



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Recife

Coordenação Acadêmica do Curso Superior em Engenharia Mecânica

Bacharelado em Engenharia Mecânica

RODRIGO MARQUES TORRES

**ESTUDO DE GANHO DE PRODUTIVIDADE EM UMA FRENTA DE
CARREGAMENTO DE PREGOS POR MEIO DA OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DO
ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Recife

2024

RODRIGO MARQUES TORRES

**ESTUDO DE GANHO DE PRODUTIVIDADE EM UMA FRENTA DE
CARREGAMENTO DE PREGOS POR MEIO DA OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DO
ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso Bacharelado em
Engenharia Mecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Pernambuco, como requisito para obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Peixoto da
Costa.

Recife

2024

Catálogo na fonte: Danielle Castro da Silva CRB4/1457

T693e
2024

Torres, Rodrigo Marques.

Estudo de ganho de produtividade em uma frente de carregamento de pregos por meio da otimização da gestão do estoque em uma indústria siderúrgica / Rodrigo Marques Torres. --- Recife: O autor, 2024.

57f. il. Color.

TCC (Curso Superior Tecnológico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

Inclui Referências.

Orientadora: Prof. Dr. José Ângelo Peixoto da Costa.

1. Engenharia mecânica 2. Logística. 3. Estoque. 4. Gestão. I. Título. II. Costa, José Ângelo (orientador). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 620.1

RODRIGO MARQUES TORRES

**ESTUDO DE GANHO DE PRODUTIVIDADE EM UMA FRENTE DE
CARREGAMENTO DE PREGOS POR MEIO DA OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DO
ESTOQUE EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Trabalho aprovado. Recife, 23/09/2024.

Prof. Dr. José Ângelo Peixoto da Costa

Professor Orientador

Prof. Dr. Frederico Duarte de Menezes

Avaliador Interno

Prof. Dr. Alex Elton de Moura

Avaliador Externo

Recife

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar comigo em todos os momentos e por ter me dado o privilégio de estudar.

A minha família, e aos seus múltiplos esforços para que eu pudesse me desenvolver como pessoa e profissional. Em especial aos meus pais, que sempre me incentivaram e ofereceram os meios necessários para que eu pudesse chegar mais longe, além de serem os meus parceiros para todos os momentos.

Aos professores do IFPE-Recife, que contribuíram diretamente com a minha formação e me ensinaram muito além dos conteúdos programáticos, ao serem exemplos de pessoas e profissionais. Em especial aos professores José Ângelo Costa, Héber Claudius, Álvaro Ochoa, Andrezza Carolina e Luciana Lima Monteiro, pela disponibilidade e empenho em fazerem o melhor possível para os alunos e instituição.

Ao IFPE-Recife por me abrir portas do conhecimento e servir como impulsionador da minha carreira.

Aos meus amigos de turma, por estarem comigo ao longo desta difícil jornada da graduação.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

Com a necessidade de competir em um mercado globalizado e se diferenciar dentre os demais concorrentes, as empresas têm priorizado suas operações logísticas com o intuito de proporcionar um bom nível de atendimento ao cliente. Portanto este trabalho teve como objetivo realizar um estudo para identificar as ações necessárias para otimizar a gestão de um estoque pertencente a uma indústria siderúrgica, com foco na redução do tempo de separação dos produtos e no aumento da capacidade nominal de carregamento. Para isso foi feito um estudo de campo, onde foram realizadas medições de tempos e movimentos das principais atividades realizadas pelos operadores, utilizando cronômetro e sem realizar interferências diretas no contexto estudado. Paralelamente, os bancos de dados dos *softwares* utilizados pela organização foram consultados e obtidas as informações necessárias ao embasamento das análises. De modo que foi possível descrever o funcionamento dos principais processos relacionados à frente de carregamento estudada, e com isso identificar em que partes do processo seria possível atuar. Levantadas as alternativas de solução para as oportunidades apontadas, foi identificado que a utilização de um software de gestão de estoque do tipo *Warehouse Management System* (WMS) seria o mais adequado, tendo em vista as funcionalidades embarcadas, em especial o direcionamento para que os colaboradores façam a estocagem e coleta dos materiais de maneira assertiva. Com a implementação desta ferramenta na operação foi estimado, em um cenário conservador, que a redução no tempo de separação seria na ordem de 20% em média, o acréscimo na capacidade nominal da operação em 270 Ton por mês e o tempo de retorno do investimento entre 6 e 9 meses, a depender do fornecedor escolhido.

