal.

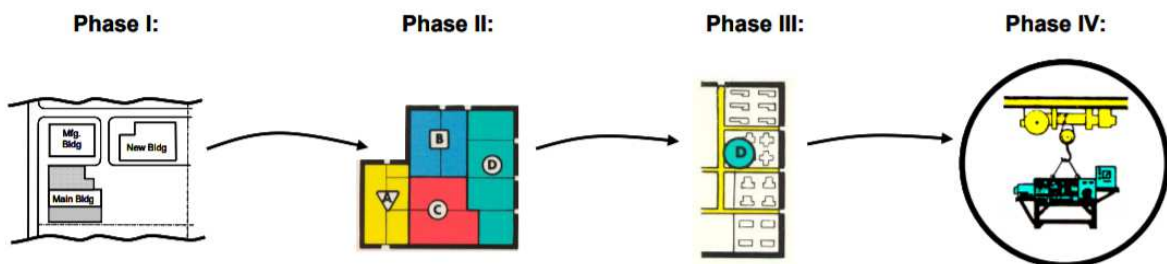
Para implementar uma mudança de layout, considerando todos os tipos de arranjos e utilizando ferramentas para tal, há a necessidade de planejamento das atividades, conforme descrito no tópico posterior.

2.6 Planejamento Sistemático de Layout

O planejamento sistemático de layout ou System Layout Planning (SLP), é uma metodologia desenvolvida por Richard Muther (1913-2014) com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão referente ao projeto de layout.

Muther e Hales, 2015 afirmam que o planejamento de layout consiste em quatro fases (Figura 8):

Figura 8 - As quatro fases do SLP de Richard Muther e Hales



Fonte: Muther e Hales, 2015

Para melhor compreender estas fases, tem-se uma melhor descrição:

Local: Definir se o layout ou re-layout será projetado para a mesma área que está sendo feita a produção atual ou se será em um novo local.

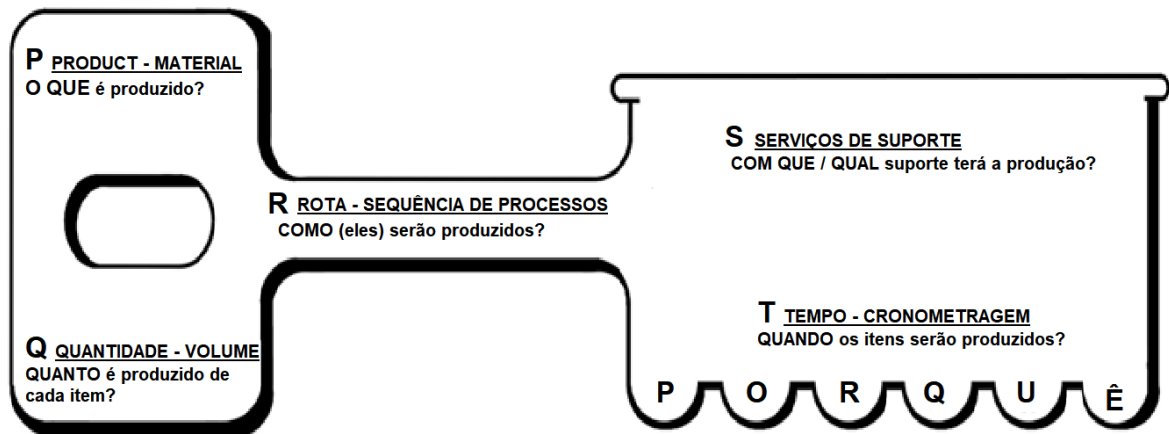
Arranjo físico geral: estabelecer o arranjo geral das áreas a serem apresentadas relacionando uma área com a outra.

Arranjo físico detalhado: localizar o espaçamento de cada máquina ou equipamento em específico incluindo utilitários e serviços.

IV. Implantação: realizar as instalações planejadas anteriormente.

Para a realização dessas quatro fases, os autores enfatizam que é necessário analisar os dados iniciais que são fundamentais para resolver os problemas de layout. Eles chamam esses dados iniciais de chave PQRST (Figura 9), onde P é o produto; Q é a quantidade, R é o roteiro, S é o suporte e T é o tempo.

Figura 9 - A chave PQRST de Muther e Hales



Fonte: Adaptado de Muther e Hales, 2015

Na chave, ilustrada na Figura 9, pode-se observar a correlação das quatro fases do SLP de Muther e Hales com a ferramenta 5W2H: What (o quê), When (quando), Who (quem), Where (onde), Why (por que), How (como) e Howmuch (quanto).

2.7 Padrão de Procedimentos SLP

Para a realização das fases dois e três (arranjo físico geral e arranjo físico detalhado, respectivamente), Muther e Hales (2015) definiram um padrão dos procedimentos que devem ser seguidos, descritos em cinco passos como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Os cinco passos do SLP

| Passo | Descrição | Possíveis ferramentas |
|-------|---|-----------------------------------|
| 1 | Analisar os fluxos de produtos ou recursos | Diagrama de – para |
| 2 | Identificar e incluir fatores qualitativos | Diagrama de afinidades |
| 3 | Avaliar os dados e arranjo de áreas de trabalho | Diagrama de arranjo de atividades |
| 4 | Determinar o plano de arranjo de espaço | Diagrama de relações de espaços |
| 5 | Ajustar o Arranjo no espaço disponível | Planta do local e modelos |

Fonte: Adaptado Corrêa e Corrêa, 2012

Esses cinco passos resumidos na Tabela 2 serão melhor descritos nos tópicos a seguir.

2.7.1 Diagrama DE – PARA

O diagrama de – para é estruturado de maneira que a primeira coluna é exatamente igual a primeira linha para que possa ser analisado em valores numéricos o fluxo de um local para o outro e vice-versa. Um exemplo está ilustrado na Figura 10, já o total de fluxo entre pares de setores está ilustrado na Tabela 3.

Figura 10 - Diagrama 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 |

Fonte: Corrêa e Corrêa (2012)

Tabela 3 - Prioridade de Proximidade

| Descrição | Vogal |
|-----------------|-------|
| Absoluta | A |
| Excepcional | E |
| Importante | I |
| Ordinária | O |
| Sem importância | U |
| Distante | X |

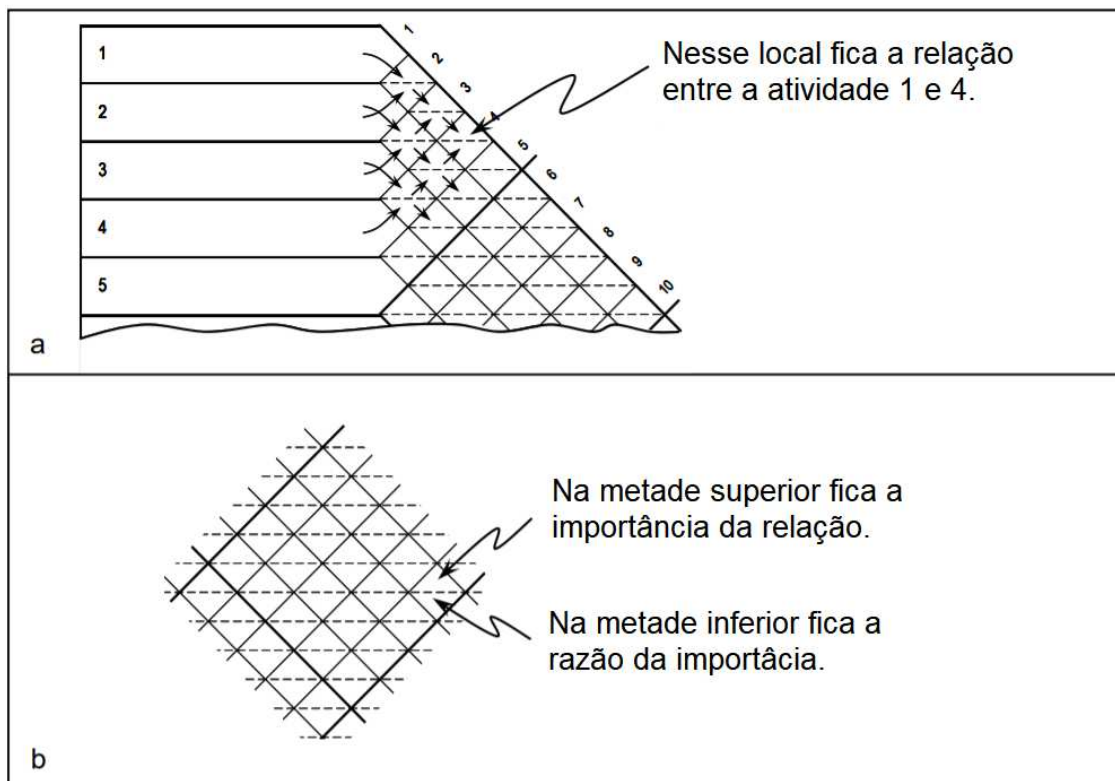
Fonte: Adaptado Neumann e Scalice, 2015

Com a Figura 10, pode-se observar que o fluxo do recebimento/despacho para o armazém (2000) é somado ao fluxo do armazém para o recebimento/despacho (1600), o que faz aumentar a importância de proximidade entre esses dois setores, já a importância de proximidade é classificada por letras. Esse tipo de classificação, representada na Tabela 3, também será utilizado no diagrama de afinidades, passo dois segundo Corrêa e Corrêa, a seguir.

