

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GIULIANO VIDAL PASTRE

VITOR NICOLATE MATIORO

**PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NO LAYOUT DE
PRODUÇÃO DE UMA FÁBRICA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

(Tcc2 - Nº de Inscrição - 36)

CURITIBA

2017

GIULIANO VIDAL PASTRE
VITOR NICOLATE MATIORO

PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NO LAYOUT DE PRODUÇÃO DE UMA FÁBRICA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. MEng. Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha.

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NO LAYOUT DE PRODUÇÃO DE UMA FÁBRICA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS”, realizado pelo aluno(s) GIULIANO VIDAL PASTRE e VITOR NICOLATE MATIORO, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. MEng. Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. MEng. Osvaldo Verussa Junior

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 23 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de prestar nossos agradecimentos aos nossos familiares que nos apoiaram durante o ano de desenvolvimento deste projeto. Também ao Professor MEng. Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha por todo suporte, atenção e disponibilidade, sempre buscando nosso desenvolvimento pessoal e profissional. Agradecemos aos professores participantes da banca por suas críticas e contribuições à melhoria do projeto. Agradecemos à empresa pela disponibilização do local sempre que solicitado. Por último, mas não menos importante, à Julia Blank Stinglin e Paula Gabriela Silva por suas contribuições a este trabalho.

RESUMO

MATIORO, Vitor N.; PASTRE, Giuliano V.. **Projeto de implantação de melhorias no layout de produção de uma fábrica de implementos rodoviários**. 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

A retração da economia brasileira dos últimos anos, com foco no setor rodoviário, reduziu drasticamente a demanda de produtos desta área. Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários (ANFIR), no mercado interno o setor registrou uma queda nos emplacamentos de 44,76% de 2014 para 2015 (ANFIR, 2017) e de 29,80% de 2015 para 2016 (ANFIR, 2017), totalizando uma queda de 61,22% nos dois anos. Por consequência, diversas empresas neste ramo foram forçadas a reduzir a produção, investimentos e quadro de funcionários. De 2015 para 2016 a Confederação Nacional do Transporte (CNT) registrou a demissão de 52.444 empregados no setor (CNT, 2016). Conforme dados da ANFIR contidos no site da INFRAROI (2017), as perspectivas indicam uma recuperação tímida de 10% das vendas em 2017 e um crescimento gradual nos próximos anos. Diante desta situação, evidenciou-se a oportunidade de melhoria no setor de acabamento de reboques e semirreboques da PASTRE Implementos Rodoviários LTDA, com enfoque no *layout* de produção e melhor aproveitamento dos recursos já disponíveis. Este trabalho apresenta uma proposta que visa reduzir os gastos com movimentação excessiva do produto na unidade fabril, tempo de produção e por consequência aumentar a produtividade, de forma a preparar a empresa para os desafios futuros.

Palavras-chave: Layout. Produção Enxuta. Planejamento Sistemático de Layout.

ABSTRACT

MATIORO, Vitor N.; PASTRE, Giuliano V.. **Improvement project in the production layout of a road implements factory**. 2017. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The economy downturn in Brazil in recent years, especially in road sector, has severely reduced the product demand in this area. According to data given by Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários (ANFIR) (National Association of Manufacturers of Road Equipment), the internal market has revealed a fall of 44,76% in 2014 (ANFIR, 2017) and 29,80% from 2015 to 2016 (ANFIR, 2017) in truck registration, reaching a decrease of 61,22% within two years. Therefore, several businesses from this area has been forced to reduce their manufacture, investments and office force. From 2015 to 2016, the Transport National Confederation (CNT) has showed that 52.444 people were discharged (CNT, 2016). According to information given by ANFIR, available on INFRAROI's website (2017), the perspectives lead to a small rebound of 10% on the sales in 2017 and a gradual increase in coming years. In the face of this situation, it was possible to observe that there was an opportunity to improve the finishing processes sector, regarding tow and semi-tow of PASTRE Implementos Rodoviários LTDA (Road Implements), focusing on production layout and a better use of the resources already available. This academic project presents a proposal that aims at reducing the expenses with the excessive movement of the product inside the manufacturing unit, reducing production time, and consequently, increasing the productivity, thus, paving the way for the company to face future challenges.

Keywords: Layout. Lean Manufacturing. Systematic Layout Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta baixa do setor de acabamento.	15
Figura 2 – Produtos da categoria A.	16
Figura 3 – Produtos da categoria B.	16
Figura 4 – Fluxo de produtos no setor de acabamento.	17
Figura 5 – Áreas relacionadas a engenharia mecânica na empresa.	19
Figura 6 – Metodologia da revisão bibliográfica.	20
Figura 7 – Procedimento do SLP.	26
Figura 8 – Sistema PQRST.	27
Figura 9 – Metodologia utilizada.	30
Figura 10 – Preparação da cabine de jateamento, a) Atual e b) Desejada.	33
Figura 11 – Fluxo de materiais.	35
Figura 12 – Diagrama de inter-relações.	37
Figura 13 – Espaço disponível.	40
Figura 14 – Diagrama de inter-relações de espaços.	41
Figura 15 – Módulos dos setores.	43
Figura 16 – Alternativa I.	45
Figura 17 – Alternativa II.	46
Figura 18 – Alternativa III.	47
Figura 19 – Alternativa IV.	48
Figura 20 – Alternativa V.	49
Figura 21 – Diagramas de movimentação: situação atual (esquerda) e proposta (direita).	52
Figura 22 – Layout situação antes do projeto com cotas [mm].	58
Figura 23 – Diagrama de movimentação (Alternativa I).	60
Figura 24 – Diagrama de movimentação (Alternativa II).	61
Figura 25 – Diagrama de movimentação (Alternativa III).	62

Figura 26 – Diagrama de movimentação (Alternativa IV).	63
Figura 27 – Diagrama de movimentação (Alternativa V).	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processo de acabamento por categoria de produto.	15
Quadro 2 – Descrição do Sistema PQRST.	34
Quadro 3 – Sistema de classificação de inter-relações.	36
Quadro 4 – Razão das correlações entre setores.	37
Quadro 5 – Dimensões dos produtos analisados.	38
Quadro 6 – Avaliação das alternativas.	50
Quadro 7 – Carta de inter-relações.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões das instalações atuais.....	32
Tabela 2 – Cálculo dos espaços necessários.	38
Tabela 3 – Dimensões e áreas mínimas e máximas.	41

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANFIR	Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNT	Confederação Nacional do Transporte
SLP	Planejamento Sistemático de <i>Layout</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
VSM	Mapa de Fluxo de Valor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contexto do Tema	13
1.2	Delimitação do tema	14
1.3	Caracterização do problema	15
1.4	Objetivos	18
1.5	Justificativa	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Lean Manufacturing	21
2.1.1	Desperdícios	22
2.1.2	Mapa de fluxo de valor	23
2.2	Layout	24
2.2.1	Tipos de layout	25
2.2.2	Planejamento sistemático de layout	25
2.3	Análise Integrada: Lean Manufacturing e Layout	29
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1	Descrição da metodologia	30
3.2	Justificativa da metodologia	31
4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	32
4.1	Layout atual	32
4.2	Aplicação do Planejamento sistemático de layout	34
4.2.1	Determinação do fluxo de materiais e mapa de fluxo de valor	34
4.2.2	Determinação das inter-relações de atividades	36
4.2.3	Diagrama de inter-relações	37
4.2.4	Determinação dos espaços necessários	38
4.2.5	Espaço disponível	39
4.2.6	Determinação do diagrama de inter-relações de espaços	40
4.2.7	Considerações de mudanças e limitações práticas	42
4.2.8	Layouts alternativos	43
4.3	Avaliação dos layouts alternativos	50
5	RESULTADOS	52
6	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – LAYOUT PRÉ-PROJETO COM COTAS	58
	APÊNDICE B – CARTA DE INTER-RELAÇÕES ENTRE SETORES	59
	APÊNDICE C – DIAGRAMAS DE MOVIMENTAÇÃO (ALTERNATIVAS)	60

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Anuário CNT do Transporte de 2016, o transporte de cargas pelo modal rodoviário representa no Brasil cerca de 60% do total de cargas movimentadas. Além disso, de 2001 a 2015 as rodovias com pavimento evoluíram de 170,9 para 210,6 mil km, representando em 2015 um aumento de 12,2% da malha rodoviária do país. Mesmo com a infraestrutura deficiente atual, o transporte rodoviário evoluiu no período e teve um aumento de 81,7% na frota de caminhões (CNT, 2017).

O rápido crescimento do setor aumenta a competição entre as empresas do ramo e faz com que as transportadoras e outros clientes procurem por um equipamento mais eficiente, ou seja, com maior qualidade e menores custos de aquisição e manutenção.

1.1 Contexto do Tema

No ano de 2014, devido a incentivos oriundos do BNDES, com baixas taxas de juros, e a especulações acerca de recorde de produção nas lavouras brasileiras, houve um aumento na frota de caminhões no mercado.

Ao final do ano de 2014, com o das plantações brasileiras em relação ao volume esperado, houve um excesso de oferta no setor de transportes associado a uma baixa procura dos serviços. Devido à grande capacidade de transporte ociosa, as transportadoras se obrigaram a abaixar seus preços, reduzir frota e investimentos tornando precária a saúde financeira das empresas (CNT, 2017).

Os efeitos destes acontecimentos nas montadoras de caminhões e indústria de implementos rodoviários foram igualmente graves. A expectativa pela supersafra associado ao incentivo financeiro federal impulsionou as vendas nesse setor. Com a não efetivação da supersafra, as indústrias deste segmento encontravam-se em um mercado saturado e falido, sendo forçadas a reduzir funcionários e produção.

O cenário nos anos seguintes permaneceu ruim devido a retirada de incentivos federais para aquisição de novos equipamentos. A expectativa para os anos de 2017 e seguintes é de retomada gradual nos setores envolvidos, segundo a ANFIR, 10% de crescimento em relação a 2016, e já são sentidos sinais de melhora.

Este trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido em uma fábrica de implementos rodoviários, localizada na região metropolitana de Curitiba. Fundada em 1974, a empresa começou suas atividades com a industrialização de 3º eixo veicular auxiliar. Em 1986, já fabricando reboques e semirreboques, é transferida para a área atual (128.000m²). A empresa que hoje conta com 92 colaboradores e um volume de produção mensal de 25 implementos, já contou com mais de 500 funcionários com um volume de produção seis vezes maior.

1.2 Delimitação do tema

Implementos rodoviários são equipamentos usados para transporte de cargas. O foco deste trabalho é o setor de acabamento de uma fábrica de implementos rodoviários. Serão analisados os processos pelos quais cada categoria de implementos é submetida.

A operação de acabamento da empresa em questão corresponde aos seguintes processos, sequenciados de acordo com a necessidade de cada tipo de implemento, como segue.

- Jateamento;
- Aplicação do primer (tintura anticorrosiva EPÓXI);
- Instalação de revestimentos em madeira;
- Instalação de eixos;
- Pintura;
- Liberação final.

O processo de jateamento compreende a aplicação de um jato de granalha com a finalidade de limpeza das superfícies metálicas garantindo melhor qualidade na pintura e aspecto do implemento. Já a parte de liberação final é responsável pela instalação de equipamentos hidráulicos, pneumáticos e/ou elétricos e a instalação de elementos requeridos pela legislação (faixas refletivas, protetor de ciclista e placas sinalizadoras).

Este trabalho de conclusão de curso visa a otimização do *layout* no setor de acabamento bem como a redução de custos com transporte de produtos dentro da planta. Foi escolhido este setor devido não fluidez dos produtos nas etapas.

1.3 Caracterização do problema

A empresa Pastre Implementos Rodoviários LTDA passou por um rápido crescimento desde que foi alocada em sua localização atual. Desta forma, muitas estruturas tiveram de ser ajustadas ao novo volume de produção e a um novo cenário competitivo no setor. Contudo nem todas as estruturas foram bem planejadas, como é o caso do setor de acabamento, objeto de estudo deste trabalho. A planta baixa e suas subdivisões estão representadas na Figura 1.

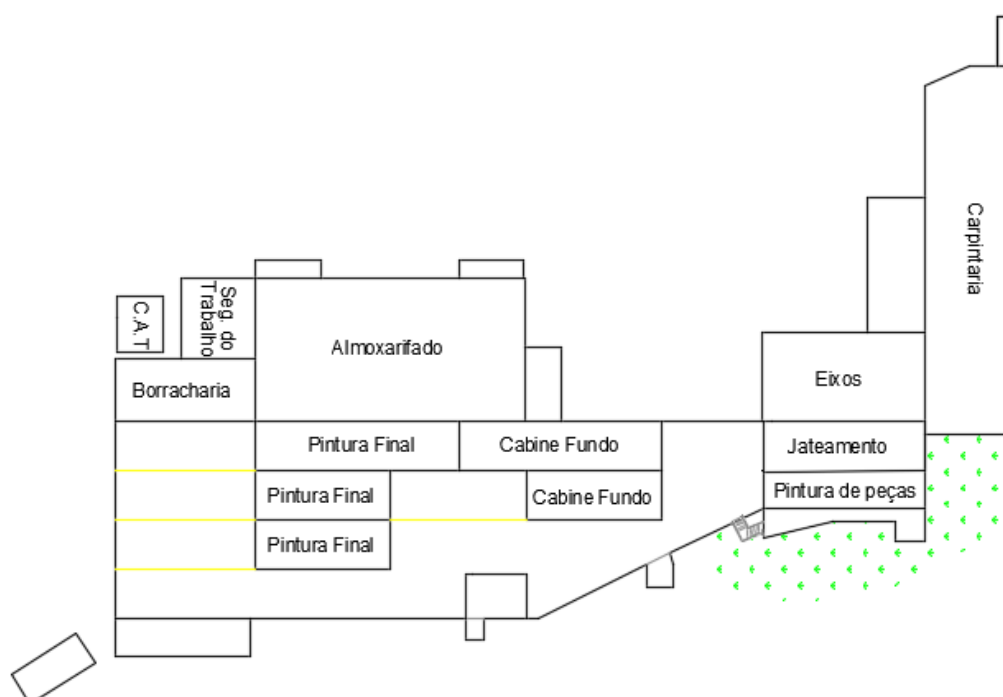


Figura 1 – Planta baixa do setor de acabamento.