Palavras-chave: Logística; estoque; gestão.

ABSTRACT

With the need to compete in a globalized market and differentiate themselves from other competitors, companies have prioritized their logistics operations in order to provide a good level of customer service. Therefore, this work aimed to carry out a study to identify the actions necessary to optimize the management of a stock belonging to a steel industry, with a focus on reducing product separation time and increasing nominal loading capacity. To this end, a field study was carried out, where measurements of times and movements of the main activities carried out by operators were carried out, using a stopwatch and without making direct interference in the studied context. At the same time, the software databases used by the organization were consulted and the necessary information to support the analysis was obtained. Therefore, it was possible to describe the functioning of the main processes related to the studied loading front, and thus identify which parts of the process it would be possible to act on. After surveying alternative solutions for the opportunities highlighted, it was identified that the use of WMS-type inventory management software would be the most appropriate, given the built-in functionalities, in particular the direction for employees to carry out stocking and collecting materials assertively. With the implementation of this tool in the operation, it was estimated, in a conservative scenario, that the reduction in separation time would be in the order of 20% on average, the increase in the nominal capacity of the operation by 270 Ton per month and the return on investment time between 6 and 9 months, depending on the chosen supplier.

Keywords: Logistics; stock; management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: <i>Pallet</i> do tipo PBR	20
Figura 2: Porta- <i>pallets</i> convencional	20
Figura 3: Porta- <i>pallets Drive-In e Drive-Thru</i>	21
Figura 4: Porta- <i>pallet</i> do tipo <i>Pushback</i>	22
Figura 5: Etapas do processo produtivo.....	33
Figura 6: Etapas Carregamento	35
Figura 7: Caminho dos Pedidos Gerados	36
Figura 8: Etapas Carregamento FP.....	37
Figura 9: Layout do Estoque.	40
Figura 10: Rota de Separação.	41
Figura 11: Curva ABC.	42
Figura 12: <i>Pallet</i> com seis camadas.....	43
Figura 13: Exemplo rota de separação	45
Figura 14: Exemplo de armazenagem direcionada.	45
Figura 15: Funcionamento atual do fluxo de estoque.....	47
Figura 16: Funcionamento do fluxo de estoque com WMS.....	48

GRÁFICOS

Gráfico 1: Fracionamento médio por frente.....	39
Gráfico 2: Fluxo de Veículos por Frente.....	39
Gráfico 3: Acréscimo no faturamento mensal x margem de lucro líquida.	52

QUADROS

Quadro 1: Funcionalidades WMS fornecedores.....	49
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de Registro de Medições de Tempos e Movimentos	31
Tabela 2: Valores para o cálculo de aumento de capacidade nominal	51
Tabela 3: Orçamentos para aquisição de software WMS	53
Tabela 4: Tempo de retorno do capital investido.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS

DT – Documento de Transporte

ERP – Enterprise Resource Planning

FIFO – Fisrt in, Fisrt out

FP – Frente de Carregamento de Pregos

GCS – Gestão da Cadeia de Suprimentos

IFPE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

PBR – *Pallet* Padrão Brasileiro

PIB – Produto Interno Bruto

SCM – Supply Chain Management

TPV – Tempo de Permanência do Veículo

WMS – Warehouse Management System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Siderurgia.....	14
2.2 Supply Chain Management (SCM).....	15
2.3 Logística.....	16
2.3.1 Armazenagem.....	18
2.3.2 Estoque.....	22
2.3.3 Endereçamento.....	24
2.3.4 <i>Layout</i>	24
2.3.5 <i>Picking</i>	25
2.3.6 Curva ABC.....	26
2.3.7 FIFO.....	26
2.4 Warehouse Management System (WMS).....	27
3 METODOLOGIA.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1 Etapas do Processo Produtivo da Usina.....	33
4.2 Processo de Carregamento.....	34
4.3 Motivos de Improdutividade na Frente de Pregos.....	40
4.4 Possíveis Soluções Para Mitigar Perdas de Produtividade.....	42
4.5 Estudo de Viabilidade Técnica Para Implementação da Solução.....	50
4.6 Estimativa de Redução de Tempo das Atividades Realizadas.....	51
4.7 Estimativa de Aumento de Capacidade Nominal de Faturamento.....	51
4.8 Estimativa do Tempo de Retorno do Investimento.....	52
5 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O contexto macroeconômico brasileiro sofre influência direta da indústria siderúrgica, pois essas empresas oferecem uma quantidade significativa de postos de trabalho, na ordem de 121.722 mil em 2023. Assim como, neste mesmo ano o setor faturou US\$34.792.000.000,00, contribuindo de maneira importante com o Produto Interno Bruto - PIB nacional (IAB, 2024). Estas companhias, assim como de outros segmentos, buscam ser competitivas em um mercado globalizado, onde a comercialização de produtos considerados como *commodities* é especialmente disputada, tendo como principal concorrentes as indústrias chinesas.