2.7.2 Diagrama de Afinidades

O diagrama de afinidades relaciona todas as atividades do processo. É estruturado na forma de uma matriz triangular, onde as interseções entre linhas de atividades (Figura 11) registram as afinidades entre as mesmas. Essas afinidades são de acordo com as vogais apresentadas na Tabela 3 acima. Um exemplo desse diagrama está ilustrado na Figura 12 (NEUMANN E SCALICE, 2015).

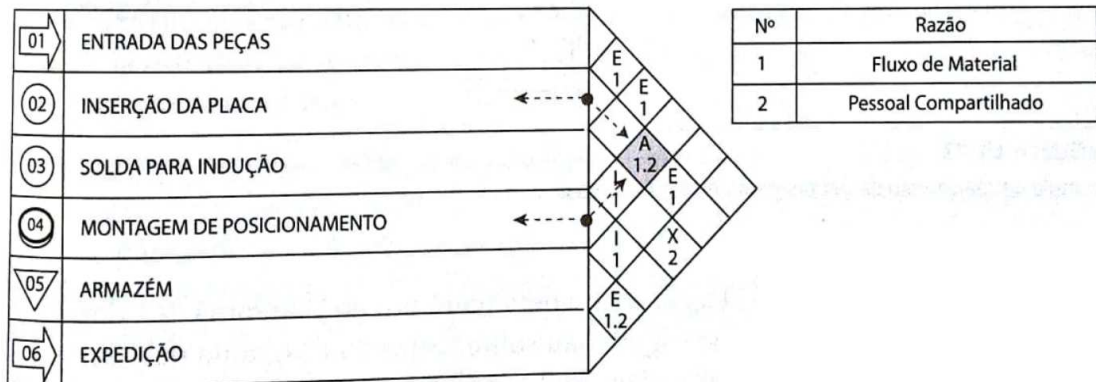
Figura 11 - Diagrama de afinidades



Fonte: Muther e Hales, 2015

Na Figura 11 a, acima pode-se perceber como as atividades se relacionam e na Figura 11 b, pode-se perceber a importância da relação e a razão da importância.

Figura 12 - Exemplo do Diagrama de Afinidades



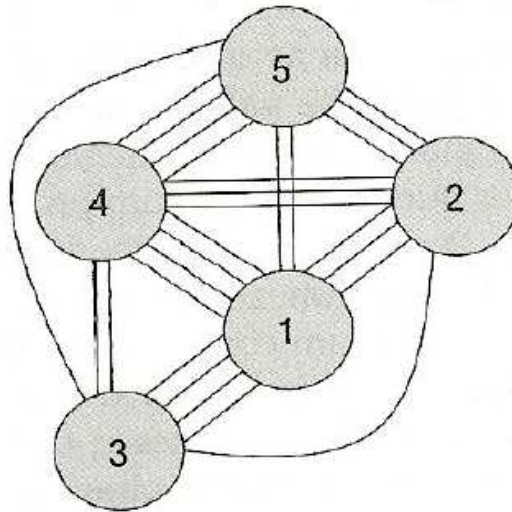
Fonte: Neumann e Scalice, 2015

Observando o diagrama de afinidades na Figura 12, vê-se que a prioridade de proximidade entre as atividades dois e quatro é absoluta por motivos de fluxo de material e compartilhamento pessoal

2.7.3 Diagrama de Arranjo de Atividades

O diagrama de arranjo de atividades, que para Corrêa e Corrêa deve ser realizado no quarto passo, auxilia a determinar o plano de arranjo de espaço. Esse diagrama (Figura 13) envolve a conexão das atividades por um determinado número de linhas, isto é, quanto mais linhas, mais forte a relação de proximidade entre setores (MUTHER e HALES, 2015).

Figura 13 - Exemplo de diagrama de arranjo de atividades



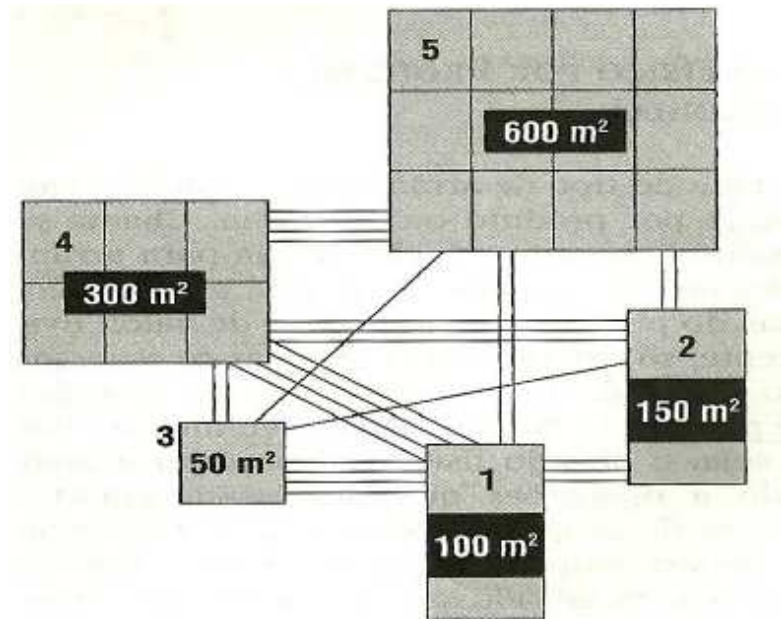
Fonte: Corrêa e Corrêa, 2012

No exemplo ilustrado na Figura 13 pode-se observar que entre a atividade um e quatro e entre a atividade um e três, a prioridade de proximidade é absoluta. Entre a atividade um e dois, a prioridade de proximidade é excepcional. Entre a atividade um e cinco é importante, porém a prioridade entre cinco e três é ordinária e assim por diante.

2.7.4 Diagrama de Relações de Espaços

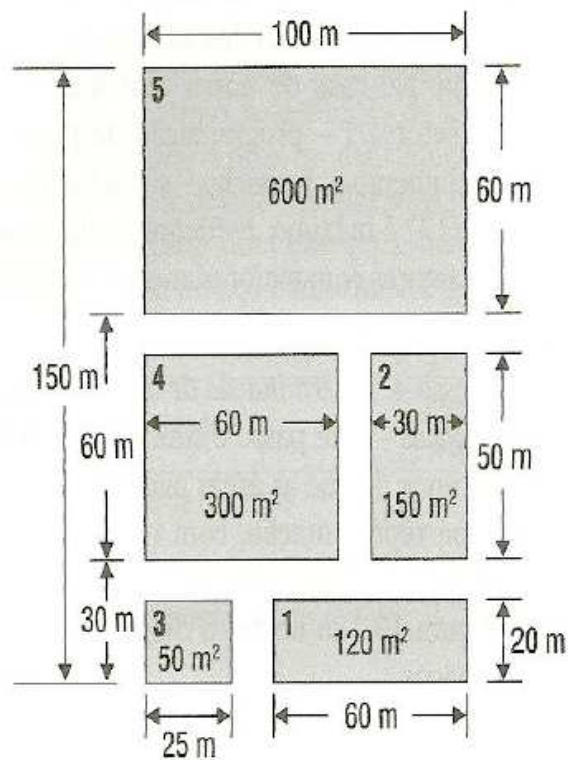
O diagrama de relações de espaços é semelhante ao diagrama de arranjo de atividades. Também utiliza as linhas para unir as atividades de acordo com a prioridade de proximidade, porém deve-se plotar as áreas de cada setor em escala, como ilustra a figura 14, para melhor visualização e facilitar os ajustes que serão feitos posteriormente (Figura 15).

Figura 14 - Diagrama de relações de espaço



Fonte: Corrêa e Corrêa, 2012

Figura 15 - Ajustes no diagrama de relações de espaço



Fonte: Corrêa e Corrêa, 2012

O diagrama de espaços representado na Figura 14 é de fundamental importância para realizar os ajustes no diagrama de relações de espaço (Figura 15).