Fonte: Autoria própria.

A gama de produtos ofertados pela empresa inclui mais de 10 tipos diferentes de implementos, sendo estes separados em duas categorias quanto ao processo de acabamento, conforme o Quadro 1.

Processo	Jateamento	Aplicação Primer	Carpintaria	Eixos	Pintura Final	Liberação Final
Categoria A	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Categoria B	✓	✓	✗	✓	✓	✓

Quadro 1 – Processo de acabamento por categoria de produto.

Fonte: Autoria própria.

Os produtos da categoria A consistem em semirreboques que possuem uma quantidade significativa da madeira, tais como o semirreboque carrega tudo e gaiola de botijões (Figura 2).



Figura 2 – Produtos da categoria A.
Fonte: Adaptado de Pastre (2017).

Os produtos que se enquadram na categoria B são os produtos com pequena ou nenhuma quantidade de madeira, tais como caçambas basculantes, semirreboques Hopper, semirreboque porta contêiner, entre outros – conforme os equipamentos apresentados na Figura 3.



Figura 3 – Produtos da categoria B.
Fonte: Adaptado de Pastre (2017).

Com o objetivo de se fazer uma avaliação prévia da situação do setor estudado, foram analisadas as movimentações das duas categorias de produtos. Foi elaborado o diagrama de movimentações, Figura 4, para visualizar o fluxo dos produtos durante a etapa de acabamento. Os produtos da categoria A estão representados pelo fluxo em vermelho, e os da categoria B em azul.

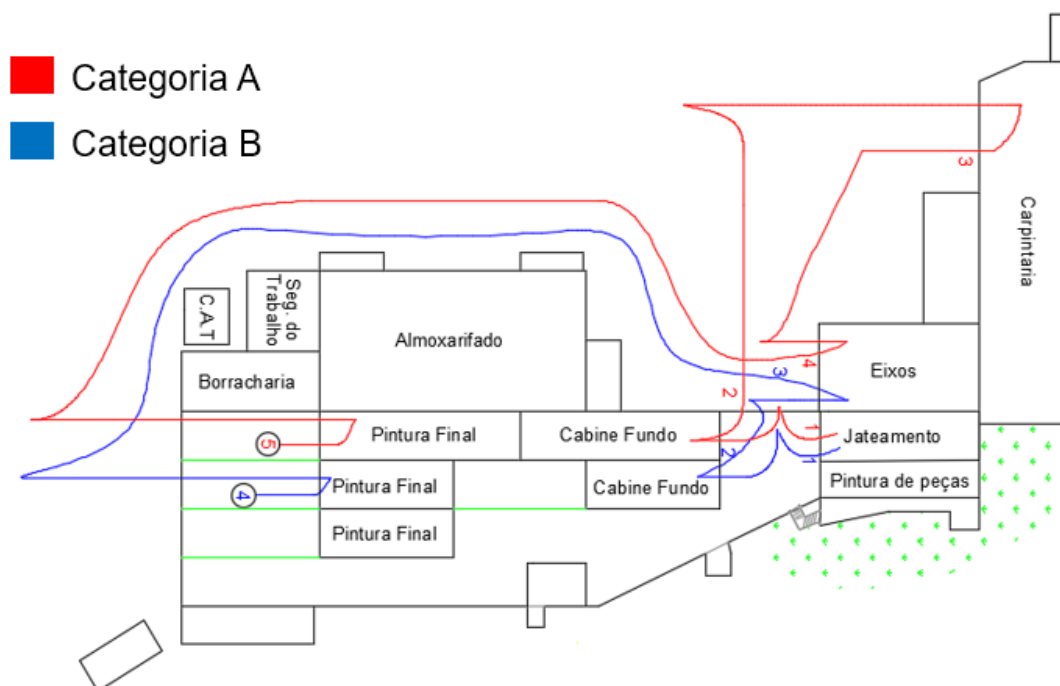


Figura 4 – Fluxo de produtos no setor de acabamento.

Fonte: Autoria própria.

Na configuração de *layout* atual os produtos são transferidos de um processo para outro com o auxílio de uma empilhadeira, o que faz com que os produtos sejam inseridos nas cabines posicionados com a parte frontal voltada para a entrada da cabine. Alguns ambientes possuem apenas uma entrada, implicando na entrada e saída pela mesma porta. Além disso as cabines não estão alocadas de forma sequencial, gerando movimentações excessivas e desnecessárias.

A partir dos problemas observados percebeu-se a relação com os temas *Layout* e *Lean Manufacturing*, os quais serão aprofundados no referencial teórico e terão seus conceitos e ferramentas aplicados durante o desenvolvimento deste projeto de melhoria.

Ao final deste trabalho pretende-se propor uma estrutura mais eficiente para o setor de acabamento, visando reduzir os desperdícios e aumentar a agilidade e produtividade dos processos.

1.4 Objetivos

Este trabalho visa a otimização do setor de acabamento da empresa Pastre Implementos Rodoviários LTDA, com foco redução de desperdícios identificados e aumento da produtividade, por meio de estudo de *Layout* e ferramentas do *Lean Manufacturing*. Desta forma o objetivo principal deste trabalho é:

- Propor um novo *layout* de produção para o setor, de modo a se obter redução dos desperdícios e aumento da produtividade do setor.

A fim de se alcançar este objetivo foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e definir os principais produtos em termos de volume de produção e faturamento, de modo a se definir o escopo deste trabalho;
- Elaboração do mapa de fluxo de valor dos produtos com maior volume de produção;
- Identificação dos principais desperdícios e oportunidades de melhoria que ocorrem nas etapas envolvidas;
- Utilização da metodologia de Planejamento Sistemático de *Layout*, proposta por Muther (1978).

1.5 Justificativa

A oportunidade de aplicação dos conceitos da engenharia mecânica em um projeto real foi o fator decisivo para a escolha do tema. A afinidade dos integrantes da equipe com o tema, aliado ao possível ganho competitivo para a empresa também estimularam o desenvolvimento do projeto.



Figura 5 – Áreas relacionadas a engenharia mecânica na empresa.
Fonte: Autoria própria.

Dentro do escopo de atuação da empresa estudada estão diversos campos da engenharia mecânica, dos quais se destaca para a aplicação deste trabalho a engenharia de produção e processos, como destaca a Figura 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização da fundamentação teórica foram definidos dois eixos: a organização do *Layout* de unidades fabris e a aplicação do *Lean Manufacturing* na indústria. A fim de selecionar os artigos para composição do portfólio bibliográfico que melhor representasse a interseção existente entre os dois eixos de pesquisa, optou-se por utilizar a metodologia *Methodi Ordinatio* (CAMPOS et al., 2015), a qual consiste na classificação dos artigos por ano, citação e fator de impacto.

Após uma pesquisa preliminar, foram definidas como palavras-chave para a realização das buscas nas bases de dados “*Lean Manufacturing*” e “*Layout*”, as bases de dados utilizadas foram a *Scopus* e *Web of Science*.

A busca com as palavras-chave foi realizada nos índices: título, palavras-chave e resumo. Foram selecionados 58 artigos na base a *Scopus* e 26 na base *Web of Science*, totalizando 84 artigos.

Utilizando o software de gestão de bibliografia EndNote X7, os artigos foram filtrados. Primeiramente foram excluídos os artigos duplicados, então restaram 66 documentos, conforme Figura 6.

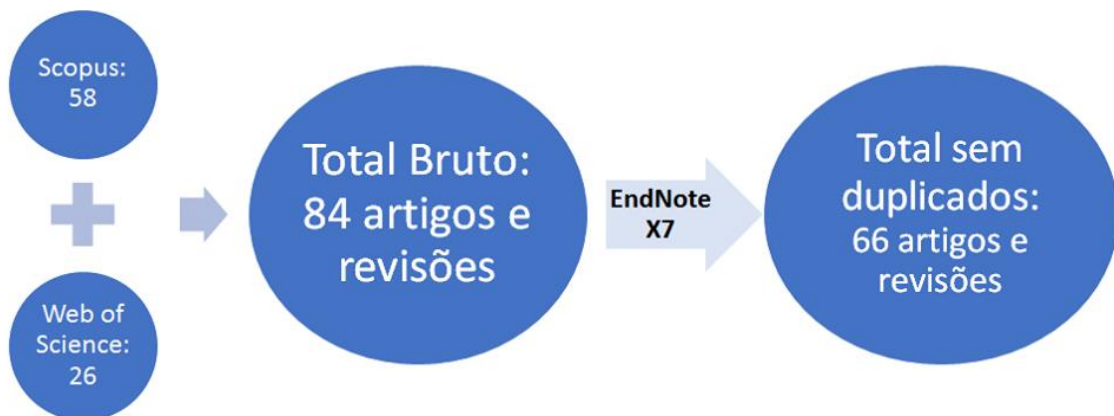


Figura 6 – Metodologia da revisão bibliográfica.

Fonte: Autoria própria.

Foram lidos títulos e resumos dos documentos para verificar o alinhamento dos artigos com o objetivo do trabalho, bem como a relevância destes para a composição do portfólio bibliográfico da pesquisa e fundamentação do trabalho.

Após a leitura foram selecionados 4 artigos fundamentais para o desenvolvimento do projeto e 8 artigos com informações relevantes.

2.1 Lean Manufacturing

A filosofia do *Lean Manufacturing* surgiu após a Segunda Guerra Mundial, a partir da competição entre as empresas do setor automobilístico da época. Com alta competitividade do setor na época, surgiu a necessidade de aliar o aumento de produtividade e qualidade com a redução de desperdícios.

O modelo mais difundido e utilizado pela indústria no período era o da produção em massa, Fordismo, que possuía como principal objetivo produzir em grandes quantidades e, com isso, reduzir o custo unitário dos produtos, visto que o modelo era baseado em uma economia de escala. As principais características das empresas que adotaram o Fordismo eram a alta especialização do trabalho (divisão do trabalho em processos que se repetiam) e altos níveis de estoques (matéria-prima e intermediários).

Diante deste cenário, um modelo de produção que se preocupasse não apenas com a quantidade produzida, mas também com a redução de desperdícios do processo e aumento da qualidade, de forma contínua e sistematizada, apresentaria uma grande vantagem em relação ao modelo mais popular da época. Desta forma, as características presentes no sistema Toyota, proposto pelo engenheiro Taiichi Ohno, tais como a produção apenas do necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO, 1997), garantiram seu sucesso.

Batizado de *Lean Manufacturing* por James P. Womack e Daniel T. Jones no livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, o Sistema Toyota de Produção propõe a redução de desperdícios, elevação da qualidade dos produtos e redução dos tempos de produção e armazenagem por meio da aplicação de ferramentas desenvolvidas para esta finalidade. Segundo Womack, Jones e Roos (1992), devem ser priorizadas as atividades que adicionam valor ao produto e eliminadas ou minimizadas as atividades que não adicionam. Além disso, deve ser implantado um sistema que possa identificar e corrigir os defeitos encontrados, sendo de fundamental importância a identificação da causa raiz do problema em questão (WOMACK *et al.*, 1992).

Nos dias atuais o *Lean Manufacturing* é amplamente aceito pelas empresas como uma ferramenta de gestão da produção, que permite que as estruturas e processos se aprimorem e tenham capacidade de competir no mercado.

Nesta seção serão abordadas algumas das ferramentas utilizadas para implementação do *Lean Manufacturing* tais como Mapa de Fluxo de Valor (VSM) e identificação dos 7 desperdícios.

2.1.1 Desperdícios

Um dos principais focos do *Lean Manufacturing* é a eliminação dos desperdícios (NAQVI *et al.*, 2016). São considerados desperdícios todas as operações que, aos olhos do cliente, não agregam valor ao produto ou serviço (ATHIE *et al.*, 2016). Estes processos muitas vezes são desnecessários e representam um custo adicional ao produto. Assim, a eliminação de tais desperdícios pode aumentar a competitividade das organizações, por meio da redução dos custos de produção.

Segundo Taiichi Ohno (1997), principal idealizador do *Lean Manufacturing*, os desperdícios são classificados em sete tipos:

- Superprodução;
- Transporte excessivo;
- Material em espera;
- Processamento;
- Movimentação;
- Má qualidade;
- Estoque.

A superprodução ocorre quando é produzido mais do que é consumido, seja por uma previsão de consumo errada ou produção antecipada, fazendo com que o produto deva ser armazenado até seu destino final. Este tipo de desperdício provém do planejamento estratégico da empresa.

A perda por transporte excessivo está relacionada com a movimentação do produto e componentes durante as diversas etapas de sua produção. Como a movimentação não agrega valor ao produto, porém é necessária durante o processo produtivo, ela deve ser minimizada ao ponto de garantir fluidez e reduzir os gastos do processo. Esta perda está diretamente relacionada com *layout* produtivo e fluxo de materiais e produtos na planta fabril.

O material que se acumula entre etapas de um processo produtivo também é considerado um desperdício. Tal acúmulo pode ocorrer por falta de equipamentos e operadores no processamento, ou por uma etapa gargalo na linha. O balanceamento das linhas por meio da adaptação do *layout* de produção pode ser uma solução para este problema, assim como a ampliação da capacidade do processo gargalo na linha.

Perdas no processamento ocorrem quando há erros de projeto que geram retrabalhos e ações extras para que o produto cumpra as especificações definidas, ou quando os equipamentos utilizados são dimensionados de forma equivocada.

Custos excessivos com movimentação são caracterizados pela execução de processos desnecessários, inúteis, não previstos no projeto e pela má instrução de trabalho ao operador, que pode gerar movimentação excessiva por parte do colaborador. Este desperdício deve ser eliminado do processo, uma vez que é absolutamente desnecessário.

O desperdício por qualidade ocorre em sua maioria por problemas com maquinário, operadores ou insumos de produção. Maquinários mal regulados, operadores com treinamento deficitário e matéria-prima de baixa qualidade geram uma maior ocorrência de defeitos no produto final. Estes desperdícios devem ser evitados, utilizando-se de manutenção periódica de equipamentos, treinamentos e controle de qualidade no recebimento de materiais respectivamente.