Para se diferenciar frente a outros concorrentes, a otimização dos processos e um bom nível de serviço podem ser um diferencial, de modo que o bom desempenho logístico das organizações é um fator que pode ser determinante para que acordos de compra e venda sejam firmados, e isso está atrelado diretamente a capacidade de resposta rápida as necessidades do mercado, utilizando os modais necessários. Segundo Lyu, Chen e Huo (2019), os processos logísticos são de interesse operacional e estratégico nas empresas, do ponto de vista operacional, oferecendo produtos e serviços nos locais e momentos desejados, buscando sempre o menor custo possível. Já no aspecto estratégico, quando gerida como uma necessidade central do negócio, possibilitando a diferenciação do serviço perante os demais.

O crescimento da complexidade operacional na logística atual é um dos aspectos característicos do processo, tendo como fatores significativos o aumento do mix de produtos, maior volume de entregas, menores prazos de atendimento, a menor tolerância a erros de separação e a cobrança para que os níveis de estoque sejam minimizados. Com essa mudança de perfil, algumas consequências são obtidas, ao exemplo do acréscimo da representatividade do custo com armazenagem no custo logístico (LIMA, 2000).

A otimização das operações logísticas passa pela gestão de um dos principais integrantes do fluxo das atividades, e que pode atuar como um agente propulsor ou detrator dependendo de como é feita sua gestão, sendo ele o estoque. Segundo Ballou (2006) os estoques são considerados ajuntamentos de matérias-primas, peças, produtos semiacabados e itens acabados que são gerados em diversos pontos do canal de produção e logística das organizações.

O contexto de estudo deste trabalho é uma operação logística que ocorre em um armazém, no qual contém um estoque de materiais produzidos pela fábrica de pregos de uma indústria siderúrgica. Nesta frente de carregamento são estocados e movimentados produtos paletizados, no entanto sem a utilização de alguma ferramenta de gestão que possa contribuir com a execução otimizada das atividades, fazendo com que os colaboradores que ali atuam precisem recorrer a recursos ineficientes de apoio à rotina. Esta pesquisa busca identificar qual seria a melhor forma de aumentar a produtividade dessa operação, de forma a extrair todo o seu potencial e melhorar os seus resultados.

1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em dois tipos, sendo eles geral ou específicos. Abaixo é possível compreender a distinção entre eles, conforme segue:

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar oportunidades para otimizar a gestão do estoque em um galpão de armazenagem de pregos de uma indústria siderúrgica, com foco na redução de tempo das atividades realizadas e aumento da capacidade nominal de carregamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever as principais etapas do processo produtivo da usina;
- Descrever o processo de carregamento;
- Identificar motivos de improdutividade na frente de pregos;
- Identificar possíveis soluções para mitigar as perdas de produtividade;
- Realizar estudo de viabilidade técnica para implementação da solução;
- Estimar redução no tempo das atividades realizadas;
- Estimar o aumento da capacidade nominal de faturamento em toneladas;
- Estimar tempo de retorno do investimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas subseções seguintes deste capítulo estão apresentadas as fundamentações teóricas que dão base para este trabalho, servindo como ponto de partida para o entendimento do problema proposto.

2.1 Siderurgia

O aço é uma liga de ferro e carbono, tendo como matérias primas básicas o minério de ferro e o carvão vegetal ou mineral (Mello *et al.*, 2008), e as indústrias siderúrgicas são as que realizam a fabricação deste material que é largamente utilizado em diversas aplicações. No cenário mundial, esta indústria teve o seu crescimento acelerado em meados do século 20, em especial no período pós-guerra entre os anos de 1945 e 1979. Após este período, o que fez com que a siderurgia pudesse evoluir significativamente foram as inúmeras inovações tecnológicas nos processos de fabricação e nos produtos, o que fez com que a demanda fosse solidificada (Costa, 2002).