3 METODOLOGIA

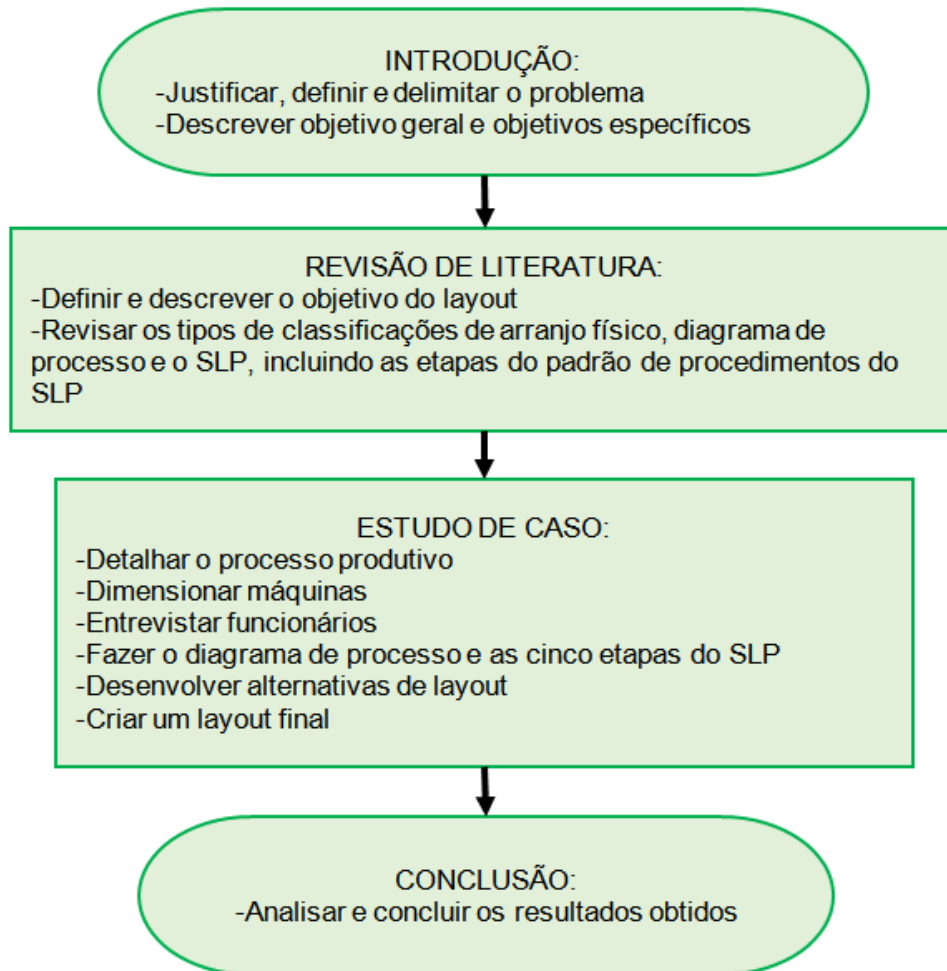
A natureza do presente trabalho classifica-se como pesquisa exploratória, pois foi feito o referencial teórico e foram realizadas entrevistas com os funcionários que possuem experiências práticas na empresa. Segundo Turrioni e Mello (2012), pesquisa do tipo exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema e a construir hipóteses envolvendo levantamento bibliográfico e exemplos que estimulam a compreensão.

Quanto a forma de abordar o problema, é classificado como pesquisa qualitativa, pois a autora tende a analisar os dados indutivamente. De acordo com Turrioni e Mello, 2012 na pesquisa qualitativa o pesquisador é o instrumento-chave e além de não requerer o uso de métodos e técnicas estatísticas, utiliza o ambiente natural como fonte direta para coleta de dados.

Já o procedimento teórico da pesquisa é classificado como estudo de caso, pois consiste no estudo detalhado do processo de uma empresa específica. Turrioni e Mello, 2012 definem estudo de caso como sendo um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

O trabalho foi dividido em quatro etapas (Figura 16), as quais foram subdivididas conforme as necessidades.

Figura 16 - Etapas do Trabalho



Fonte: Autoria própria

As etapas do estudo de caso (terceiro passo ilustrado na Figura 16) foram divididas em:

- Detalhe do processo produtivo: entendeu-se as etapas do processo de produção e representou-se esquematicamente com um fluxograma para melhor entendimento do fluxo de materiais e pessoas
- Dimensionamento das máquinas: mediu-se as máquinas utilizando uma trena de cinco metros de comprimento
- Entrevista de funcionários: questionou-se para melhor entendimento do processo, sanou-se as dúvidas e obteve-se sugestões de melhorias com pessoas que trabalham na empresa

- Diagrama de processo e as cinco etapas do SLP: fez-se o diagrama de processos descrito no item 2.4 e as cinco etapas do SLP resumidas na Tabela 2.
- Alternativas de layout: desenvolveu-se duas opções de layout, apresentou-se aos responsáveis pela empresa e ouviu-se as sugestões deles.
- Criação do layout final: escolheu-se qual o layout era o mais favorável ao sistema de produção e alterou-se de acordo com as sugestões de melhorias feitas pelos responsáveis da empresa.
- Conclusão: fez-se a análise e a discussão dos resultados.

4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o estudo de caso, bem como a análise e os resultados obtidos.

4.1 Caracterização da empresa

A empresa em estudo foi criada em 2011 com o objetivo de realizar serviços de usinagem, tornearia e solda. Seus clientes são empresas frigoríficas de abate de bovinos distribuídas por todo Brasil.

Em seu mix de produtos, encontram-se: carretilhas para abate de bovino, carretilhas para esfolagem de bovinos, separadores de caixas, bandejas long Box, pallets, ganchos, racks metálicos, separadores de racks, cestos e ganchos tipo S.

Atualmente, a estrutura organizacional da empresa conta com treze colaboradores divididos nos seguintes setores:

- Administrativo (três colaboradores),
- Entrega (dois colaboradores),
- Produção (oito colaboradores).

A empresa está localizada no estado de São Paulo em uma área de aproximadamente 200 m², sendo que esse espaço é alugado. Com o aumento da produção e a vontade de ter um espaço próprio, uma nova empresa está sendo construída em uma área de aproximadamente 600 m².

A jornada de trabalho da fábrica é de oito horas nos dias da semana e quatro horas nos sábados, totalizando quarenta e quatro horas semanais.

4.2 Inventário

Para a produção e reforma das carretilhas frigoríficas de esfolia, a empresa possui dezenove máquinas descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Inventário das Máquinas

| Número | Descrição | Medidas (m x m) |
|---------------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | Prensa excêntrica 40 ton | 1,00 x 1,40 |
| 2 | Prensa excêntrica 20 ton | 1,00 x 1,30 |
| 3 | Furadeira 1 | 0,50 x 0,80 |
| 4 | Furadeira 2 | 1,15 x 1,40 |
| 5 | Prensa horizontal | 1,60 x 0,60 |
| 6 | Prensa saca pino 1 | 0,65 x 1,15 |
| 7 | Prensa saca pino 2 | 0,90 x 1,10 |
| 8 | Esmeril fixo | 0,55 x 1,35 |
| 9 | Rebitadeira | 0,70 x 0,80 |
| 10 | Máquina de Solda 1 | 0,95 x 0,55 |
| 11 | Máquina de Solda 2 | 1,15 x 0,50 |
| 12 | Esmeril | 0,30 x 0,40 |
| 13 | Torno 1 | 0,90 x 1,82 |
| 14 | Torno 2 | 0,85 x 2,72 |
| 15 | Torno 3 | 0,76 x 2,76 |
| 16 | Prensa horizontal engrenada | 0,43 x 1,55 |
| 17 | Prensa excêntrica 80 ton | 1,90 x 1,30 |
| 18 | Policorte | 0,70 x 4,00 |
| 19 | Maçarico | - |

Fonte: Autoria própria

As medidas descritas na segunda coluna da tabela 4 foram obtidas utilizando uma trena de cinco metros de comprimento. O maçarico não foi medido, pois não estava disponível na empresa no momento das medições. Porém é um item de dimensões menores e mais leve, que pode ser colocado e retirado de um local em instantes (diferente das máquinas maiores, que são pesadas e de difícil locomoção).

4.3 Descrição do processo produtivo

Para análise do processo produtivo fez-se o Diagrama de Processo descrito no item 2.5.

O diagrama de processo foi dividido em seis etapas, sendo cinco etapas dos componentes e uma etapa da montagem do produto final. O diagrama de processo dos componentes 1, 2, 3, 4 e 5 estão ilustrados nas Figuras 17, 18, 19, 20 e 21, respectivamente e o digrama de processo da montagem está ilustrado na Figura 22.