A aparente vantagem em se ter níveis elevados de estoques gera um dos maiores desperdícios de uma empresa, visto que esta prática gera custos de armazenamento e custos indiretos com o capital imobilizado. O melhor dimensionamento de lotes e previsão de demanda podem fazer com que os gastos com estoque de uma empresa sejam drasticamente reduzidos.

2.1.2 Mapa de fluxo de valor

Um correto mapeamento dos processos desempenha um papel de fundamental importância dentro de uma empresa, pois pode evidenciar os pontos fortes e fracos do processo atual (DINIS-CARVALHO et al., 2015). O mapa de fluxo de valor (VSM) é baseado no método de mapeamento desenvolvido pela Toyota e contempla tanto o fluxo de materiais, quanto o de informações.

O mapeamento engloba apenas a área de estudo, podendo ser um setor de uma fábrica – os clientes e fornecedores podem ser agentes internos – ou uma empresa como um todo – desde a matéria-prima até o cliente final. A escolha da ferramenta de mapeamento a ser utilizada depende diretamente do tipo de desperdício que se deseja eliminar, sendo ferramentas como o mapeamento da atividade do processo mais adequadas para identificação dos desperdícios de transporte, espera, superprocessamento e movimentação (HINES e RICH, 1997).

Aplicado a uma família de produtos, o VSM indica os processos que agregam pouco ou nenhum valor ao produto e auxilia na identificação de desperdícios no processo inteiro – desde a matéria prima até o consumidor final (LOVELLE, 2001). Estas características tornam o VSM uma ferramenta essencial na implementação do *Lean Manufacturing*, pois a aplicação do VSM evidencia oportunidades de melhoria dentro de uma empresa.

Segundo Dinis-Carvalho (2015) a aplicação do VSM consiste em 4 etapas: definição do produto em análise, mapeamento da situação atual, mapeamento da situação futura desejada e desenvolver um plano de ação com as alterações necessárias para se alcançar o objetivo.

Apesar de ser um método muito difundido e utilizado o VSM possui alguns pontos fracos, dos quais se destaca a difícil identificação dos desperdícios relacionados a espera e movimentação (LOVELLE, 2001).

2.2 Layout

O *layout* de uma planta produtiva afeta sua produtividade e conseqüentemente seu faturamento. Uma estrutura mal planejada pode aumentar os custos de produção bem como o *Lead Time*, por isso a importância deste assunto dentro do seguimento industrial. Toda a alteração de *layout* deve ser guiada por um objetivo principal, como redução de movimentações internas e desperdícios, aumento de eficiência e melhor comunicação entre setores (KOSTROW, 1996).

O foco de um estudo de *layout* é aliar a agilidade na produção, encurtando distâncias entre ferramentas e operadores, continuidade do processo produtivo e adaptabilidade estrutural, ou seja, facilidade para rearranjos e alterações.

2.2.1 Tipos de *layout*

Segundo Jones e George (2008), “existem três formas básicas de se arranjar as estações de trabalho: *layout* por produto, *layout* por processo e *layout* com posição fixa”.

Em um *layout* por produto as estações estão arranjadas de forma sequencial e o produto se movimenta, por meio de uma esteira, por exemplo, até cada uma das etapas de produção.

No *layout* por processo, as estações não são necessariamente arranjadas de forma sequencial, uma vez que o produto é movido de forma livre, entre cada uma delas, conforme a etapa produtiva. Este formato é utilizado para casos de produção sob demanda, nos quais os produtos podem variar bastante de sequência produtiva, não necessitando assim, que as etapas estejam sequenciadas.

O *layout* com posição fixa é utilizado para casos nos quais o produto final é montado em um lugar fixo, ou seja, as peças requeridas são transportadas até o local de montagem.

2.2.2 Planejamento sistemático de *layout*

O planejamento sistemático de *layout* (*Systematic Layout Planning*) é uma ferramenta com objetivo de sistematizar o processo de desenvolvimento de alternativas de *layout* e avaliá-las de acordo com um critério preestabelecido. Segundo Richard Muther (1978), o idealizador do SLP, o processo de planejamento do arranjo físico do *layout* é dividido em quatro fases:

- I. Localização;
- II. Arranjo físico geral;
- III. Arranjo físico detalhado;
- IV. Implantação.

A fase I consiste na determinação da área a ser utilizada à implantação do novo *layout*, podendo ser uma área nova ou já utilizada para outra finalidade. A fase II é caracterizada pelo estudo e determinação das etapas envolvidas e suas correlações.

Esta é a fase na qual são elaboradas as possíveis soluções para o problema em questão e ao final desta etapa é selecionado o melhor plano de *layout*. A fase III avança dentro de cada estrutura do *layout*, definindo a localização de elemento do processo produtivo, sejam máquinas ou equipamentos. Por fim, na fase IV é feita a análise de como realizar as alterações necessárias, desde levantamento de recursos financeiros a movimentação de maquinários (MUTHER, 1978). O procedimento do SLP é demonstrado na Figura 7.

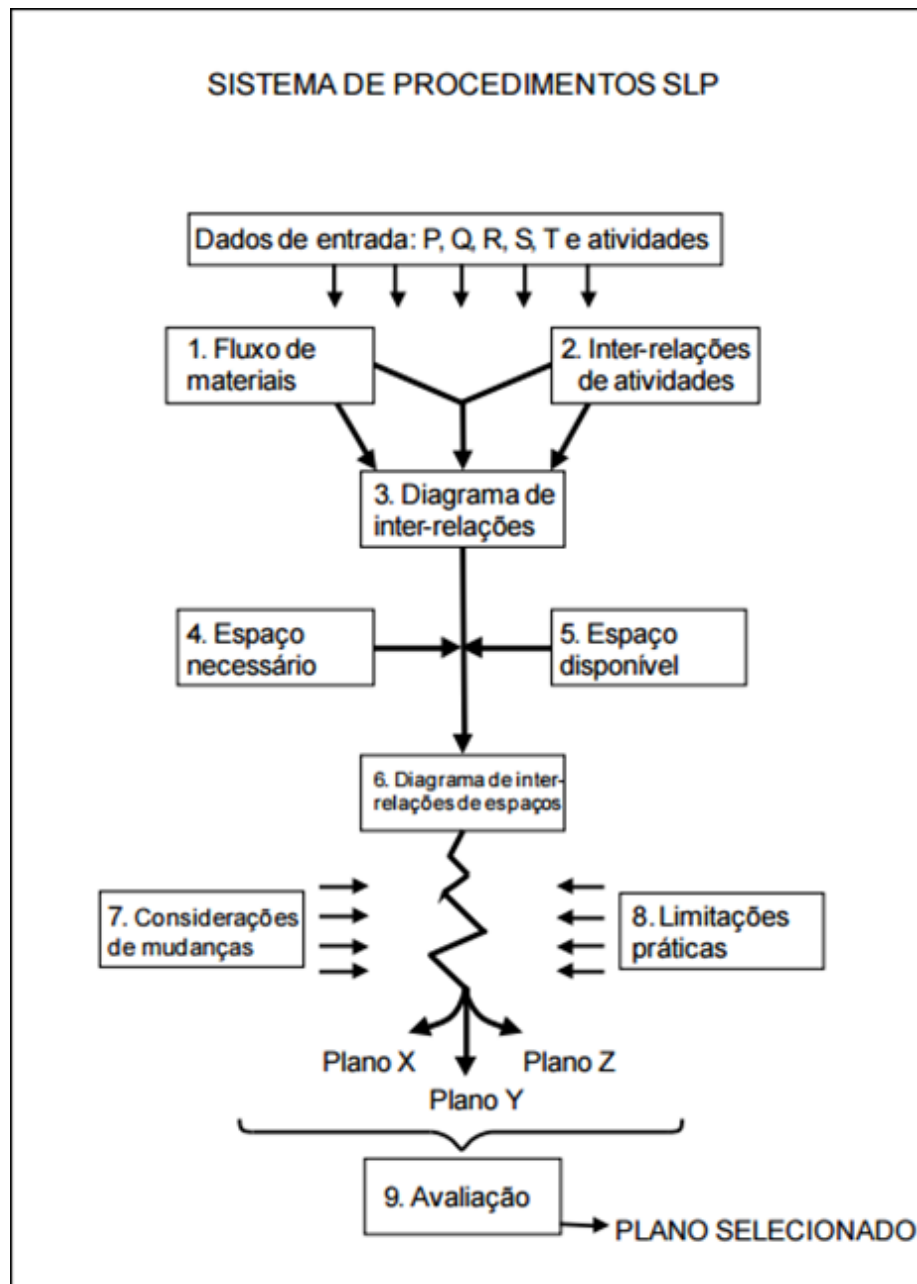


Figura 7 – Procedimento do SLP.

Fonte: Muther (1978).

A Figura 7 mostra os passos para a definição do novo *layout*. A primeira etapa consiste na coleta dos dados PQRST, sintetizado na Figura 8. Muther define o sistema PQRST como a chave para “abrir” soluções do *layout*. As questões abordadas nesta etapa são de fundamental importância para a definição das fases posteriores, pois são utilizadas como dados de entrada do procedimento do SLP e conseqüentemente determinarão as características obtidas no *layout* final.

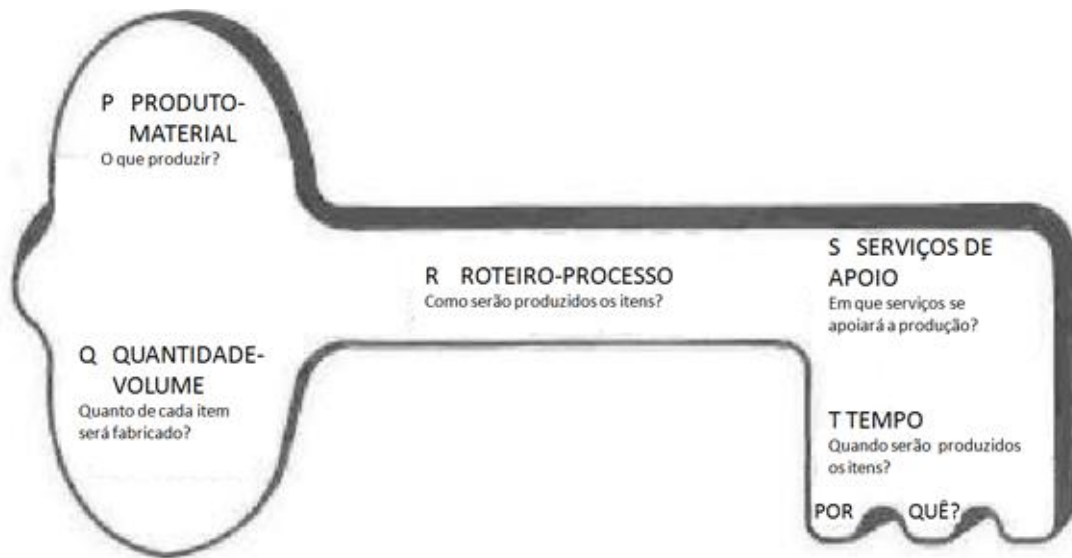


Figura 8 – Sistema PQRST.

Fonte: Adaptado de Muther (1978).

A determinação do fluxo de materiais (etapa 1, Figura 7), consiste na otimização da sequência de produção para cada categoria de produto (MUTHER, 1978). Esta etapa se ocupa principalmente de reduzir os desperdícios com transporte excessivo dos materiais – mais críticos em movimentações de peças e produtos de grandes dimensões ou quantidades.

Na etapa 2 são consideradas as inter-relações entre os setores que não são apenas representadas pelo fluxo de materiais. De acordo com Muther, o *layout* fabril não deve se basear completamente na redução do fluxo de materiais, outros fatores como troca de informações entre os setores possuem grande importância, principalmente quando os custos relacionados ao transporte são baixos.

A partir das informações obtidas nas etapas anteriores, pode-se classificar e representar graficamente as inter-relações identificadas entre os setores (etapa 3).

As etapas 4 e 5 correspondem, respectivamente, a determinação dos espaços necessários e disponível. Deve respeitar os limites estabelecidos por normas e garantir espaço suficiente para implementação dos requisitos de produção. Diferentes metodologias podem ser executadas para determinação do espaço necessário, tais como: Método Numérico, Método da Conversão, Padrões de Espaço Arranjos Esboçados e Projeção de Tendências (MUTHER, 1978).

Na etapa 6 são elaborados diagramas de inter-relações entre os setores, levando em conta todos os fluxos envolvidos (etapas 2 e 3) e as dimensões que cada setor precisa e pode ocupar (etapas 4 e 5). Na estruturação dos diagramas pode-se otimizar fatores diferentes, como fluxo de materiais, fluxo de informações e ponderação entre os fluxos de matérias e informações de acordo com o perfil produtivo da empresa, a fim de se obter diversas soluções (MUTHER, 1978).

Com o diagrama de inter-relações, pode-se definir as mudanças necessárias para melhoria do *layout* (etapas 7 e 8), porém deve-se atentar às limitações práticas, tais como construções já existentes, legislação, regulamentação de tratamento de resíduos, planejamento e controle da produção em vigor, regras de segurança e disponibilidade de recursos financeiros (MUTHER, 1978).

As próximas etapas consistem na elaboração de *layouts* alternativos e na seleção do mais vantajoso. Muther (1978) propõe 3 métodos para se definir a melhor alternativa:

- 1) Balanceamento de vantagens e desvantagens;
- 2) Avaliação e análise dos fatores;
- 3) Comparação e justificação de custos.

O primeiro método é mais simples e rápido, porém menos preciso e consiste na listagem das vantagens e desvantagens do sistema e avaliação qualitativa da alternativa (MUTHER, 1978).

O segundo método, avaliação e análise dos fatores, de acordo com Muther (1978), é talvez o método mais efetivo para avaliação de *layouts* e consiste em quatro passos que visam listar fatores importantes a serem avaliados e qualificar as alternativas. O ranqueamento é feito por meio de uma pontuação geral de cada *layout*,

obtida por meio da soma das notas, ponderadas por seus pesos, que são atribuídos a cada fator.