De maneira genérica, as plantas das indústrias siderúrgicas podem ser classificadas em dois tipos, levando em consideração a estrutura de produção, sendo elas integradas ou semi-integradas. Nas usinas integradas os processos de transformação do minério de ferro e produção do aço acontecem no mesmo parque industrial, e o processo de fabricação é dividido em três partes, sendo elas a redução, o refino e a laminação. Já as usinas semi-integradas não necessitam da etapa de redução, pois são alimentadas majoritariamente por sucata ferrosa, mas também com ferro gusa. (CARVALHO *et al.*, 2015). O método de fabricação integrado utiliza fornos alimentados por oxigênio, utilizado na fabricação de 80% da produção nacional e por 60% da mundial, e o semi-integrado se utiliza de fornos elétricos (COSTA, *et al.*, 2007).

O mercado consumidor do aço produzido nas usinas, e de seus subprodutos, é formado por outras indústrias como a construção civil, automotiva, ferroviária, naval, cimenteira, de produção de equipamentos eletrodomésticos e equipamento em geral. O aço pode existir de diversas formas e tipos, e é considerado um material aproximadamente homogêneo, o que lhe confere uma grande aplicabilidade em

diversos contextos, no entanto sendo necessário adequar a composição do material à aplicação em específico (CADE, 2022).

Dois métodos de conformação mecânica são os mais utilizados no Brasil para a fabricação de produtos finais, sendo eles a Laminação e Trefilação. Na Laminação um corpo sólido (tarugo) passa entre cilindros com a mesma velocidade, porém com sentidos opostos, tendo o seu diâmetro reduzido e comprimento aumentado. Na Trefilação é realizada a condução de um fio de aço, podendo em alguns casos ser também uma barra ou um tubo, através de uma ferramenta chamada fieira e que contém um furo central por onde passa o fio. O diâmetro do furo tem suas medidas reduzidas gradualmente, e apresenta um perfil na forma de funil (BRESCIANI, 2011).

2.2 Supply Chain Management (SCM)

No Brasil, ao final da década de noventa, houve um momento de transformações importantes nos conceitos de gestão, e em especial aos que se tratavam de metodologias operacionais (Fleury, 1999). Como fruto destas mudanças, foi introduzido o conceito de *Supply Chain Management* ou, em português, Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS). Tal conceito foi definido por Mourato (2019) como sendo a gestão da cadeia logística integrando e centralizando informações, prevendo suas demandas e promovendo a comunicação com todas as áreas da organização e suas funções e hierarquias, envolvendo a logística internamente e externamente. De acordo com Ching (2010):

O Supply Chain Management é a interação de diferentes processos e atividades que visam à criação de valor dos produtos e serviços para o cliente final, assim planejando e controlando o fluxo de mercadorias, informações e recursos, visando à alimentação de todo *Lead Time*, incluindo estratégias para focalizar a satisfação do cliente, retenção dos atuais e obtenção de novos clientes.

Segundo Gilbert e Ballou (1999), a melhoria da coordenação em uma cadeia de suprimentos está diretamente ligada com a iniciativa de fazer com que haja a mudança de comportamento das partes envolvidas, sendo esta motivada por pelo menos uma das partes e estimulada por algum incentivo. Estes autores enfatizam que

a melhoria operacional da performance, tendo como pilares a redução de custos com as partes envolvidas e do sistema globalmente, como sendo parte essencial para o ganho de competitividade da companhia.

Para Dias (2012), tem-se que uma das consequências da implementação bem aplicada do SCM está relacionada a redução de custos com estoque, distribuição, tempo de operação, transporte e desperdícios. Assim como, há o ganho de produtividade e eficácia no processo como um todo, aumento da rentabilidade do negócio, melhora do tempo de entrega e o melhor relacionamento com clientes e fornecedores. Outra característica desta ferramenta, é a redução de erros operacionais devido a centralização das informações e controle do processo.