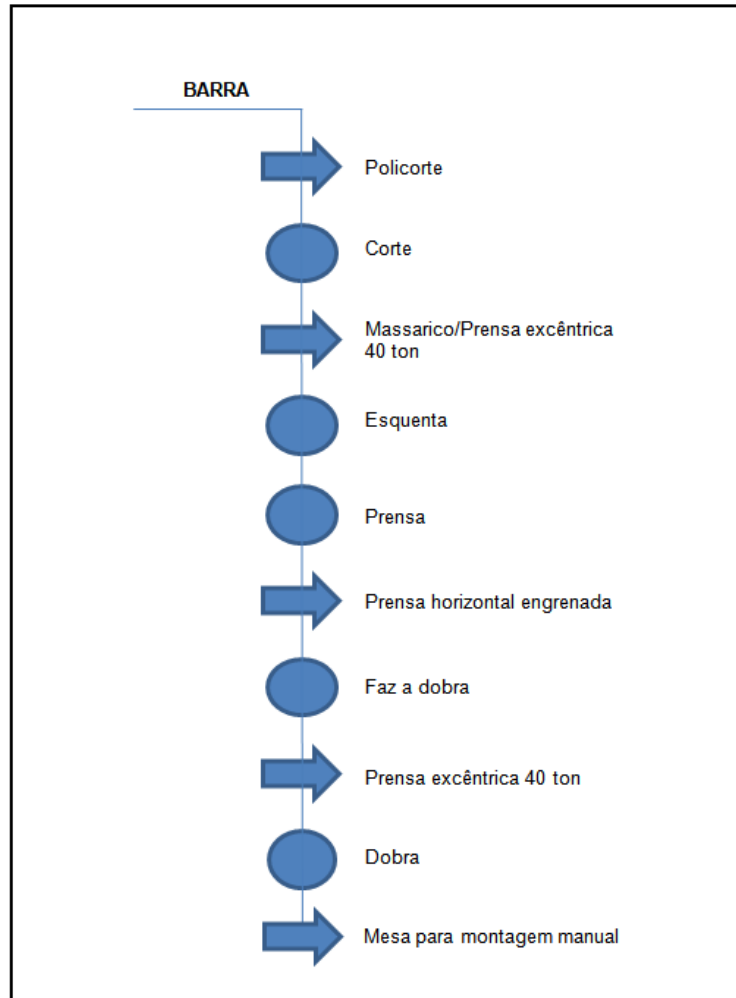
Figura 17 - Diagrama de Processo do Componente 1



Fonte: Autoria própria

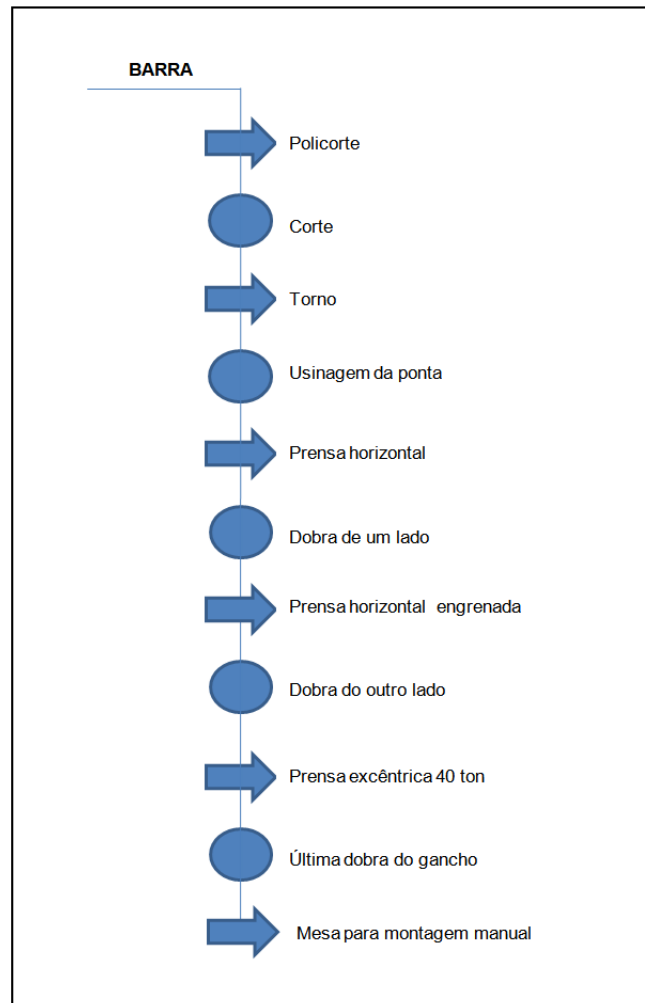
A fabricação do componente 1 é considerada a que possui maior ruído, pois como matéria prima se utilizam barras espessas que precisam de força de prensagem maior. São necessários 2 operadores para realizar esse processo.

Figura 18 - Diagrama de Processo do Componente 2



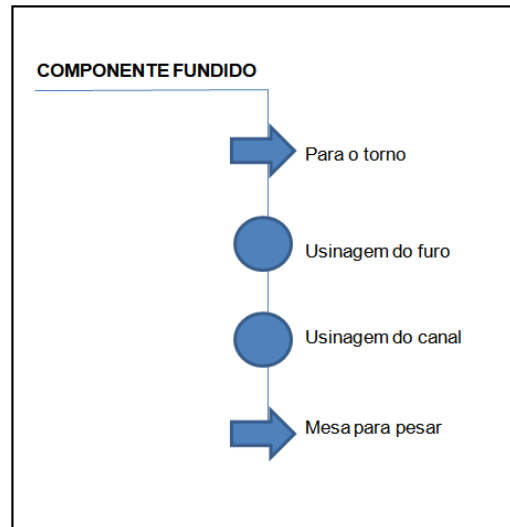
Fonte: Autoria própria

Na produção do componente 2, há também a realização de força de prensagem, sendo considerado em segundo lugar de riscos físicos, estando presente alto nível de ruído e calor, este, devido ao uso do maçarico. É necessário somente um operador para a realização desse processo, porém, normalmente um operador faz a primeira etapa (utilizando a prensa excêntrica 40 ton e o maçarico) e outro operador faz a segunda etapa (prensa horizontal engrenada).

Figura 19 - Diagrama de Processo do Componente 3

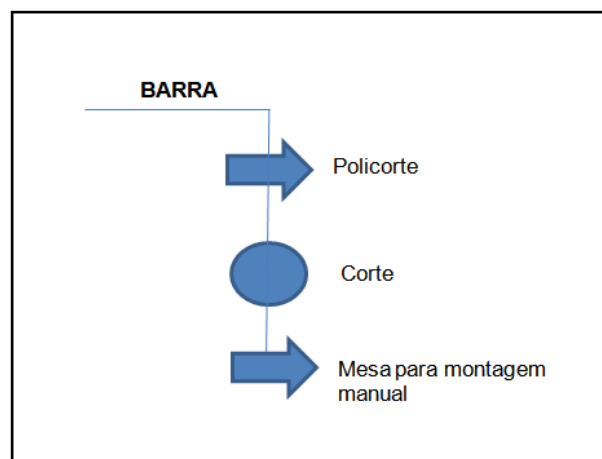
Fonte: Autoria própria

Nesse processo, observa-se a dificuldade do operador ao realizar a usinagem da ponta do componente. Acredita-se que é possível melhorar parte desse processo automatizando e investindo em maquinário mais atual. Devido à quantidade de etapas, costuma-se fabricar esse componente em 2 ou 3 operadores.

Figura 20 - Diagrama de Processo do Componente 4

Fonte: Autoria própria

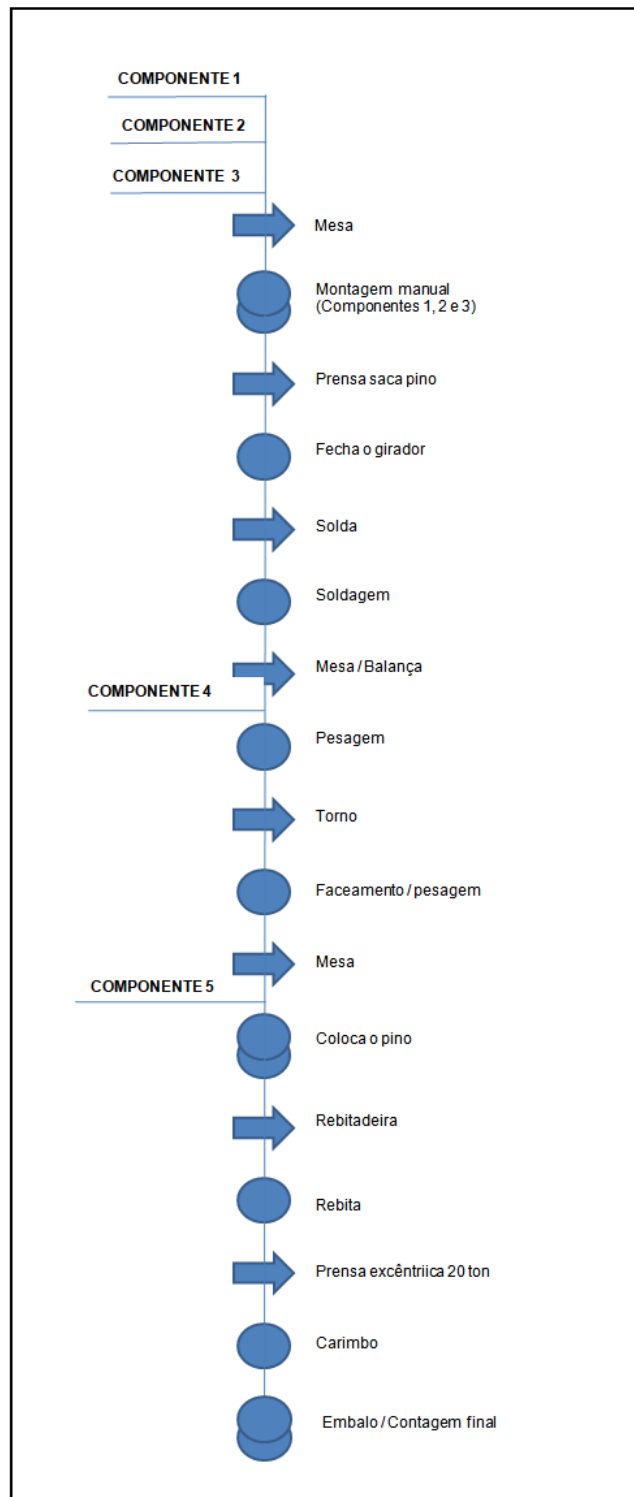
A primeira etapa do componente 4 é considerada mais prática pois não gera muito ruído nem calor. Porém, nessa etapa gera pó de ferro e cavaco de usinagem. Esse componente será usinado novamente no processo de montagem, pois é com ele que o operador irá balancear o peso do produto final. Um operador consegue realizar essa etapa inteira, porém como o volume é grande, normalmente realiza-se o processo completo em dois operadores, isto é, cada um em uma máquina realizando o processo por inteiro.