O terceiro método consiste na análise financeira das alternativas. Muther (1978) afirma que muitas vezes esta análise não é utilizada como a base principal da escolha da melhor alternativa, porém, é usada para agregar em outros métodos de avaliação. Esta análise pode seguir para dois caminhos, avaliando os custos totais, para grandes mudanças ou criação de um *layout* completamente novo, ou apenas os custos envolvidos nas alterações propostas pelas alternativas. Outro fator importante a ser considerado na avaliação é o impacto da mudança na empresa que, dependendo da sua extensão, pode afetar na operação e o faturamento da companhia.

2.3 Análise Integrada: *Lean Manufacturing* e *Layout*

A filosofia *lean* tem por objetivo a "enxugar" o processo produtivo, aumentando assim a produtividade e reduzindo os gastos da empresa estudada. As ferramentas desta filosofia, descritas na seção 2.1, têm por objetivo identificar em quais pontos do processo produtivo, o produto de fato tem seu valor acrescido ou não, permitindo que seja analisada a possibilidade de redução, ou até mesmo exclusão, da mesma. O melhor entendimento dos tipos de desperdícios presentes em processos produtivos permite maior facilidade na análise dos sistemas.

A partir destas análises, pode-se trabalhar em soluções para os problemas identificados, as quais, muitas vezes, implicam em ajustes no *layout* fabril ou alteração no processo produtivo, o qual pode implicar, também, em uma alteração de estrutura física do local.

Para esta solução, é indicada a aplicação da ferramenta SLP, descrita na seção 2.2, a qual consiste em uma série de passos desde a entrada de dados, respostas ao sistema PQRST, até a elaboração de possíveis alternativas de *layout*.

É importante salientar que algumas ferramentas do *Lean Manufacturing* estão presentes nas etapas do Planejamento Sistemático de *Layout* proposto por Muther (1978). Sendo assim, em alguns casos, a aplicação SLP ocorre de forma conjunta à identificação de desperdícios.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é definida a metodologia adotada durante a elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

3.1 Descrição da metodologia

A empresa estudada fabrica produtos majoritariamente sob encomenda, mantendo baixíssimos estoques de produtos acabados. Sendo assim a demanda de produtos de um determinado tipo varia de acordo com os pedidos recebidos.

A primeira etapa, que consiste na coleta de dados do fluxo de fabricação, foi realizada durante visitas à fábrica durante o período de dois meses. Durante a realização destas vistas foram aplicados os conceitos do *Lean Manufacturing* utilizando o mapa de fluxo de valor, com foco na identificação dos desperdícios contidos no processo produtivo atual, para as duas categorias de produtos. Em um segundo momento foram analisados os dados coletados e foi determinada a sequência de fabricação ideal para cada categoria de produto.

A terceira etapa consiste na aplicação da ferramenta de Planejamento Sistemático de *Layout*, seguindo-se os passos descritos na seção 2.2.2, conforme a Figura 7. Os dados necessários para aplicação dessa ferramenta, como estrutura física disponível e recursos financeiros disponíveis para eventuais reformas, foram obtidos durante as visitas à empresa. A sequência da metodologia é exemplificada na Figura 9.



Figura 9 – Metodologia utilizada.

Fonte: Autoria própria.

3.2 Justificativa da metodologia

A metodologia proposta tem como base a seguida por Naqvi et al. (2016), em seu artigo “*Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning*” (melhoria da produtividade de uma fábrica usando planejamento sistemático de *layout*), no qual foi constatado que a implementação do SLP com ferramentas do *lean manufacturing* podem aumentar significativamente a eficiência do fluxo de materiais e produtividade do processo.

Em seu artigo, Naqvi obteve resultados bastante satisfatórios após a aplicação do método proposto. Entre os resultados estão uma redução de mais de 30% no *lead time* da unidade fabril, redução de 62,5% nos gastos com transportes, além de uma economia anual de US\$ 9.050,00.

Ao longo da elaboração deste projeto houve a necessidade de se adequar a metodologia utilizada. Partindo de uma metodologia sequenciada, com etapas que apenas iniciam ao fim da etapa anterior, para uma metodologia em paralelo, conforme a Figura 9, a qual consiste em um processo iterativo, permitindo a atualização de etapas anteriores ao decorrer do projeto.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesta etapa do projeto é exposto o desenvolvimento da metodologia proposta. Devido ao prazo para a elaboração deste trabalho, foram selecionados três produtos, os quais representam 85% da produção mensal da empresa, para análise e aplicação do SLP, são estes os semirreboques Basculantes, Carrega-tudo e Gaiola de Gás.

Devido à baixa demanda e ao alto investimento necessário para adequação da linha de produção, o produto Caçamba sobre Chassi não foi considerado para a elaboração da presente proposta, mesmo tendo uma parcela de participação de aproximadamente 10% no faturamento da empresa.

4.1 *Layout* atual

Conforme estudos preliminares realizados no Capítulo 1, atualmente a empresa conta com as instalações descritas na Tabela 1. A planta atual com as respectivas cotas pode ser encontrada no Apêndice A.

Tabela 1 – Dimensões das instalações atuais.

Descrição	Comprimento máximo [m]	Largura máxima [m]	Área [m²]
Carpintaria	10,1	30,9	311,5
Eixos	28,1	11,3	291,4
Jateamento	17,8	5,7	101,2
Cabine de Fundo 1	22,5	5,5	123,8
Cabine de Fundo 2	15	5,5	82,5
Pintura Final 1	22,5	5,5	123,8
Pintura Final 2	15	5,5	88,5
Pintura Final 3	15	5,5	88,5
Liberação Final	15,5	22	341
Borracharia	15,5	6,8	105,4
Pintura Auxiliar	17,8	4	71,2
Laboratório de Tintas	6,6	7,3	37,4
Almoxarifado	29,8	15,8	470,8
Cabine de Alta Tensão	5,1	6,3	32,1
Segurança do Trabalho	8,2	9	73,8
Suporte à Liberação Final	14,9	4,2	62,6
Resíduos de Tinta	3	4	12
Total	–	–	2.417,5

Fonte: Autoria própria.

Devido ao baixo volume de produção durante o desenvolvimento do projeto, não foi possível realizar a cronoanálise dos subsetores envolvidos a fim de realizar um balanceamento preciso das linhas. Para isso foram realizadas reuniões com a diretoria da empresa e o supervisor do setor de acabamentos, constatando que em situações de alta produtividade os setores de jateamento e pintura final são gargalos. Também foi constatado que o tempo de ciclo nas operações varia quase que proporcionalmente ao número de pessoas alocadas em um dado setor, desde que respeitado um limite máximo de pessoas trabalhando em um mesmo produto. Assim o balanceamento das linhas pode ser feito posteriormente por meio da alocação de pessoas.

Os setores citados anteriormente são considerados gargalos devido aos tempos de *setups* para os processos. No caso do jateamento, o tempo de ciclo é composto pelo processo em si e pelo recolhimento da granalha - trabalho feito manualmente pelo operador, que deve varrer a granalha usada no processo anterior e acumulá-la próximo ao coletor do silo de caneco, conforme a Figura 10.

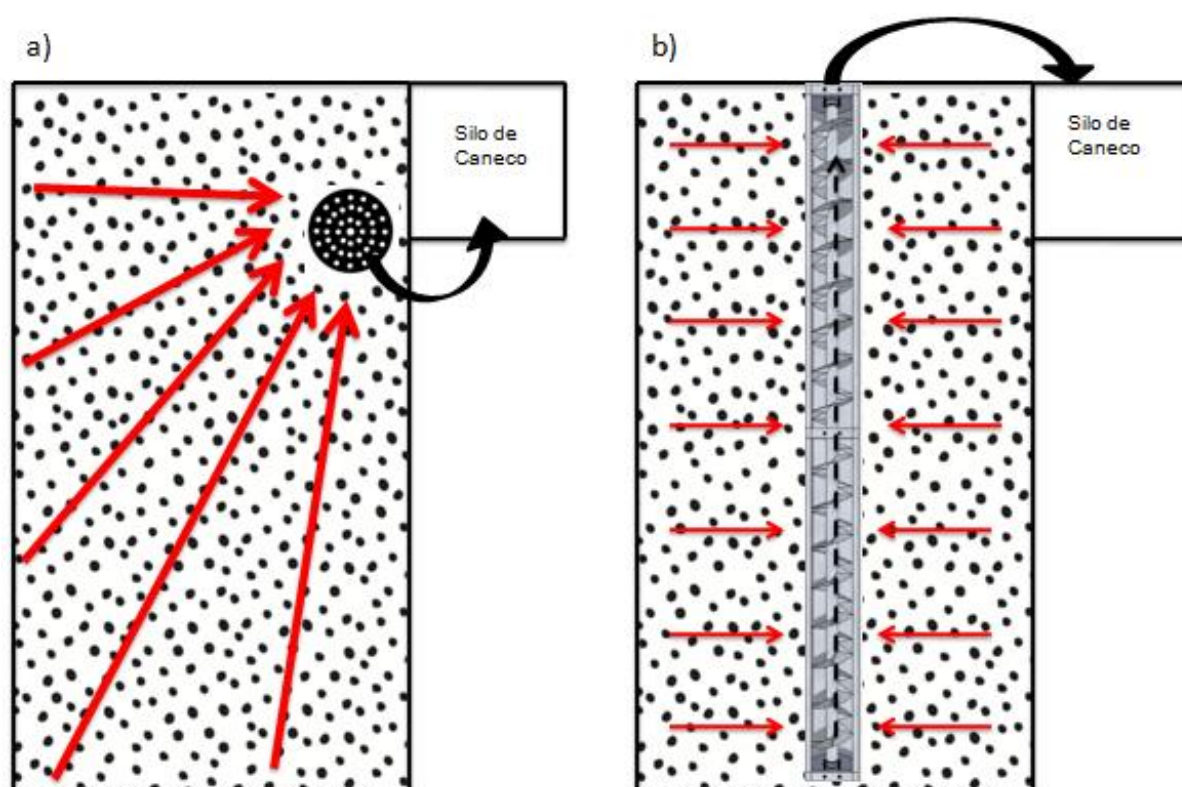


Figura 10 – Preparação da cabine de jateamento, a) Atual e b) Desejada.
Fonte: Autoria própria.

O processo de pintura final atual engloba o recebimento da carreta após aplicação do primer, nivelamento de imperfeições superficiais (com aplicação de massa e posterior lixamento), proteção de partes que não devem receber a tinta e a pintura propriamente dita. Após a realização das etapas de preparação envolvidas o pintor retira resíduos de massa corrida de suas mãos e deve vestir os EPIs necessários para aplicação da tinta.

4.2 Aplicação do Planejamento sistemático de *layout*

Conforme citado na sub-seção 2.2.2 Planejamento sistemático de *layout*, Muther (1978) define o sistema PQRST, explicado no Quadro 2, como pontos a serem definidos para se iniciar o SLP.

Etapa	Descrição
P	Produto
Q	Quantidade ou Volume de Produção
R	Roteiro ou sequência do processo de produção
S	Serviço de Suporte
T	Tempos envolvidos na produção

Quadro 2 – Descrição do Sistema PQRST.

Fonte: Adaptado de Muther (1978).

Como entrada para aplicação do SLP neste projeto, tem-se os produtos Semirreboques Carrega-Tudo, Gaiola de Gás e Basculantes, para os quais é projetada a produção de 20, 10 e 80 unidades/mês respectivamente. Este volume de produção foi definido a partir do histórico da empresa, a qual possuía estas quantidades no ano de 2012. A sequência de produção atual e os serviços de suporte são apresentados na seção 4.1, e os tempos envolvidos na produção foram definidos de maneira heurística, conforme citado anteriormente.

4.2.1 Determinação do fluxo de materiais e mapa de fluxo de valor

Devido ao propósito semelhante da determinação do fluxo de materiais, proposto por Muther (1978), e a elaboração do mapa de fluxo de valor com enfoque no mapeamento das atividades do processo, decidiu-se realizar estas duas etapas em conjunto e expor os resultados neste capítulo.

Visando uma melhor compreensão do processo realizado para as duas categorias de implementos envolvidas, foram desenhados os fluxos de materiais, Figura 11, os quais exemplificam a sequência atual de produção e quais as macro etapas envolvidas.

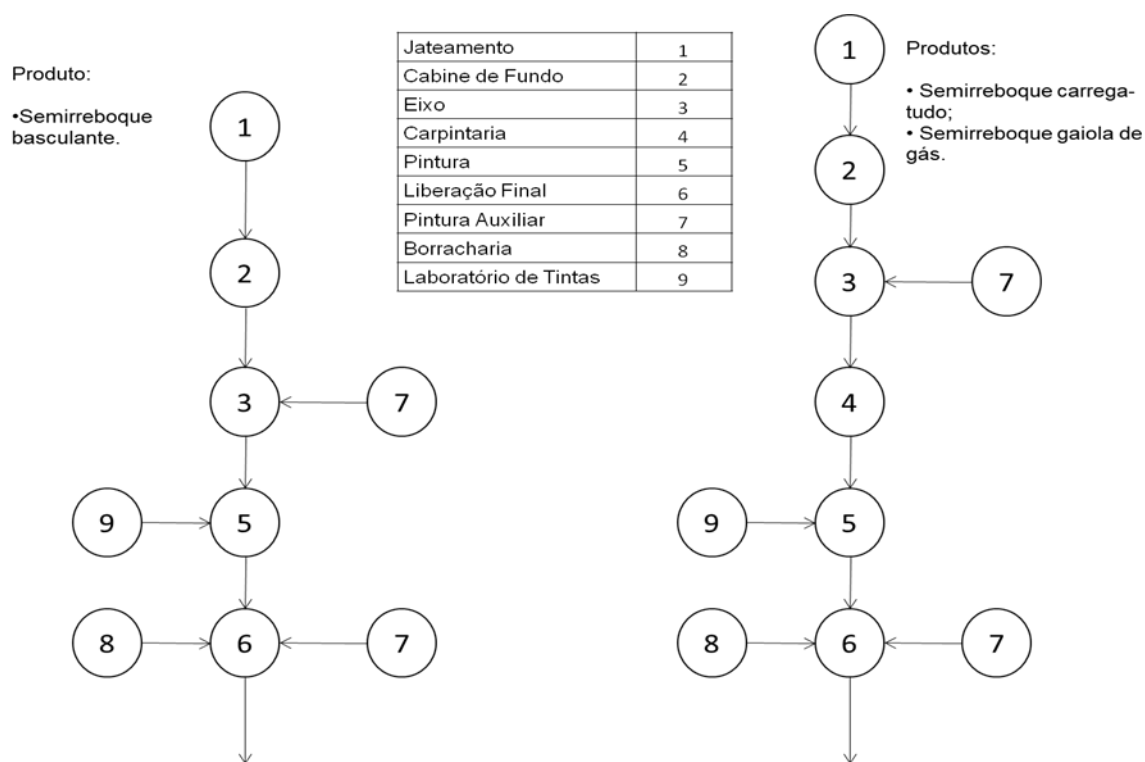


Figura 11 – Fluxo de materiais.