2.3 Logística

A logística pode ser definida como parte integrante do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS), planejando, implementando e controlando a movimentação de produtos e matérias-primas, como também as informações relativas ao processo, da origem até a última etapa. Sendo todas essas ações parte da construção de um bom atendimento ao cliente, cumprindo com as suas exigências (CARVALHO, 2002). Trazendo em aspectos práticos, Bowersox (1998) deixa clara a diferença entre *Supply Chain Management* e Logística, ao afirmar que o SCM é o termo que leva em conta as relações internas entre setores com foco em garantir um bom nível de serviço aos clientes, já a Logística está relacionada a movimentação de produtos e suas informações, de um lugar para outro. Fazem parte do processo logístico os transportes, armazenagem, estoque e movimentações dos materiais. A principal meta a ser alcançada pela Logística, segundo Ballou (2011), é colocar o item certo no local correto e com o menor custo possível.

Uma forma de classificação da Logística está atrelada ao ambiente de atendimento, sendo ela definida como externa ou interna. Externamente, é realizada a movimentação de produtos para outras empresas ou clientes finais. Já internamente, Gasnier (2006) detalha que:

Os processos da logística interna, por sua vez, são os responsáveis pela movimentação e armazenagem dos materiais dentro da empresa. Sem essas atividades, não haveria o fluxo e, portanto, as transformações que agregam valor aos produtos. Onde a logística interna está comprometida, os custos podem até inviabilizar processos produtivos, deteriorando uma vantagem competitiva conquistada nos demais processos. Por fim, naturalmente, sem a distribuição física, os produtos não seriam encaminhados para onde está a demanda, e assim a comercialização não seria concretizada.

Apesar das definições modernas voltadas para as operações atuais, a logística está presente na vida das pessoas desde os tempos mais remotos das atividades de escambo e produção, e isso se deu a partir do momento que o homem primitivo produziu, em seu local habitual, mais do que poderia consumir. Já as atividades de movimentação, armazenamento e troca de informações tiveram suas primeiras interações mesmo antes de haver o comércio entre pessoas de lugares próximos (ULZE,1974). É importante associar que a logística sempre existiu, de maneira primitiva e sem as ferramentas tecnológicas disponíveis nos dias de hoje, mas sempre esteve presente. Porém, em um cenário de mercado competitivo e exigente, ela tem se destacado como um fator estratégico para as organizações.

Segundo Dias (2012) alguns acontecimentos históricos serviram como pontos de evolução da logística, sendo o primeiro deles a consolidação da Pérsia como participante significativo no comércio do século V, por conta da sua eficácia em movimentar e armazenar materiais. Marco Polo, o operador logístico com maior reconhecimento da história, criou juntamente com o seu pai e tio um sistema logístico integrado para realizar compras de mercadorias pela Rota da Seda, sendo este sistema fator determinante para o seu sucesso. Marco Polo também firmou parcerias com militares ao longo do tempo, para garantir a segurança de suas mercadorias e estabelecer pontos de apoio em locais estratégicos para suas viagens. Com o fim da Rota da Seda, em meados de 1400, outras rotas precisaram ser desenvolvidas para chegar até destinos como China e Índia, de modo que o modal marítimo foi a principal alternativa para a viabilização do comércio com países como Portugal e Espanha.

A origem dos processos logísticos estruturados tem um viés militar, começando com o intuito de suportar as tropas nos campos de batalha das guerras ao longo da

história mundial. Este setor posicionou-se como integrante da parte estratégica ao fazer o planejamento militar, que continha atividades como o estudo dos adversários, apontamentos de melhores decisões sobre as frentes de batalha, articulação e movimentação das tropas e equipamentos necessários, e da organização das equipes de apoio em campo. O meio empresarial teve seus olhos abertos para a logística especialmente após a Segunda Guerra Mundial, quando os processos logísticos puderam garantir que tropas e armamentos pudessem estar nos locais corretos e no momento adequado (VIEIRA, 2006). No entanto, no pós-guerra as empresas ainda não haviam colocado a Logística como uma prioridade, tendo em vista que toda a produção dos diversos produtos fabricados na época era facilmente vendida, de modo que atender bem os clientes não mudaria os resultados dos negócios. No entanto, o crescimento da concorrência, avanço da tecnologia, mudanças nos hábitos e dentre outros fatores, fizeram com que houvesse a necessidade de ter diferenciais que mantivessem a sua competitividade (HAMMER,1994).