Figura 21 - Diagrama de Processo do Componente 5

Fonte: Autoria própria

O processo descrito na Figura 21 é o mais simples e mais rápido, porém é barulhento, gera muito pó de ferro e requer espaço grande, pois a matéria prima vem do fornecedor em barra de 7 metros. É necessário somente um operador para realizar essa etapa.

Figura 22 - Diagrama de Processo da Montagem do Produto Final



Fonte: Autoria própria

Devido a quantidade de etapas, o processo de montagem completo costuma ser realizado por pelo menos 5 colaboradores, dividindo o serviço em:

- Montagem manual + fechamento do girador
- Soldagem
- Pesagem
- Faceamento/pesagem
- Colocar pino manualmente + rebitar

As atividades de carimbo e embalo final são realizadas pelo colaborador que fez a primeira etapa da montagem (montagem manual + fechamento do girador).

4.4 Matriz de habilidades

Para melhor visualização da divisão das atividades desenvolvidas, fez-se uma matriz de habilidades simples dos operadores (Tabela 5).

A matriz consiste em uma lista das máquinas disponíveis na empresa detalhada na primeira coluna e uma lista de colaboradores da empresa detalhado na primeira linha. Um “x” na intersecção da coluna com a linha significa que o operador “y” tem a habilidade para operar a máquina “z”.

Tabela 5 - Matriz de habilidades dos operadores

| | Operador 1 | Operador 2 | Operador 3 | Operador 4 | Operador 5 | Operador 6 | Operador 7 | Operador 8 |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Prensas excêntricas 40 ton e 20 ton | x | | x | | | | | X |
| Furadeiras 1 e 2 | x | | x | | | | | X |
| Prensa horizontal | x | | x | | | | | X |
| Prensa saca pino 1 e 2 | x | x | x | x | | x | | X |
| Balança | | | | x | | | | |
| Rebitadeira | x | x | x | x | | | | |
| Máquina de Solda 1 e 2 | | X | | | | | | X |
| Tornos | | | | | x | x | x | |
| Prensa horizontal engrenada | x | | x | | | | | X |
| Prensa excêntrica 80 ton | x | x | | | | | | |
| Policorte | | | x | | | | | X |
| Maçarico | | | x | | | | | |

Fonte: autoria própria

A matriz de habilidades pode ser compreendida observando a interseção das linhas com as colunas. Por exemplo: O operador 5 consegue exercer as atividades desenvolvidas em qualquer torno, já o operador 6 consegue desenvolver as atividades em qualquer torno e nas prensas saca pino.

4.5 Aplicação do método SLP

Para aplicar o método SLP, seguiu-se os cinco passos descritos na Tabela 2 (Página 26).

4.5.1 Diagrama de-para

Para a análise e compreensão das movimentações dos componentes, fez-se o Diagrama de-para dos componentes 1, 2 e 3 (Tabela 6, 7 e 8, respectivamente). Como os componentes 4 e 5 são processados somente no torno e na policorte, por essa ordem, não foi necessário realizar o diagrama de-para dos mesmos.

No diagrama de-para considerou-se o número “1” referindo-se a um lote de produção que se movimenta de uma máquina para a outra máquina, ou seja, tanto faz se o lote é de trezentas carretilhas ou três mil carretilhas.

Tabela 6 - Diagrama de-para do Componente 1

| | Prensa excêntrica 40 ton | Furadeira | Prensa horizontal | Prensa excêntrica 80 ton | Mesa para montagem manual |
|---|--------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|---------------------------|
| Prensa excêntrica 40 ton | - | 1 | | | 1 |
| Furadeira | 1 | - | | | |
| Prensa horizontal | 1 | | - | | |
| Prensa excêntrica 80 ton | | | 1 | - | |
| Mesa para montagem manual | | | | | - |
| Prensa excêntrica 40 ton e Furadeira: | | | | | 2 |
| Prensa horizontal e Prensa excêntrica 40 ton: | | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 80 ton e Prensa horizontal: | | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 40 ton e mesa: | | | | | 1 |

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 6 é possível observar que são necessárias 5 movimentações para manufaturar o Componente 1, e que as máquinas que se relacionam mais de uma vez são a prensa excêntrica 40 ton e a furadeira.

Tabela 7 - Diagrama de-para do Componente 2

| | Prensa excêntrica 40 ton | Prensa horizontal engrenada | Policorte | Mesa para montagem manual |
|---|--------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|
| Prensa excêntrica 40 ton | - | 1 | | 1 |
| Prensa horizontal engrenada | 1 | - | | |
| Policorte | 1 | | - | |
| Mesa para montagem manual | | | | - |
| Prensa excêntrica 40 ton e Prensa horizontal engrenada: | | | | 2 |
| Prensa excêntrica 40 ton e mesa para montagem: | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 40 ton e Policorte: | | | | 1 |

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 7 é possível observar que são necessárias 4 movimentações para a manufatura do Componente 2 e que as máquinas que se relacionam duas vezes são a prensa excêntrica 40 ton e a prensa horizontal engrenada.

Tabela 8 - Diagrama de-para do Componente 3

| | Prensa excêntrica 40 ton | Prensa horizontal | Torno | Prensa horizontal engrenada | Policorte | Mesa para montagem manual |
|---|--------------------------|-------------------|-------|-----------------------------|-----------|---------------------------|
| Prensa excêntrica 40 ton | - | | | | | 1 |
| Prensa horizontal | | - | | 1 | | |
| Torno | | 1 | - | | | |
| Prensa horizontal engrenada | 1 | | | - | | |
| Policorte | | | 1 | | - | |
| Mesa para montagem manual | | | | | | - |
| Prensa horizontal e Prensa horizontal engrenada: | | | | | | 1 |
| Torno e Prensa horizontal: | | | | | | 1 |
| Prensa horizontal engrenada e Prensa excêntrica 40 ton: | | | | | | 1 |
| Policorte e Torno: | | | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 40 ton e Mesa (Componentes 1, 2 e 3): | | | | | | 1 |

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 8 pode-se observar que as máquinas se relacionam somente uma vez no Diagrama de-para do Componente 3.

Fez-se também o diagrama de-para da Montagem (Tabela 9) e um diagrama de-para geral (Tabela 10), isto é, juntaram-se os diagramas dos componentes 1, 2, 3 e montagem para que pudesse fazer uma análise macro do processo de manufatura.

Tabela 9 - Diagrama de-para do Processo de Montagem

| | Prensa excêntrica 20 ton | Prensa saca pino | Rebitadeira | Máquina de Solda | Torno | Balança | Mesa (Componentes 1, 2 e 3) | Mesa (Componente 5) |
|--|--------------------------|------------------|-------------|------------------|-------|---------|-----------------------------|---------------------|
| Prensa excêntrica 20 ton | - | | | | | | | |
| Prensa saca pino | | - | | 1 | | | | |
| Rebitadeira | 1 | | - | | | | | |
| Máquina de Solda | | | | - | | 1 | | |
| Torno | | | | | - | | | 1 |
| Balança | | | | | 1 | - | | |
| Mesa (Componentes 1, 2 e 3) | | 1 | | | | | - | |
| Mesa (Componente 5) | | | 1 | | | | | - |
| Prensa saca pino e MIG: | | | | | | | | 1 |
| Rebitadeira e Prensa excêntrica 20 ton: | | | | | | | | 1 |
| MIG e balança: | | | | | | | | 1 |
| Torno e mesa (pino): | | | | | | | | 1 |
| Balança e torno: | | | | | | | | 1 |
| Mesa (Componentes 1,2 e 3) e prensa saca pino: | | | | | | | | 1 |
| Mesa (Componente 5) e rebitadeira: | | | | | | | | 1 |

Fonte: Autoria Própria

No diagrama de-para da montagem (Tabela 9), as máquinas também se relacionam somente uma vez.