Fonte: Autoria própria.

Para determinação de uma sequência produtiva otimizada, foram realizadas visitas com foco na identificação de desperdícios no processo. As oportunidades de melhoria encontradas foram:

- I. Transporte excessivo dos produtos: o transporte entre processos adjacentes é realizado com o uso de uma empilhadeira devido as cabines utilizadas possuírem apenas uma porta (entrada e saída pelo mesmo lugar), não permitindo assim, uma fluência do produto através das etapas;
- II. Tempo de set-up nas etapas de jateamento e pintura;
- III. Superprocessamento de materiais já acabados: pintura de eixos, pés de apoio e outros acessórios que já possuem acabamento;

- IV. Instalação de alguns acessórios referentes a parte elétrica e de sinalização antes da etapa de pintura: necessidade de cobrir o que não deve ser pintado antes de realizar o processo;
- V. Falta de projeto da parte de madeiras para os produtos: os produtos devem ser medidos no local para se cortar as tábuas;
- VI. Processo inadequado de colocação de madeira: necessidade recorrente de retrabalho da pintura devido a arranhões e riscos.

4.2.2 Determinação das inter-relações de atividades

A fim de se determinar as relações entre os diversos setores envolvidos na etapa de acabamento foi preenchida a carta de interligações preferenciais, a qual estabelece o grau de envolvimento entre os setores de acordo com critérios preestabelecidos.

A carta encontra-se no Apêndice B e foi preenchida após as visitas a fábrica, de acordo com as necessidades identificadas para cada setor. Para se estabelecer o grau de proximidade entre os setores foi utilizado a classificação de inter-relações “AEIOUX” proposto por Muther (1978), apresentado no Quadro 3.

Correlação	Descrição
A	Absolutamente necessário
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

Quadro 3 – Sistema de classificação de inter-relações.

Fonte: Adaptado de Muther (1978).

A principal razão para a determinação das relações entre setores é representada numericamente, conforme a Quadro 4. Como a minimização do fluxo de materiais é de fundamental importância devido à dificuldade de movimentação do produto – grandes dimensões e peso – foi atribuído um peso maior às relações referentes a esta categoria (1).

Correlação	Descrição
1	Fluxo de material
2	Utilização de equipamentos comuns
3	Frequência de contatos
4	Mesmo pessoal
5	Trabalho semelhante
6	Supervisão de pessoal
7	Ruído, vibrações

Quadro 4 – Razão das correlações entre setores.

Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Diagrama de inter-relações

A representação gráfica das inter-relações obtidas nos capítulos anteriores é apresentada nesta seção. De modo a se obter uma solução gráfica de maior impacto visual, foram ocultadas algumas das relações que envolvem os setores Segurança do Trabalho e Almojarifado, pois estes se relacionam com a maioria dos setores de modo equivalente, desta forma, não possuem prioridade no posicionamento relativo entre setores, conforme exemplifica a Figura 12.

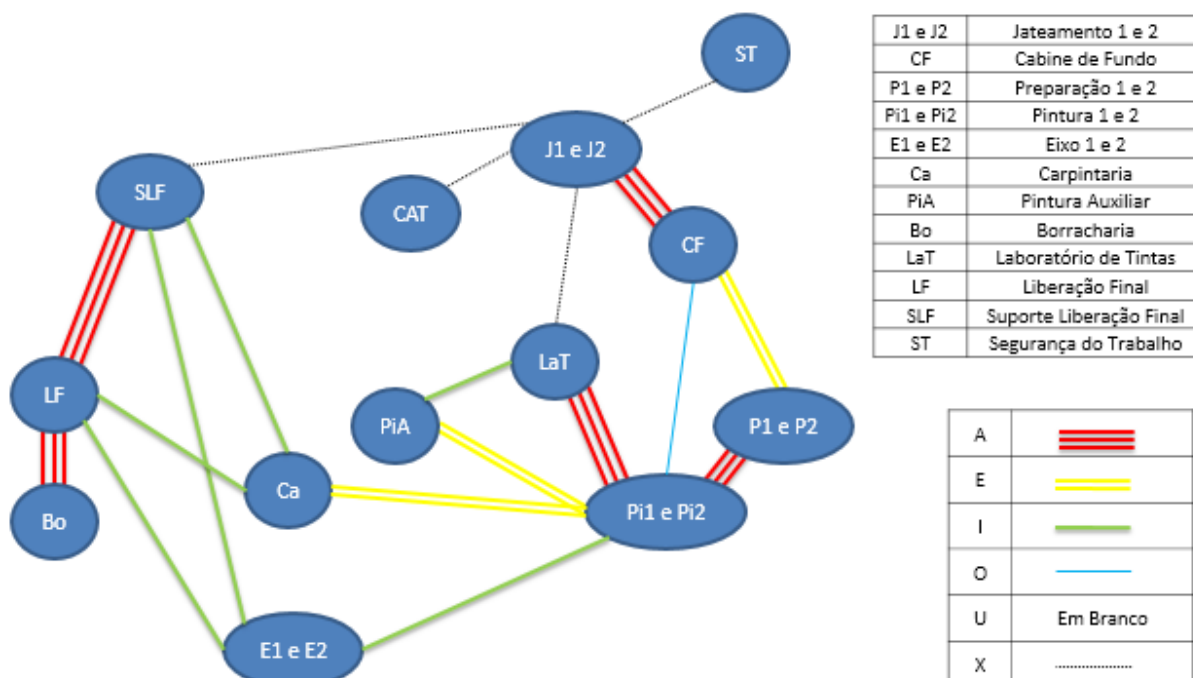


Figura 12 – Diagrama de inter-relações.

Fonte: Autoria própria.

Definiu-se que as cabines de mesma função, tais como jateamento 1 e jateamento 2, preparação 1 e preparação 2, etc, devem estar, obrigatoriamente, adjacentes. Sendo assim, optou-se por tratar estes setores como apenas um, para facilitar a visualização gráfica.

4.2.4 Determinação dos espaços necessários

Para determinação dos espaços necessários em cada setor foram levantados dados referentes às dimensões dos produtos de cada categoria, espaço de trabalho necessário em cada estação e espaço para equipamentos atuais e futuras expansões. As dimensões médias e máximas para os equipamentos de cada categoria são apresentadas no Quadro 4 (C – comprimento, L – largura e A – altura).

Produto	Dimensão média CxLxA [m]	Dimensão máxima CxLxA [m]
Semirreboque Basculante	8x2,6x4	12,5x2,6x4
Semirreboque Carrega-tudo	22,5x3x2	26x3,2x2
Semirreboque Gaiola de Gás	15x2,6x4	20x2,6x4

Quadro 5 – Dimensões dos produtos analisados.

Fonte: Autoria própria.

O espaço de trabalho necessário em cada setor foi determinado através da observação do processo e entrevistas com os funcionários. A área ocupada por cada setor está descrita na Tabela 2, na qual é exposta a área ocupada pelo produto, já considerando o espaço necessário para a movimentação do empregado, o espaço necessário para a atividade de apoio a produção e a área ocupada pelo maquinário de cada etapa. Definiu-se que as cabines com o código "1" seriam projetadas de acordo com o produto de maior dimensão, Semirreboque Carrega-tudo.

Tabela 2 – Cálculo dos espaços necessários.

Descrição	(continua)			
	Área produto e trabalho [m ²]	Área de apoio [m ²]	Área de máquinas (atual) [m ²]	Área total [m ²]
Carpintaria	-	180	20	210
Eixo 1	154	45,0*	10,0*	214
Eixo 2	82,5	45,0*	10,0*	142,5
Jateamento 1	154	-	5,0*	161,5
Jateamento 2	82,5	-	5,0*	90
Cabine de Fundo	154	-	2	157
Preparação 1	154	-	-	154

Tabela 2 – Cálculo dos espaços necessários.

Descrição	(conclusão)			
	Área produto e trabalho [m ²]	Área de apoio [m ²]	Área de máquinas (atual) [m ²]	Área total [m ²]
Preparação 2	82,5	-	-	82,5
Pintura Final 1	154	-	2	157
Pintura Final 2	82,5	-	2	85,5
Liberação Final	473	-	-	473
Borracharia	-	60	10	75
Pintura Auxiliar	-	70	-	70
Laboratório de Tintas	-	40	10	55
Almoxarifado	-	470	-	470
Cabine de Alta Tensão	-	-	32,1	48,2
Segurança do Trabalho	-	50	-	50
Suporte à Liberação Final	-	62,6	-	62,6
Resíduos de Tinta	-	12	-	12

Fonte: Autoria própria.

Assumiu-se como padrão a largura de 5,5 metros para todas as cabines de processamento dos semirreboques, além de 2 metros adicionais ao comprimento máximo do item a ser processado na mesma, considerando assim o espaço necessário para trabalho do operador.

A partir dos dados expostos, definiram-se as áreas necessárias para cada setor com um adicional de 50% do maquinário atual a fim de se absorver possíveis expansões e mudanças de equipamentos. Considerou-se uma área de uso comum de apoio/máquinas para as cabines de Eixo 1 e 2 e Jateamento 1 e 2, assim, expõe-se na tabela metade do valor necessário.

4.2.5 Espaço disponível

Para determinação do espaço disponível, assumiu-se que a área ocupada atualmente pela fábrica principal (Fábrica 01) não seria mudada em função da reestruturação do setor de acabamento. Além disso, existe a necessidade de um corredor, de 20 metros de largura, para acesso à fábrica. O espaço disponível pode ser observado na Figura 13.

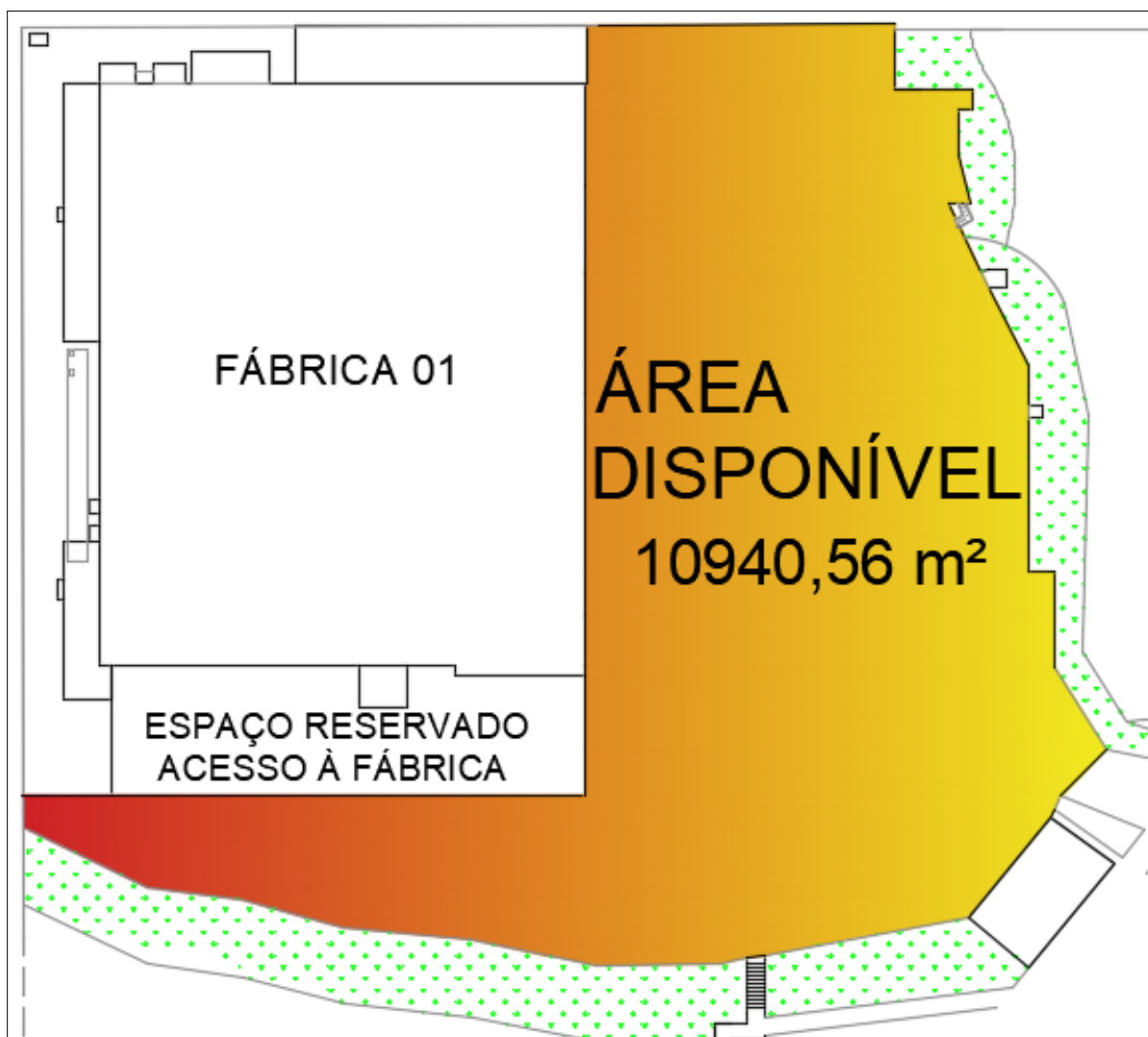


Figura 13 – Espaço disponível.