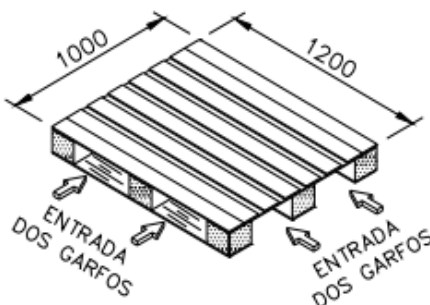
2.3.1 Armazenagem

A armazenagem é um componente logístico que trata dos produtos no intervalo entre a produção e venda, contendo todos os processos que são feitos no local onde este material está temporariamente posicionado (MOURA, 1998). Os armazéns podem ser vistos inicialmente apenas como um lugar para guardar materiais, tendo a sua relevância no contexto organizacional reduzida a um conceito físico, sem avaliar as relações com outras áreas do negócio. No entanto ele é parte constituinte das diretrizes produtivas, gestão de materiais e planejamento do orçamento financeiro. A visão da armazenagem como apenas um custo, passou a ser vista como uma ferramenta estratégica de competitividade, tendo como missão proporcionar a gestão mais otimizada possível do fluxo físico e de informações de seu ambiente. (WANKE, 2010). Assim como, este processo é tradicionalmente conhecido na área da Logística, contudo tem passado por mudanças importantes nos últimos anos para acompanhar as alterações mercadológicas, sendo necessário novas abordagens a nível gerencial e de infraestrutura de informação nas separações e movimentações de materiais (LACERDA,2000).

A armazenagem oferece suporte a realização das atividades primárias, dando às empresas a oportunidade de garantir bons resultados, sem que haja perda de clientes e acrescentando novos a carteira, por meio do atendimento satisfatório ao mercado e com a rentabilidade adequada ao conjunto acionário. Envolve também a gestão dos espaços necessários para a estocagem dos produtos, que pode ser no próprio parque fabril ou em centros de distribuição externos. Esta atividade está diretamente relacionada com a localização, dimensionamento, equipamentos e pessoal especializado, recuperação de estoque, projeto de docas ou baias de atracação, embalagens, entre outros (POZO, 2002).

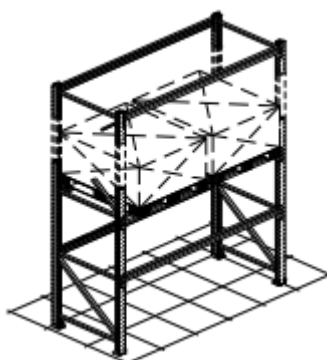
A gestão dos armazéns vem evoluindo constantemente, de modo que, nos últimos vinte anos, teve como principal agente motivador o aumento da exigência dos clientes. Outro ponto significativo neste cenário, é o acréscimo no número absoluto de produtos sendo movimentados e suas respectivas variações, tais como cores, tamanhos e tipos de embalagens. O crescente aumento de entregas feitas diretamente ao cliente ou, em alguns casos, por lojas que passaram a exibir produtos em seu interior, também foi fator representativo para o surgimento de novas demandas para as operações de armazenamento. Isso fez com que as organizações precisassem reformular os seus procedimentos de atendimento para se adequar ao novo perfil de demanda, como também promovendo a redução do prazo de entrega (LIMA, 2002).

No processo de armazenagem é necessário realizar o manuseio dos produtos, e em boa parte dos casos o mais recomendável que os produtos sejam agrupados em uma unidade maior. Em operações logísticas a ferramenta mais comum de agrupamento utilizada é o *pallet*, que segundo Guerra (2006) é um estrado de madeira, plástico ou metálico utilizado como base de apoio de produtos acabados, matérias-primas, sacarias, caixas etc. O tipo de *pallet* mais utilizado no Brasil é o *pallet* padrão brasileiro (PBR), que é confeccionado em madeira de lei e nas medidas de 1,00x1,20m (Figura 1).