Tabela 10 - Diagrama de-para geral

| | Prensa excêntrica 40 ton | Prensa excêntrica 20 ton | Furadeira | Prensa horizontal | Prensa saca pino verde | Esmeril fixo | Rebitadeira | Máquina de Solda eletrodo | Máquina de Solda MIG | Esmeril | Torno | Prensa horizontal engrenada | Prensa excêntrica 180 ton | Policorte | Mesa (Componentes 1, 2 e 3) | Mesa (Componente 5) | Balança |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------|-------------------|------------------------|--------------|-------------|---------------------------|----------------------|---------|-------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|---------|
| Prensa excêntrica 40 ton | - | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| Prensa excêntrica 20 ton | | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| Furadeira | 1 | | - | | | | | | | | | | | | | | |
| Prensa horizontal | 1 | | | - | | | | | | | | 1 | | | | | |
| Prensa saca pino verde | | | | | - | | | 1 | | | | | | | | | |
| Esmeril fixo | | | | | | - | | | | | | | | | | | |
| Rebitadeira | 1 | | | | | | - | | | | | | | | | | |
| Máquina de Solda eletrodo | | | | | | | | - | | | | | | | | | |
| Máquina de Solda MIG | | | | | | | | | - | | | | | | | | 1 |
| Esmeril | | | | | | | | | | - | | | | | | | |
| Torno | | | | 1 | | | | | | | - | | | | | | |
| Prensa horizontal engrenada | 2 | | | | | | | | | | | - | | | | | |
| Prensa excêntrica 180 ton | | | | 1 | | | | | | | | | - | | | | |
| Policorte | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | - | | | |
| Mesa (Componentes 1, 2 e 3) | | | | | 1 | | | | | | | | | | - | | |
| Mesa (Componente 5) | | | | | | | 1 | | | | | | | | | - | |
| Balança | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | - |
| Prensa excêntrica 40 ton e Furadeira: | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Prensa horizontal e Prensa excêntrica 40 ton: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 80 ton e Prensa horizontal: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Prensa horizontal e Prensa horizontal engrenada: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Torno e Prensa horizontal: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Prensa horizontal engrenada e Prensa excêntrica 40 ton: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Policorte e Torno: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Prensa excêntrica 40 ton e Prensa horizontal engrenada: | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Prensa excêntrica 40 ton e mesa para montagem: | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| Policorte e prensa excêntrica 40 ton: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Prensa saca pino e MIG: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Rebitadeira e Prensa excêntrica 20 ton: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| MIG e balança: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Torno e mesa (Componente 5): | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Balança e torno: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Mesa (Componentes 1,2 e 3) e prensa saca pino: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Mesa (Componente 5) e rebitadeira: | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Fonte: Autoria Própria

A distribuição das letras, na parte superior de cada retângulo da Figura acima foi feita conforme a relação de proximidade descrita na Tabela 3 no item 2.7.1.

Por sua vez, os números na parte inferior de cada retângulo, estão também na Tabela 11, abaixo, indicando a justificativa da proximidade das máquinas.

Tabela 11- Razão de proximidade do Diagrama de Afinidades

| Nº | Razão |
|----|---|
| 1 | Relaciona-se uma vez no Diagrama de-para |
| 2 | Relaciona-se duas vezes no Diagrama de-para |
| 3 | Relaciona-se três vezes no Diagrama de-para |
| 4 | Máquinas totalmente dependentes: se uma não estiver ao lado da outra é impossível realizar o processo |
| 5 | Apesar de se relacionarem, devem ficar distantes devido a produção de ruídos e pó durante o processo |

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar na Tabela 11 que as razões de proximidades do Diagrama de Afinidades estão relacionadas com a quantidade de vezes que as máquinas se relacionam no Diagrama de-para. Levou-se em consideração também o problema de geração de ruído e de pó.

4.5.3 Diagrama de arranjo de atividades

O Diagrama de arranjo de atividades foi dividido em duas etapas:

- Etapa 1: Diagrama do layout atual
- Etapa 2: Desembaralhamento do layout atual

Essa divisão ocorreu devido à poluição visual da primeira etapa, que estava dificultando o entendimento do fluxo dos processos.

Para diferenciar o fluxo de cada componente, fez-se cada fluxo com cores diferentes, sendo elas:

- Roxo: Componente 1
- Amarelo: Componente 2
- Vermelho: Componente 3
- Verde: Montagem

Visto que os componentes 4 e 5 são processados somente em uma máquina (torno e policorte, respectivamente), estes não foram indicados no Diagrama de arranjo de atividades.

As máquinas foram numeradas conforme a localização atual. Essa numeração está descrita na Tabela 12. Como nessa etapa ainda não se considera o tamanho das máquinas, utilizou-se um único número para representar as máquinas que tem a mesma função. Por exemplo: apesar de cada torno ter um tamanho diferente, todos eles estão representados no diagrama como máquina 11. Outra observação importante é que apesar das máquinas de solda eletrodo e MIG aparecerem na Tabela 12 como 8 e 9, respectivamente, colocou-as no Diagrama como “8/9”.

O Diagrama de arranjo de atividades do layout atual, e o desembaralhamento estão representados nas Figuras 24 e 25, respectivamente.

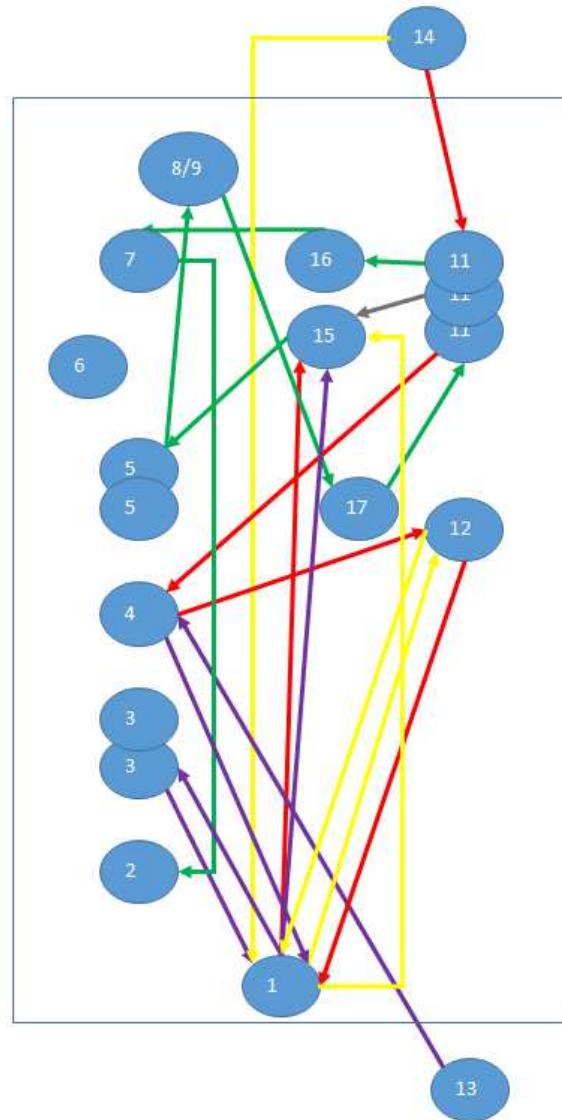
Tabela 12 - Numeração das máquinas

| Número | Máquina |
|---------------|------------------------------------|
| 1 | Prensa excêntrica 40 ton |
| 2 | Prensa excêntrica 20 ton |
| 3 | Furadeira |
| 4 | Prensa horizontal |
| 5 | Prensa saca pino |
| 6 | Esmeril fixo |
| 7 | Rebitadeira |
| 8 | Máquina de Solda eletrodo |
| 9 | Máquina de Solda MIG |
| 10 | Esmeril para afiação de ferramenta |
| 11 | Torno |
| 12 | Prensa horizontal engrenada |
| 13 | Prensa excêntrica 80 ton |
| 14 | Policorte |
| 15 | Mesa (Componente 1+2+3) |
| 16 | Mesa (Componente 5) |
| 17 | Balança |
| 18 | Maçarico |

Fonte: Autoria Própria

Pode-se observar que o esmeril para afiação de ferramenta e maçarico (itens 10 e 18 da Tabela 12), não aparecem no Diagrama de Arranjo de Atividades, visto que o esmeril para afiação de ferramenta deve localizar-se próximo dos tornos e o maçarico deve ficar obrigatoriamente ao lado da prensa de 40 ton.