Fonte: Autoria própria.

O espaço necessário foi avaliado em 2,8 mil metros quadrados, sem considerar as atividades externas ao setor, tais como movimentação de peças e produtos. Mesmo assim, o espaço disponível de 10,9 mil metros quadrados é suficiente para acomodar todas as necessidades da produção.

4.2.6 Determinação do diagrama de inter-relações de espaços

Nesta seção é exposto o diagrama de inter-relações de espaços, o qual pode ser observado na Figura 14. Para a elaboração foram seguidas as correlações estabelecidas na carta de interligações preferenciais, encontrada no Apêndice B. Na

imagem são expostas as áreas mínimas e máximas de cada um dos setores assim como a necessidade de proximidade entre eles.

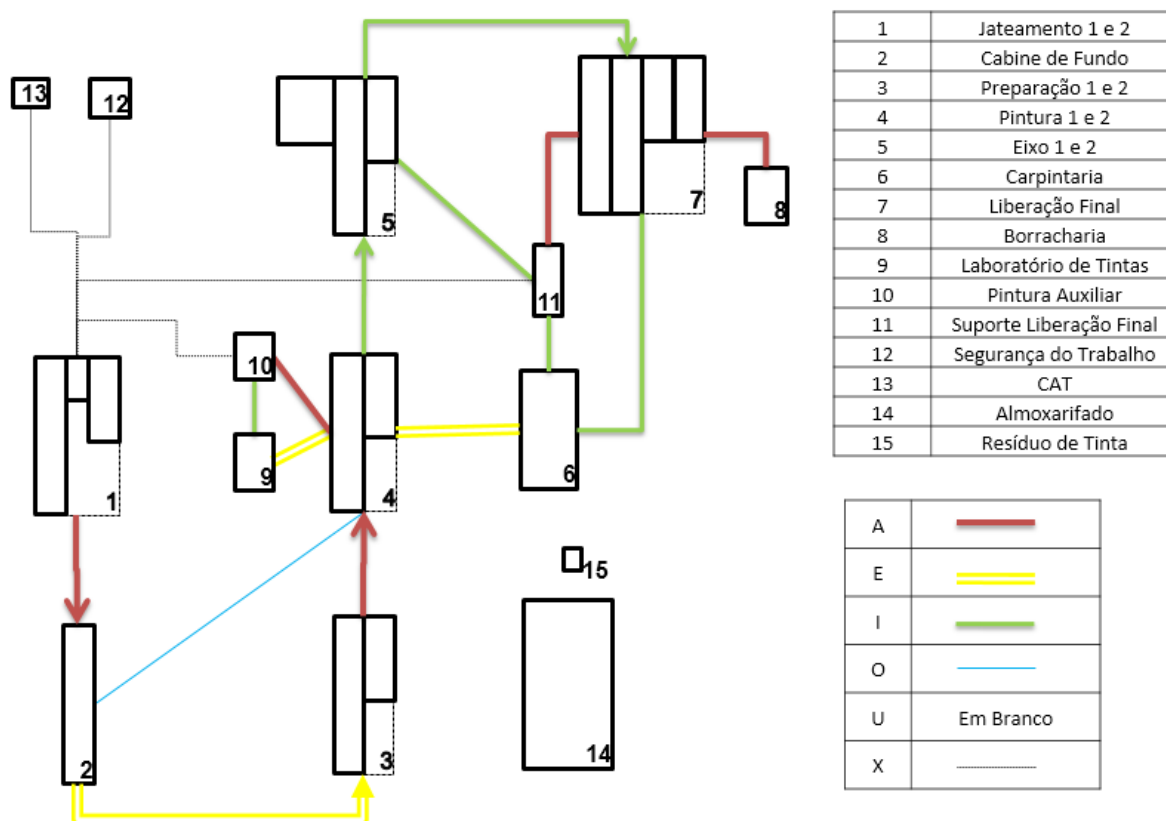


Figura 14 – Diagrama de inter-relações de espaços.

Fonte: Autoria própria.

A partir dos dados da Tabela 2, foi elaborada a Tabela 3, na qual são definidas as dimensões mínimas e máximas de cada um dos setores. Alguns destes espaços não possuem esta faixa de valores devido à flexibilidade de alteração em suas dimensões, sem alteração da área total. Na Tabela 3, para eixos 1 e 2 e jateamento 1 e 2, são analisadas apenas as dimensões das cabines de processamento do produto e não são consideradas as de apoio a etapa.

Tabela 3 – Dimensões e áreas mínimas e máximas.

Descrição	Comprimento [m]	Largura [m]	Área [m ²]
Carpintaria	-	-	210
Eixo 1	28	5,5	154
Eixo 2	15,0 - 28,0	5,5	82,5 - 154,0
Jateamento 1	28	5,5	154
Jateamento 2	15,0 - 28,0	5,5	82,5 - 154,0

(continua)

Tabela 3 – Dimensões e áreas mínimas e máximas.

Descrição	Comprimento [m]	Largura [m]	(conclusão)
			Área [m ²]
Cabine de Fundo	28	5,5	154
Preparação 1	28	5,5	154
Preparação 2	15,0 - 28,0	5,5	82,5 - 154,0
Pintura Final 1	28	5,5	154
Pintura Final 2	15,0 - 28,0	5,5	82,5 - 154,0
Liberação Final	15,0 - 28,0	4 x 5,5	473,0 - 616,0
Borracharia	-	-	75
Pintura Auxiliar	-	-	70
Laboratório de Tintas	-	-	55
Almoxarifado	-	-	470
Cabine de Alta Tensão	-	-	48,2
Segurança do Trabalho	-	-	50
Suporte à Liberação Final	-	-	62,6
Resíduos de Tinta	-	-	12

Fonte: Autoria própria.

4.2.7 Considerações de mudanças e limitações práticas

Para este projeto as principais considerações de mudança para a redução ou eliminação dos desperdícios (capítulo 4.2.1), um melhor sequenciamento (Figura 12) e adequação aos espaços necessários (capítulo 4.2.4) são:

- I. Necessidade de um sistema de movimentação do produto entre cabines adjacentes (cabo rebocador ou empilhadeira);
- II. Adequação do processo de coleta de granalha nas cabines de jateamento;
- III. Inclusão do processo de preparação à pintura;
- IV. Instalação de madeiras (carpintaria) junto a preparação (processo anterior a pintura);
- V. Dimensões das construções.

A diretoria da empresa não estabeleceu nenhuma restrição quanto ao arranjo físico, exceto a não interferência no barracão de produção principal e a garantia de uma rua para trânsito de 20 metros de largura. Tal rua deve fornecer acesso à parte frontal do barracão principal e à área externa de armazenamento de chapas.

A principal limitação prática à realização deste projeto é devido ao sequenciamento do processo produtivo para redução das movimentações excessivas

dos produtos. Deve-se atentar que a falta de suprimentos para a produção acarreta na interrupção do processo em linha, levando novamente a altos custos de transporte, uma vez que as etapas interrompidas devem ser realizadas em um outro momento.

4.2.8 Layouts alternativos

Neste capítulo são expostas as alternativas elaboradas a partir do estudo realizado. estas foram feitas com o auxílio de uma ferramenta CAD. Foram desenhados os setores e a área disponível em escala, formando 15 módulos, conforme Figura 15. Foram consideradas particularidades específicas de cada área, tais como quais setores poderiam ter suas dimensões ajustadas (requisitos de área) e alocação de espaços dentro de cada módulo.

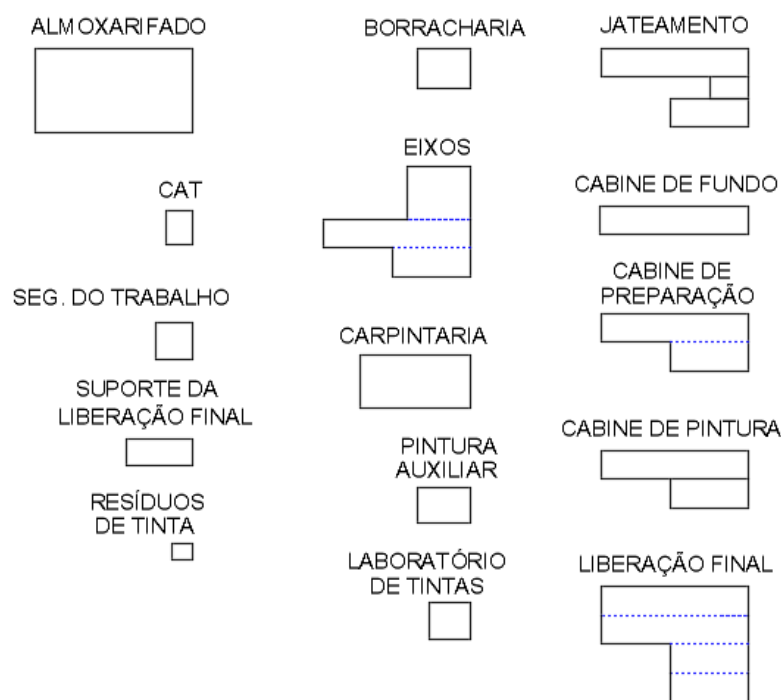


Figura 15 – Módulos dos setores.

Fonte: Autoria própria.

Durante o processo de geração de alternativas, foi verificado que se obteria uma maior eficiência em termos de movimentação, com a adição de uma segunda cabine de fundo, pois, desta forma, obtém-se uma linha dedicada para cada categoria de produto, facilitando a automatização da movimentação entre cabines. Também foram respeitados os requisitos de manobrabilidade de produtos, mantendo-se um espaço mínimo de 20 metros em locais de trânsito via empilhadeira e definindo, para

cada alternativa, como seria feita a movimentação das carretas entre processos adjacentes.

Para todos os casos, mudou-se a posição das cabines de jateamento, fundo e pintura, devido a maior necessidade de espaço nas mesmas e à inclusão do processo de preparação. Desta forma, respeitando as inter-relações entre os setores, cada etapa foi alocada no local que permitisse o fluxo correto da produção e a movimentação das carretas.

Visando possíveis reduções de custos na implementação de um novo *layout*, tentou-se aproveitar as instalações já existentes, mesmo esta não sendo uma restrição imposta pela diretoria da empresa. As áreas que mantiveram seu posicionamento igual ao estado atual do *layout* foram destacadas com a cor cinza. As alternativas sugeridas são explanadas a seguir.

Alternativa I: Nesta alternativa, mantiveram-se inalterados os locais dos setores: almoxarifado, CAT, segurança do trabalho, borracharia, resíduos de tintas, liberação final e suporte a liberação final, de forma que o produto necessitaria três vezes do auxílio da empilhadeira para locomoção entre setores, conforme Figura 16.



Figura 16 – Alternativa I.
Fonte: Autoria própria.

Alternativa II: Nesta alternativa, mantiveram-se inalterados os locais dos setores: almoxarifado, CAT, segurança do trabalho, borracharia, liberação final, suporte a liberação final e resíduo de tintas, de forma que o produto necessitaria três vezes do auxílio da empilhadeira para locomoção entre setores, conforme Figura 17.



Figura 17 – Alternativa II.
Fonte: Autoria própria.

Alternativa III: Nesta alternativa, mantiveram-se inalterados os locais dos setores: borracharia, liberação final, suporte a liberação final, resíduo de tintas e CAT, de forma que o produto necessitaria três vezes do auxílio da empilhadeira para locomover-se entre setores, conforme Figura 18.



Figura 18 – Alternativa III.

Fonte: Autoria própria.

Alternativa IV: Nesta alternativa, mantiveram-se inalterados os locais dos setores: laboratório de tintas, CAT e resíduo de tintas de forma que o produto necessitaria três vezes do auxílio da empilhadeira para locomover-se entre setores, conforme Figura 19.



Figura 19 – Alternativa IV.

Fonte: Autoria própria.

Alternativa V: Nesta alternativa, mantiveram-se inalterados os locais dos setores: almoxarifado, CAT, segurança do trabalho, borracharia, liberação final, suporte a liberação final e resíduo de tintas, de forma que o produto necessitaria três vezes do auxílio da empilhadeira para locomoção entre setores, conforme Figura 20.



Figura 20 – Alternativa V.
Fonte: Autoria própria.

4.3 Avaliação dos layouts alternativos

Nesta etapa do desenvolvimento do estudo são avaliadas as alternativas, mostradas na seção 4.2.8, de acordo como os fatores listados no Quadro 6. Para seleção destes fatores foram consideradas as principais mudanças solicitadas pela empresa, além de fatores de segurança e aproveitamento das instalações atuais e dos espaços. Foram atribuídos pesos de acordo com a importância do fator, conforme alinhado com a diretoria da empresa.

Fatores	Peso	Alternativas				
		I	II	III	IV	V
Eficiência do fluxo de materiais	10	2	3	4	1	5
Eficiência da estocagem do produto semiacabado	9	4	3	3	4	4
Adaptabilidade e versatilidade	8	4	3	3	4	5
Eficiência na integração dos serviços de suporte	7	5	5	5	5	5
Facilidade para futuras expansões	6	3	3	4	5	2
Aproveitamento das estruturas atuais	5	4	3	2	2	4
Utilização do espaço	4	1	2	3	1	4
Segurança da fábrica	3	2	3	4	1	5
Totais		171	166	184	160	224

Notas: 1 - Ruim 2 - Razoável 3 - Bom
4 - Muito Bom 5 - Quase Perfeito

Quadro 6 – Avaliação das alternativas.

Fonte: Autoria própria.

Os critérios utilizados para atribuição de notas foram os seguintes:

- Eficiência do fluxo de materiais: avaliação da movimentação do produto (distância percorrida via empilhadeira e cabo rebocador) conforme os diagramas de movimentação localizados no Apêndice C;
- Eficiência da estocagem do produto semiacabado: possibilidade de interrupção do processo produtivo e armazenagem do produto semiacabado, devido a mudanças de projeto ou falhas no fornecimento de matéria-prima;
- Adaptabilidade e versatilidade: repostas do sistema para produtos que não se enquadram nas categorias estudadas;
- Eficiência na integração dos serviços de suporte: proximidade dos serviços de suporte com seus respectivos clientes;

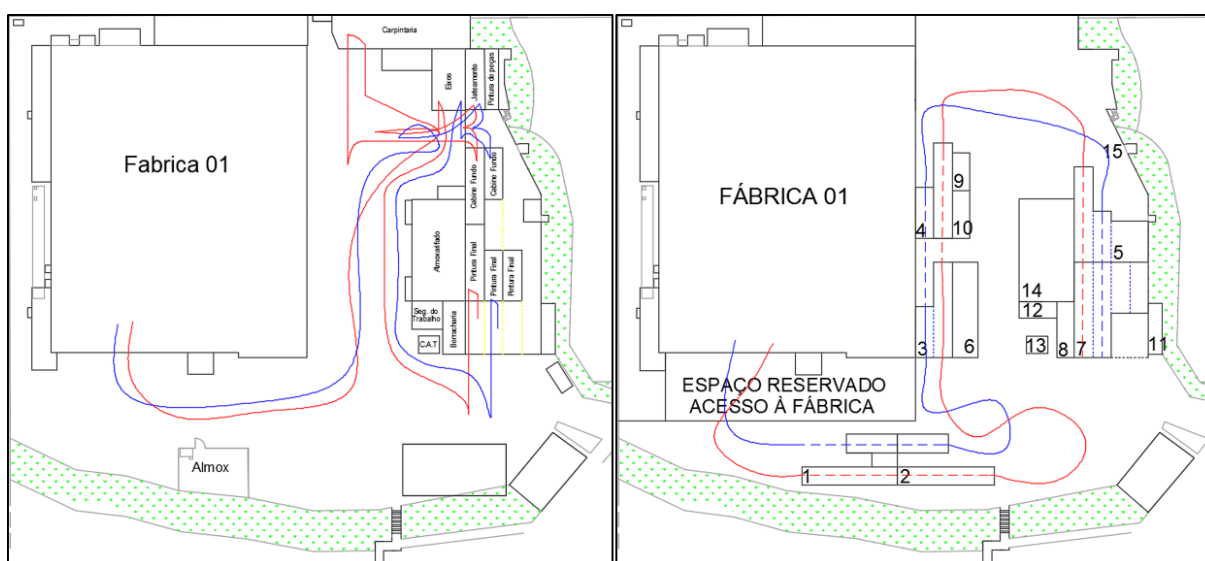
- Facilidade para futuras expansões: quantidade de espaço livre ao lado das estruturas sugeridas;
- Aproveitamento das estruturas atuais: número de estruturas atuais utilizadas no novo *layout*;
- Utilização do espaço: distribuição das cabines de processamento e espaços livres;
- Segurança da fábrica: avaliação da movimentação fora das cabines de processamento e visibilidade das pessoas em trânsito no local.

5 RESULTADOS

A partir das análises realizadas no Capítulo 4, a alternativa com a melhor capacidade de atendimento as necessidades da empresa é a alternativa V. Esta configuração de *layout* se destaca pela grande eficiência no fluxo de materiais, devido à proximidade entre os processos, compactação do *layout*, disponibilização de uma grande área livre do processo, permitindo novas expansões e alterações no processo produtivo da unidade fabril. Outro ponto forte deste *design* é quanto à segurança relacionada as movimentações, devido à grande visibilidade dos transeuntes e operadores de empilhadeira.

Durante a etapa de definição do referencial teórico decidiu-se seguir uma metodologia na qual o desenvolvimento do trabalho seria realizado em etapas sequenciadas, uma etapa só seria iniciada após a conclusão da anterior. Ao longo da elaboração do presente trabalho optou-se por uma metodologia diferente, na qual as etapas seriam desenvolvidas simultaneamente, conforme a Figura 9, tornando o desenvolvimento das soluções apresentas um processo iterativo.

O resultado obtido com este projeto solicita grandes mudanças estruturais na estrutura atual do setor analisado. Em contrapartida propõe uma grande redução na movimentação dos produtos quando comparado ao *layout* anterior, conforme observado na Figura 21.



**Figura 21 – Diagramas de movimentação: situação atual (esquerda) e proposta (direita).
Fonte: Autoria própria.**

Outra melhoria pode ser observada na gestão de estoques intermediários. Tal melhoria é notável, pois com o novo *layout* criam-se “obrigatoriedades” entre pares de etapas, as quais devem ser realizadas em um intervalo de tempo determinado. Esta característica faz com que retrabalhos, saídas e reentradas no fluxo sejam evitadas.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho atingiu os objetivos propostos no início de sua elaboração. Foi proposto uma nova estrutura, utilizando a metodologia proposta por Muther (1978), na qual foram identificados desperdícios com auxílio de ferramentas como o mapeamento do fluxo de valor. A combinação destas ferramentas evidenciou grandes oportunidades de melhorias nas etapas de produção, as quais foram aplicadas, visando adequar a capacidade produtiva a empresa.

A metodologia do Planejamento Sistemático de *Layout*, proposta por Muther em 1978, mesmo que antiga, demonstrou atender todas as necessidades do projeto, abrangendo as solicitações de melhoria. Durante a avaliação dos problemas na estrutura atual e na sequência de produção, percebeu-se grande similaridade entre as ferramentas propostas no Planejamento Sistemático de *Layout* com as principais ferramentas da filosofia *lean*.

Desta forma, com a aplicação do roteiro proposto por Muther, consegue-se em muitos casos uma redução significativa dos desperdícios durante a elaboração de uma proposta de melhoria. Quando associado a análise mais profunda dos desperdícios da linha produtiva, através do VSM, obtém-se um resultado mais polido, o qual apresenta uma maior redução de custos e aumento de produtividade.

Foram encontradas dificuldades durante a coleta de tempos e dados referentes a produção, devido ao cenário econômico do país durante a execução deste projeto. A baixa demanda do mercado e conseqüente a grande ociosidade do sistema produtivo acarretaram em uma coleta de dados majoritariamente heurística, apoiando-se na experiência dos funcionários, alguns casos atuais e principalmente no histórico produtivo da empresa. Contudo, a relativa escassez de dados não invalida os resultados obtidos, pois as características do processo produtivo, tais como a grande flexibilidade do tempo de ciclo nas etapas envolvidas, possibilitam futuros ajustes nas linhas, sem que sejam necessárias mudanças na estrutura.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a análise detalhada do processo produtivo de cada etapa do setor, a fim de se avaliar a qualidade do serviço realizado através

do método de produção utilizado, focando nos custos relacionados a cada etapa de forma separada, buscando uma maior otimização dos gastos.

REFERÊNCIAS

ANFIR – **Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários**. Estatísticas: Desempenho do setor. Disponível em: <<http://www.anfir.org.br/apoio.php?pagina=1>>. Acesso em 13 de março de 2017.

ATIEH, A. M.; KAYLANI, H.; ALMUHTADY, A.; AL-TAMIMI, O. **A value stream mapping and simulation hybrid approach: application to glass industry**. Londres, Inglaterra. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 84, Number 5-8, Page 1573. 2016.

CAMPOS, E. A. R. ; RESENDE, L. M. ; PONTES, J. ; ANDRADE JÚNIOR, P.P. . **Confiança em redes horizontais de empresas: um estudo bibliométrico**. In: ENEGEP 2015, 2015. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Anuário do transporte CNT: Material para imprensa**. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/File/MaterialImprensa.pdf>>. Acesso em 19 de março de 2017.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Transporte rodoviário de cargas deve ter retomada lenta de crescimento**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/retomada-lenta-transporte-rodoviario-deve-alcancar-patamar-pre-crise-em-2020>>. Acesso em 15 de março de 2017.

DINIS-CARVALHO, J.; FERRETE, L. F.; SOUSA, R. M.; MEDEIROS, H. S.; MAGALHÃES, A. J.; FERREIRA, J.P.. **Process mapping improvement: Extending value stream maps with waste identification diagrams**. Minho, Portugal. FME Transactions vol. 43, nro 4, pág 287-294. 2015.

HINES, P.; RICH, N.. **The seven value stream mapping tools**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17 Issue: 1, pp.46-64. 1997.

INFRAROI. **Setor de implementos rodoviários deve se recuperar em 2017**. Disponível em: <<http://infraroi.com.br/setor-de-implementos-rodoviarios-deve-se-recuperar-em-2017>>. Acesso em 13 de março de 2017.

JONES, G. R.; GEORGE, J. M. **Administração Contemporânea**. 4ª edição. São Paulo: McGraw-Hill. 2008.

KOSTROW, P. **The Facilities Planning Process. Facilities Planning.** Executive, p. 10-14, May-June, 1996.

LOVELLE, J.. **Mapping the value stream.** IIE Solutions. Norcross: Feb 2001. Vol. 33, Iss. 2, pg. 26, 7 pgs. 2001.

MARTINS, V. W.B.; FREITAS, F. F. T.. **Planejamento Sistemático de Layout (PSL): Análise do layout de uma empresa produtora de pneus recapados.** Florianópolis, Brasil. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, vol. 3, nro 5. 2011.

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

NAQVI, S. A. A.; FAHAD, M.; ATIR, M.; ZUBAIR, M.; SHEHZAD, M. M.. **Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning.** Karachi, Paquistão. Cogent Engineering, vol.3, ed.1. 2016.

OHNO, TAIICHI. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre. Editora Bookman, Porto Alegre, 1ª edição 1997

PASTRE – Indústria Metalúrgica Pastre. **Produtos.** Disponível em: <<http://www.pastre.com.br/index.php?p=4>>. Acesso em 14 de março de 2017.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D.. **A Máquina que Mudou o Mundo.** Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda, 5 ed. 1992.

APÊNDICE A – LAYOUT PRÉ-PROJETO COM COTAS

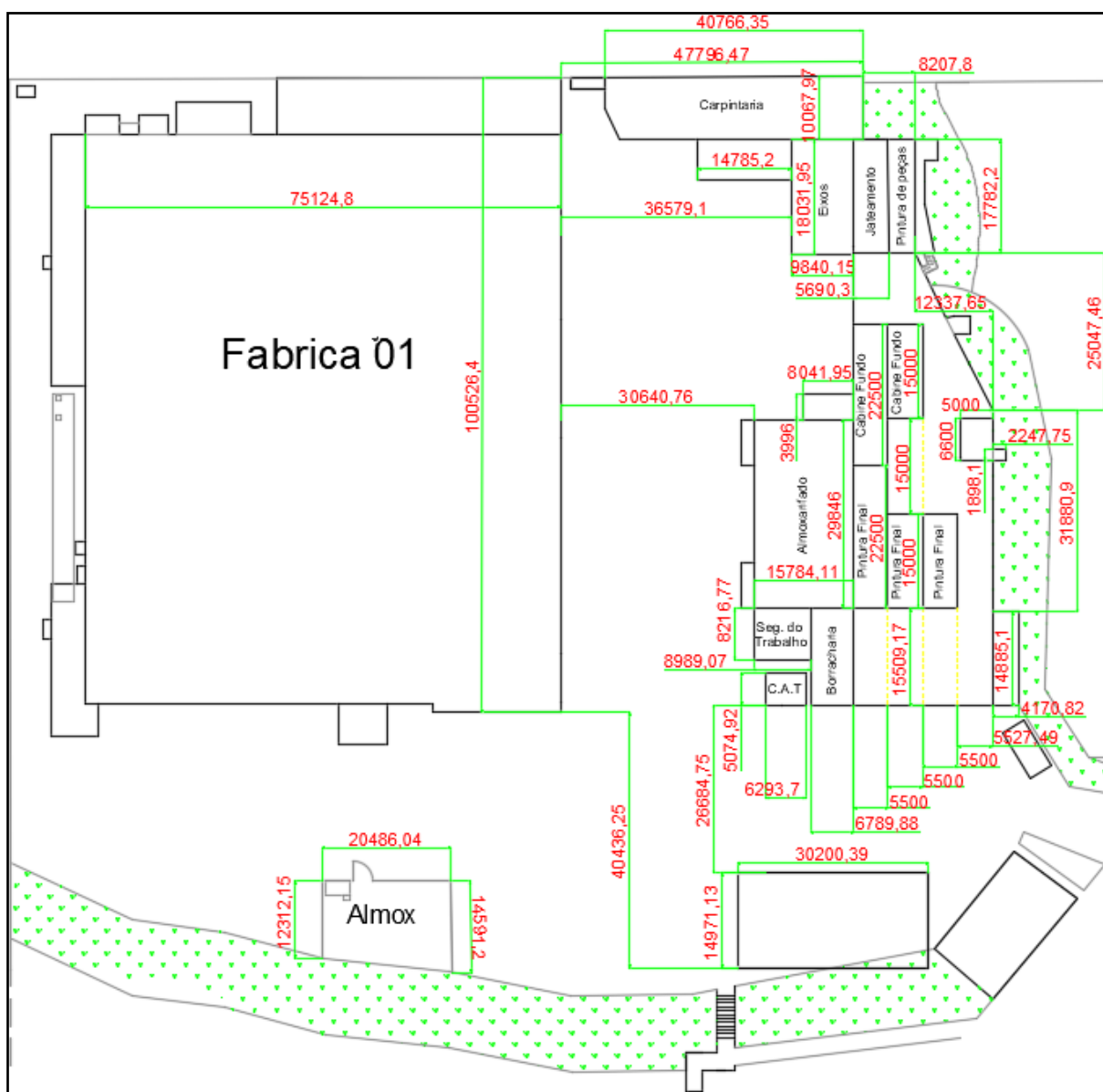


Figura 22 – *Layout* situação antes do projeto com cotas [mm].