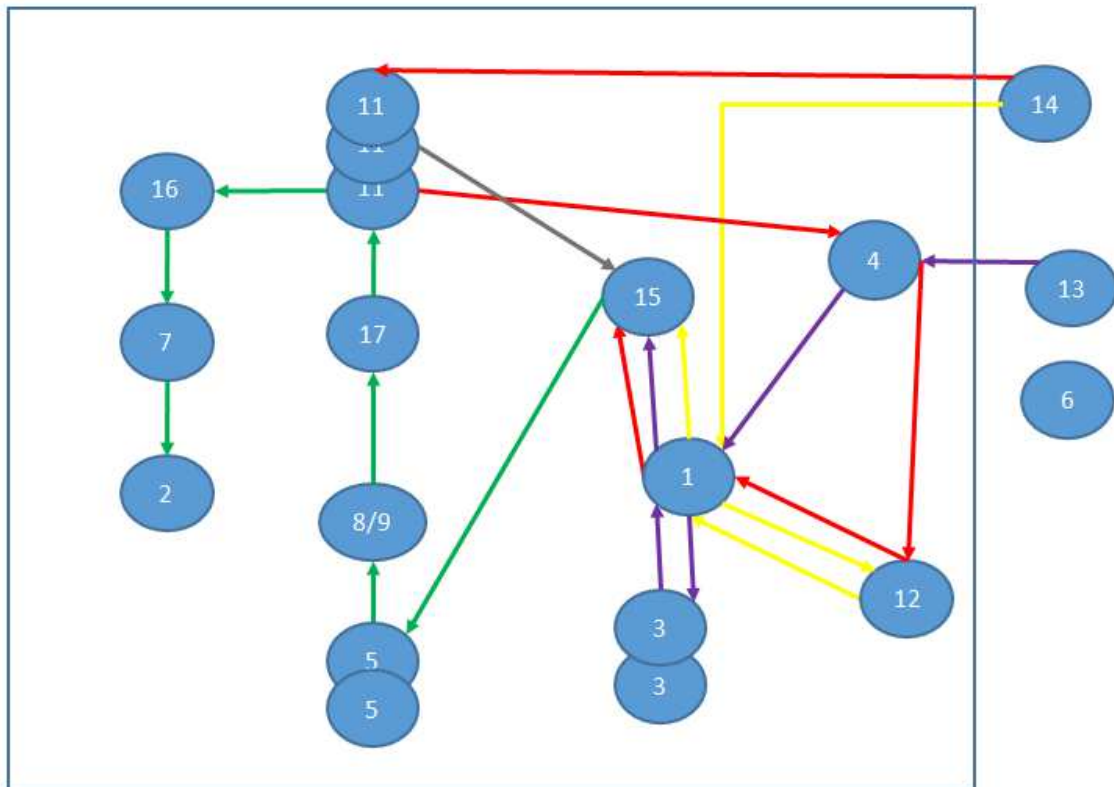
Figura 24 - Diagrama de Arranjo de Atividades do Layout atual



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 24 pode-se observar que a máquina 6 (esmeril fixo) não está incluída no fluxo dos componentes. Isto acontece, pois não é utilizada no processo de fabricação de carretilha nova. Utiliza-se somente na reforma de carretilhas, mas também é raro o uso. Pode-se observar também que algumas máquinas encontram-se no exterior do barracão principal, porém dentro do terreno da empresa. Isso ocorre devido à maior geração de pó e ruídos, mas vale salientar que estão protegidas de fatores externos como chuva e vento, garantindo que tais fatores não venham a danificá-las.

Figura 25 - Desembaralhamento do Diagrama de arranjo de afinidades



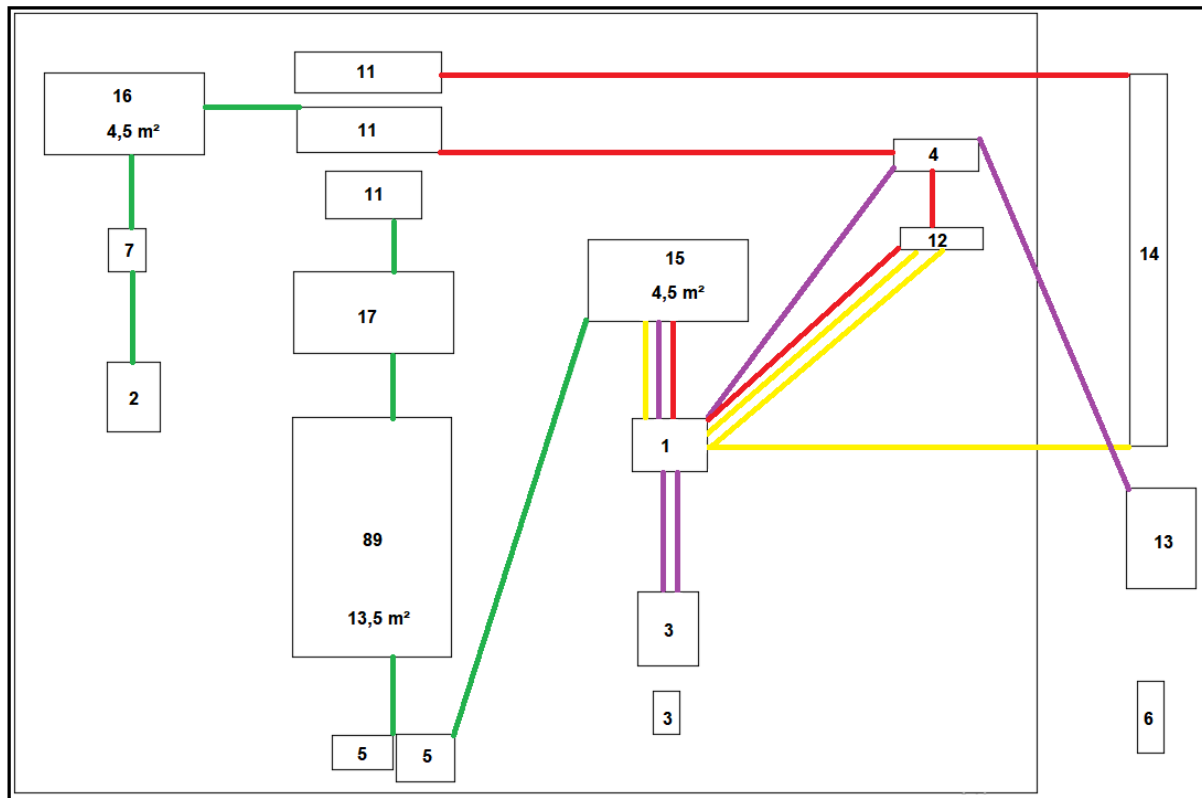
Fonte: Autoria própria

Na Figura 25 pode-se observar que algumas máquinas são utilizadas somente no processo de montagem e que a máquina 1 é a que mais se relaciona com outras máquinas, reforçando a observação do Diagrama de afinidades.

4.5.4 Diagrama de relações de espaços

O diagrama de relações de espaços (Figura 26) foi realizado no programa Autocad 2016. Desenhou-se as dimensões das máquinas conforme foi medido anteriormente e aproximou-se um tamanho para área com mesa para montagem manual de 4,5 m² e área de solda de 13,5 m².