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – CARTA DE INTER-RELAÇÕES ENTRE SETORES

		Central de Alta Tensão	Suporte Liberação Final	Segurança do Trabalho	Liberação Final	Laboratório de Tintas	Almoxarifado	Borracharia	Pintura Auxiliar	Carpintaria	Eixo 2	Eixo 1	Pintura 2	Pintura 1	Preparação 2	Preparação 1	Cabine de Fundo	Jateamento 2
J1	Jateamento 1	X 6	X 6	X 6	U	X 6	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A 1	A 2
J2	Jateamento 2	X 6	X 6	X 6	U	X 6	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A 1	
CF	Cabine de Fundo	U	U	O 6	U	U	U	U	U	U	U	U	O 5	O 5	E 1	E 1		
P1	Preparação 1	U	U	O 6	U	U	U	U	U	U	U	U	A 2	A 1	A 2			
P2	Preparação 2	U	U	O 6	U	U	U	U	U	U	U	U	A 1	A 2				
Pi1	Pintura 1	U	U	O 6	U	A 3	U	U	E 2	E 1	I 1	I 1	A 2					
Pi2	Pintura 2	U	U	O 6	U	A 3	U	U	E 2	E 1	I 1	I 1						
E1	Eixo 1	U	I 1	O 6	I 1	U	U	U	U	U	U							
E2	Eixo 2	U	I 1	O 6	I 1	U	U	U	U	U								
Ca	Carpintaria	U	I 1	O 6	I 1	U	U	U	U									
PiA	Pintura Auxiliar	U	U	O 6	U	I 11	U	U										
Bo	Borracharia	U	U	O 6	A 4	U	U											
Al	Almoxarifado	U	U	O 6	U	U												
LaT	Laboratório de Tintas	U	U	O 6	U													
LF	Liberação Final	U	A 4	O 6														
ST	Segurança do Trabalho	U	O 6															
SLF	Suporte Liberação Final	U																

A	Absolutamente necessário
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

1	Fluxo de material
2	Utilização de equipamentos comuns
3	Frequência de contatos
4	Mesmo pessoal
5	Trabalho semelhante
6	Supervisão de pessoal
7	Ruído, vibrações

Quadro 7 – Carta de inter-relações.

Fonte: Autoria própria.

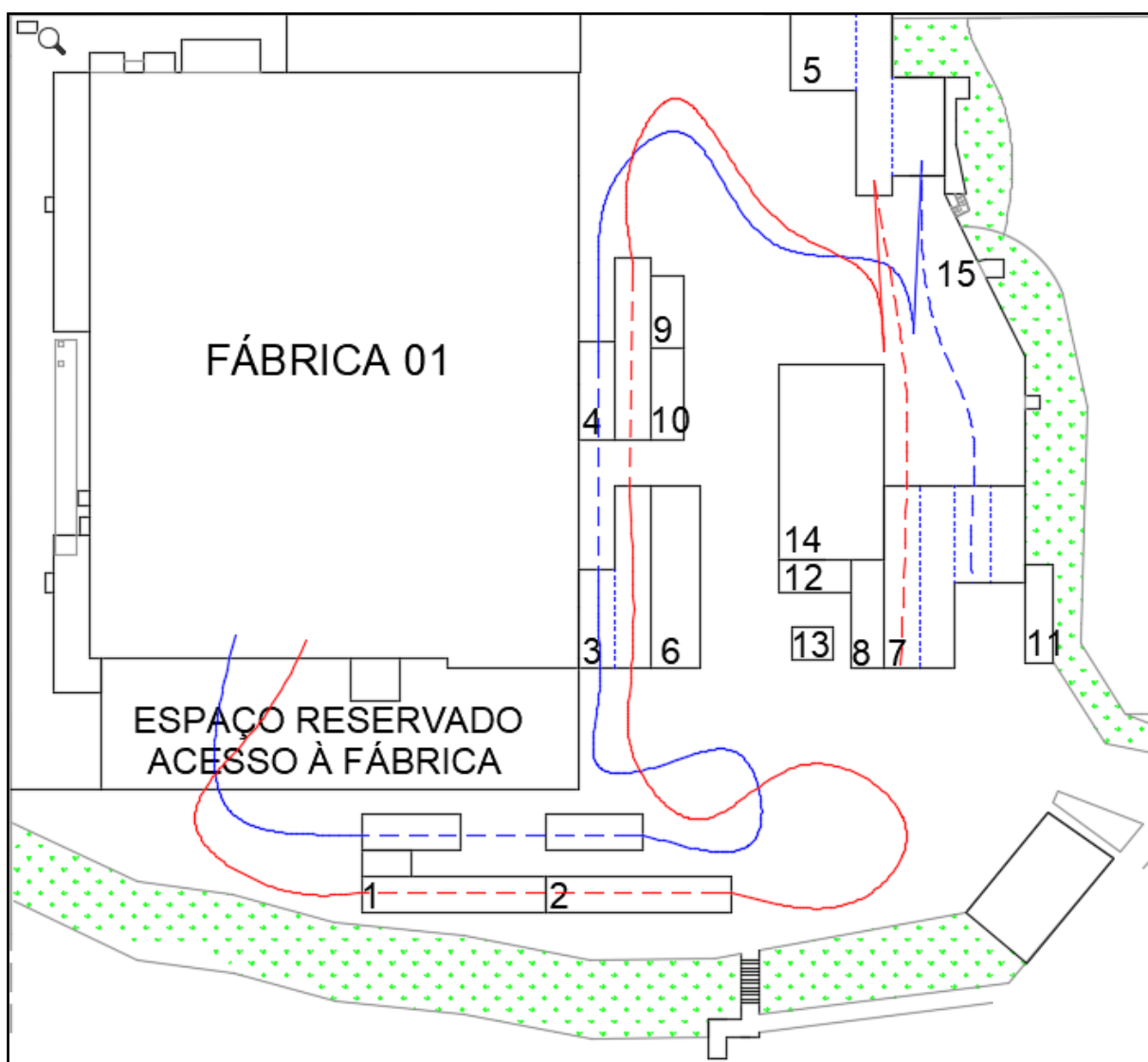
APÊNDICE C – DIAGRAMAS DE MOVIMENTAÇÃO (ALTERNATIVAS)

Figura 23 – Diagrama de movimentação (Alternativa I).

Fonte: Autoria Própria.

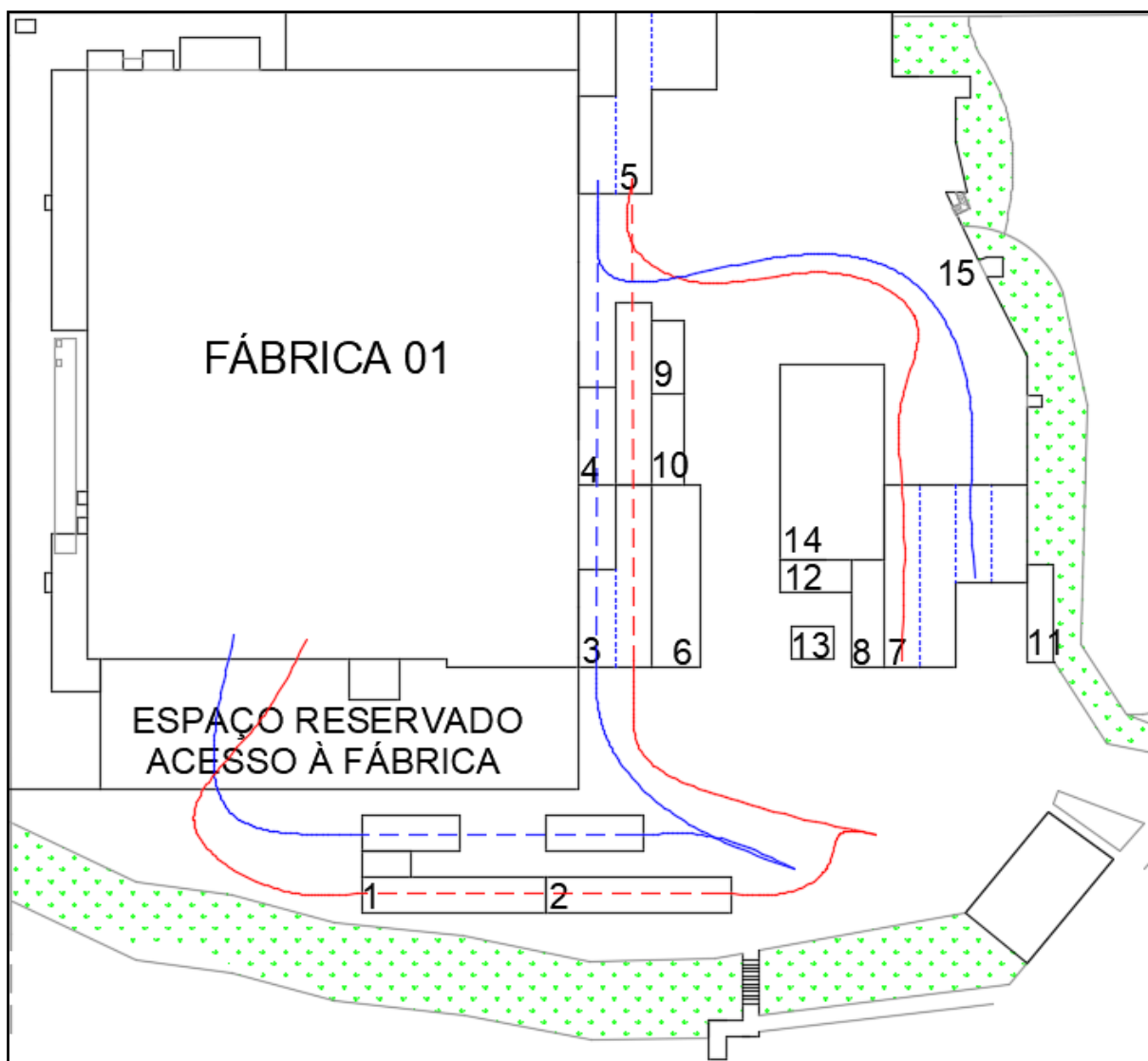


Figura 24 – Diagrama de movimentação (Alternativa II).

Fonte: Autoria Própria.



Figura 25 – Diagrama de movimentação (Alternativa III).
Fonte: Autoria Própria.

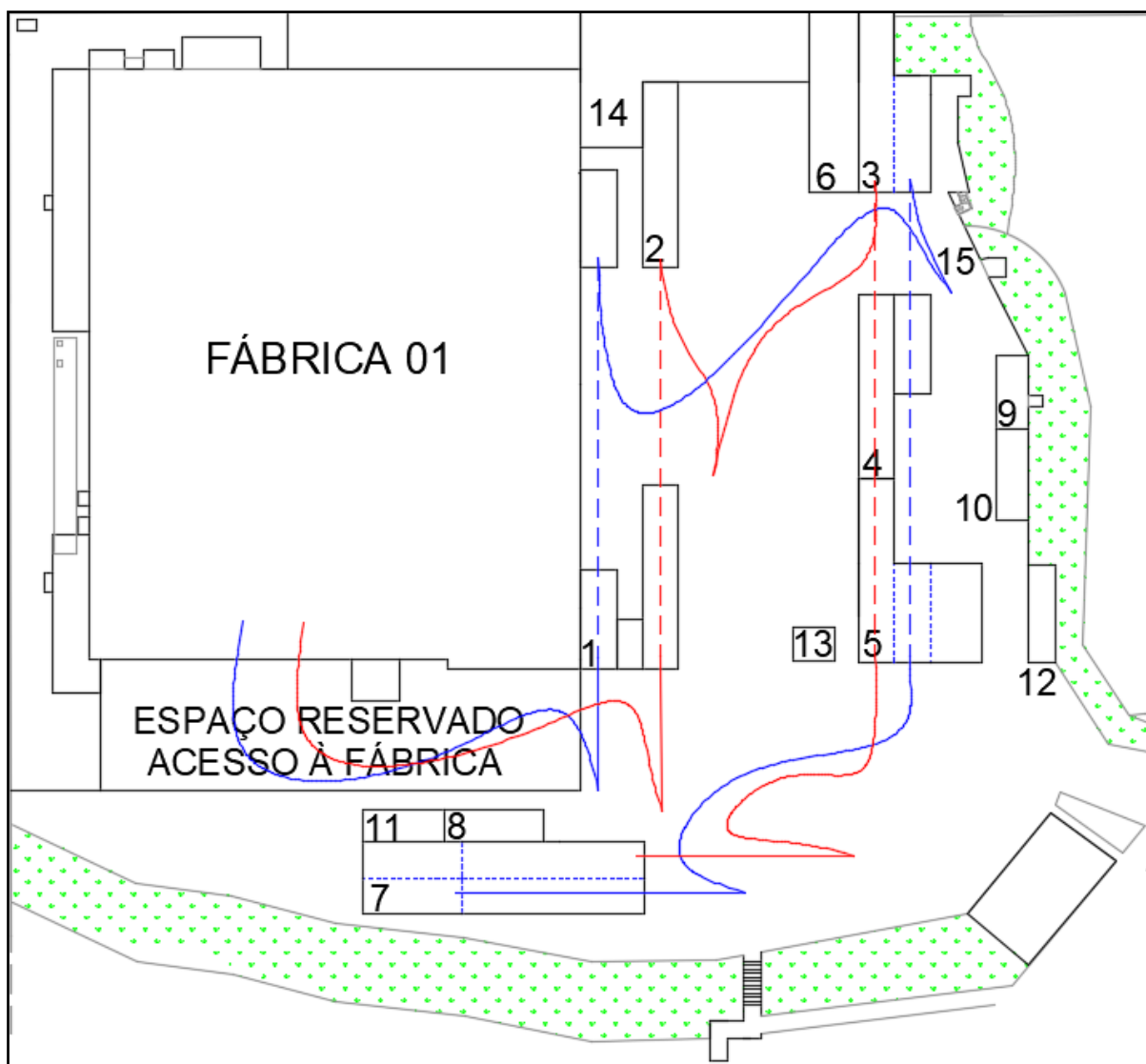


Figura 26 – Diagrama de movimentação (Alternativa IV).

Fonte: Autoria Própria.



Figura 27 – Diagrama de movimentação (Alternativa V).
Fonte: Autoria Própria.