Figura 26 - Diagrama de relações de espaços

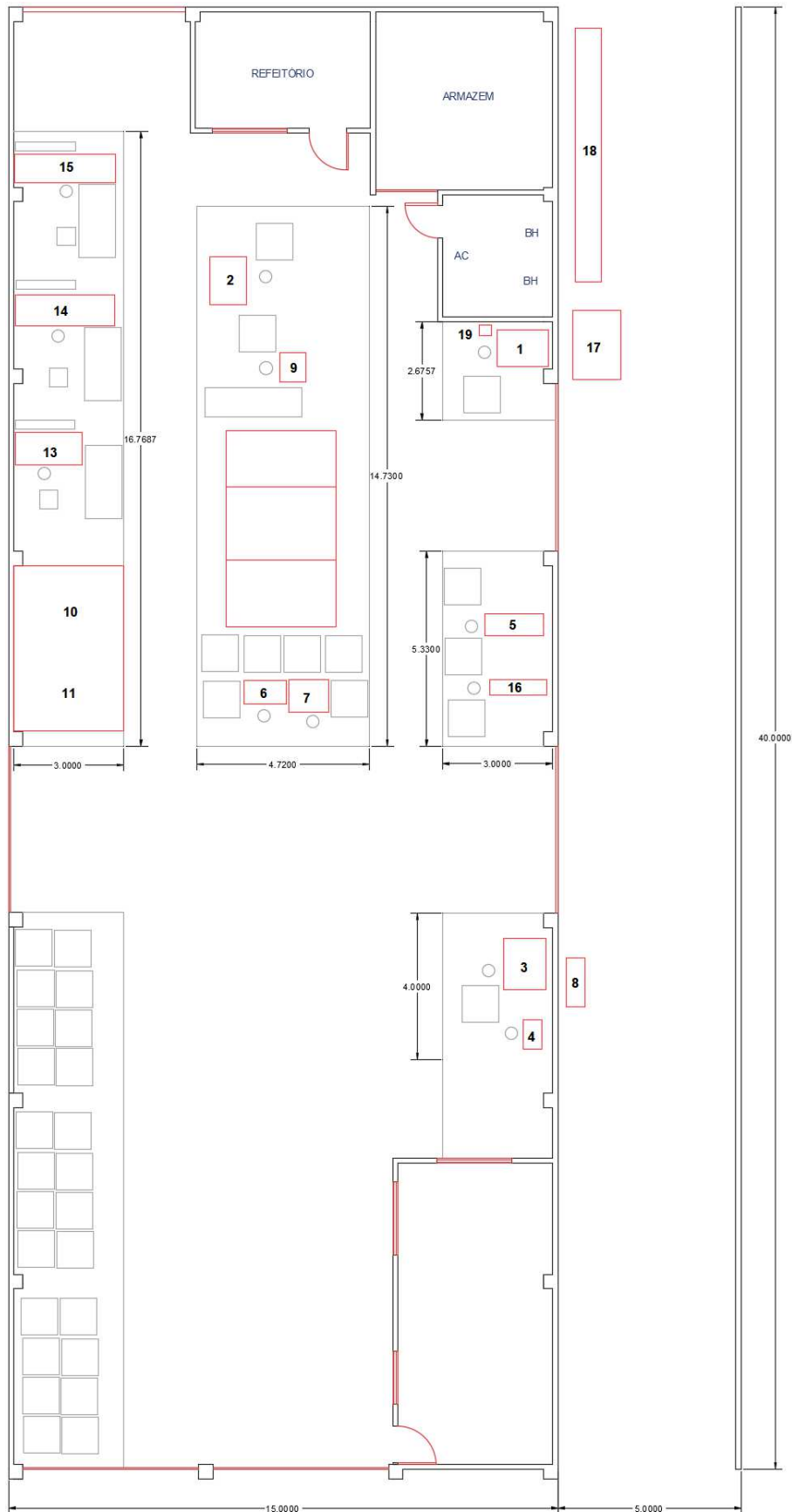


Fonte: Autoria Própria

4.5.5 Sugestão de layout

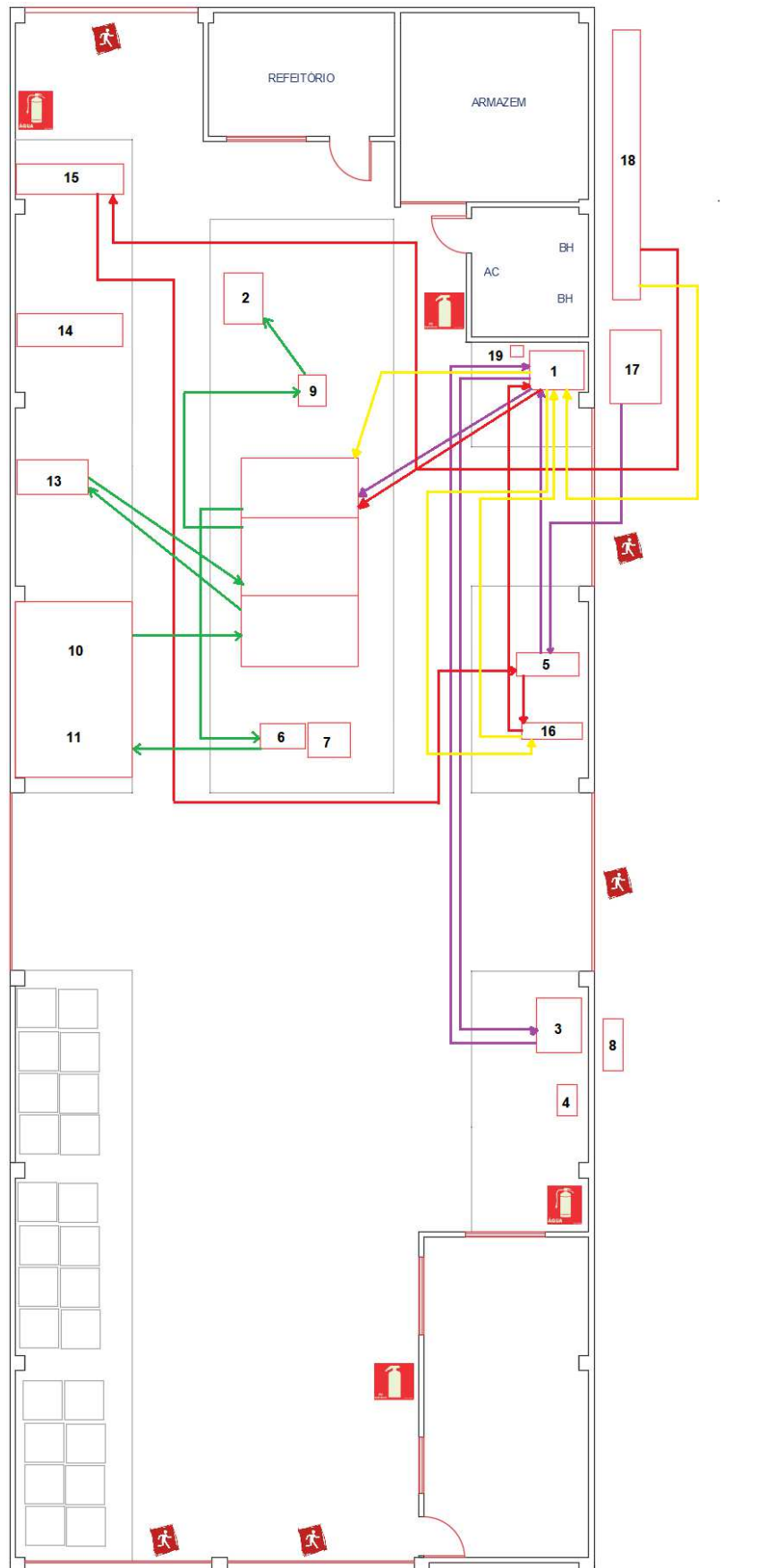
A sugestão de layout foi desenhada utilizando o programa Autocad 2016 e está ilustrada na Figura 27. Pode-se observar que as linhas que representam as paredes são de cor preta, as linhas que representam as máquinas são de cor vermelha. Os círculos cinza representam o posicionamento dos colaboradores, enquanto os quadrados cinza de 1 metro por 1 metro representam os cestos de materiais no posto de trabalho. Os retângulos cinzas representam mesas, e as demais linhas cinza servem para demarcar os postos de trabalho e corredores para passagem de empilhadeira e de pedestres. O Fluxo dos componentes está ilustrado na Figura 28.

Figura 27 - Sugestão de Layout



Fonte: Autoria própria

Figura 28 - Fluxo dos Componentes



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 27 pode-se observar a distribuição das máquinas e operadores na linha de produção. É importante reiterar que as máquinas localizadas no exterior do barracão estão protegidas do sol, vento e intempéries.

A Figura 28 ilustra não somente o Fluxo dos componentes e da montagem, como também indica:

- Saídas de emergência: Cinco portões grandes serão utilizados como saída de emergência. Somente um portão à esquerda que não será utilizado como saída, será utilizado somente como janela de ventilação de ar devido ao desnível do terreno.
- Extintores de incêndio de água pressurizada: indicados para incêndios de classe A (madeira, papel, tecido, materiais sólidos em geral) localizados perto da máquina 4 e perto da máquina 15.
- Extintores de incêndio ABC: extintor em pó, indicado para incêndios de líquidos, gases inflamáveis e equipamentos elétricos. Estão localizados perto da máquina 19 e perto da entrada do escritório.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o objetivo geral de propor um layout para uma empresa que produz e reforma carretilha frigorífica no interior de São Paulo foi alcançado. O Diagrama de Processo foi essencial para a compreensão do processo produtivo atual, bem como a utilização do método SLP foi fundamental para identificar problemáticas do processo (como fluxo cruzado e movimentações desnecessárias), analisar o fluxo de materiais e da produção e a necessidade de proximidade de uma máquina com a outra.

Durante o estudo foi possível considerar ainda fatores de segurança e ergonômicos, como iluminação, geração de ruídos, calor e pó. Outros pontos que foram observados com a mudança do local de trabalho:

- O barracão foi construído com a altura do pé direito (medida do chão ao teto) maior, e a pintura escolhida foi cor clara, deixando o local mais arejado e iluminado.
- O piso foi construído em concreto polido, dando maior uniformidade, permitindo uso de “carrinhos” para locomoção de componentes, melhorando a ergonomia.
- Com a inclusão de corredores entre as máquinas, permitiu-se o uso de empilhadeira em toda a fábrica, evitando o uso da força dos operadores para transporte de material interno.

Como o trabalho foi limitado somente ao arranjo físico da fábrica, após a implementação do novo layout, fica como sugestão futura, o estudo de custos da produção, isto é, analisar a eficiência financeira do novo arranjo.

6 REFERENCIAS

CAMAROTTO, João A. **Projeto de Unidades Produtivas**. São Carlos. Apostila UFSCar - DEP, 2006.

Chase; Jacobs e Aquilano. **Administração da Produção para vantagem competitiva**. 10ª Ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

CORREA, Henrique L.; CORREA, Carlos A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **Just in Time, MRP II e OPT**. São Paulo, Editora Atlas S. A – 2011.

KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall; SADOWSKI, Deborah. **Simulation with Arena**. 5th ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2010.

MACHLINE, Claude et al. **Manual de Administração da Produção**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1990.

MARTINS, Petrônio; LAUGENI, Fernando. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005

MICHAELIS: moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 2018. (Dicionários Michaelis).

MUTHER, Richard; HALES, Lee. **Systematic Layout Planning**. 4ª ed. Marietta: Management & Industrial Research Publications. 2015

NEUMANN, C; SCALISE R. K. **Projeto de fábrica e layout**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NEVES, Osias Ribeiro; CAMISASCA, Marina Mesquita. **Aço Brasil: uma viagem pela indústria do aço**. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013.

PARAGON (Brasil) (Comp.). **Software Arena**. Disponível em: <<http://www.paragon.com.br/software/>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da Produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

TURRIONI, J. B; MELLO, C.H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Universidade Federal de Itajubá, 2012