Figura 1: *Pallet* do tipo PBR

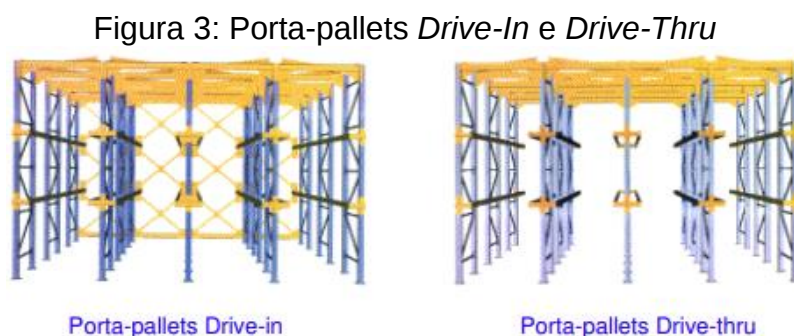
Fonte: Guerra, 2006.

Associado ao uso de pallets, vem a necessidade de utilizar um sistema de armazenagem chamados de estruturas porta-*pallets*. Elas podem ser de vários tipos, sendo projetada e dimensionada de acordo com o tipo do pallet a ser utilizado, carga distribuída sobre ele, o espaço disponível, tipo de operação e equipamentos. Com isso são determinadas as medidas dos corredores, número de níveis por módulo dentre outras informações (GUERRA,2006). Dentre os tipos existentes de porta-pallets, destacam-se os convencionais, *Drive-In*, *Drive-Thru* e o *Pushback*. Os convencionais (Figura 2) são os mais utilizados devido a sua grande funcionalidade e menor custo, comparado com outros tipos de estruturas. Neste tipo de estrutura os pallets são armazenados e retirados individualmente por empilhadeiras que se movimentam nos corredores. As principais vantagens dos porta-pallets convencionais são o ganho de velocidade de armazenagem, possibilidade de encontrar qualquer pallet sem que seja necessário movimentar outro e a compatibilidade com a maioria dos tipos de equipamentos de movimentação.

Figura 2: Porta-*pallets* convencional

Fonte: Guerra, 2006.

Há sistemas de armazenagem em que as empilhadeiras se movimentam na parte interna da própria estrutura, por meio de “ruas”, sendo os pallets armazenados longitudinalmente nas “ruas”, reduzindo a quantidade de corredores centrais entre estruturas. Os pallets são suportados por “guias” e apoiados sobre braços em balanço, fixados nos pórticos. Esse tipo de sistema é indicado quando a movimentação de entrada e saída seja feita de forma separada, como também quando a movimentação do estoque ocorre de maneira única, com longos intervalos de tempo. As estruturas contidas neste tipo de sistema são a *Drive-In*, onde o último pallet a entrar é obrigatoriamente o primeiro a sair, e a *Drive-Thru*, onde o primeiro pallet que entra pode ser o primeiro ou o último a sair. Ambas as estruturas podem ser observadas na Figura 3:



Fonte: Guerra, 2006.

Já os porta-pallets do tipo *Pushback* (Figura 4) são classificados como dinâmicos, pois os pallets são armazenados sobre carrinhos que correm em trilhos e que são empurrados pelos pallets estocados em sequência nos módulos. Geralmente, esse tipo de estrutura estoca até quatro pallets de profundidade por nível. Neste caso, o último pallet que entra é o primeiro a sair.

Figura 4: Porta-pallet do tipo *Pushback*



Fonte: Guerra, 2006.

2.3.2 Estoque

Estoque pode ser definido como a quantificação de qualquer item ou recuso utilizado em uma organização (DAVIS *et al.*, 2001). Tais como, matérias-primas, componentes, peças, produtos semiacabados ou acabados, que estão envolvidos em algum momento com um sistema de produção (ELSAYED; BOUCHER, 1994).

A percepção de que o estoque é um ativo para as empresas, tendo como base os relatórios financeiros, já não é a mais aceita devido ao novo perfil de rotatividade dos produtos, fazendo com que eles se tornem obsoletos com maior velocidade e, como consequência, reduzam seu valor perante o mercado. Portanto, o estoque passa a ser encarado como um problema importante para o negócio e que precisa ser gerenciado. A existência do estoque pode acabar encobrindo gargalos relacionados a má gestão, pois possibilita que a existência de erros de administração ao longo de toda a cadeia de suprimentos não seja evidente. Estocar os produtos trás custos significativos para as organizações, sendo estes na ordem de 20% e 40% do valor dos itens estocados, considerando a manutenção anual feitas por empresas de manufatura (BALLOU, 2001). A importância de se manter os estoques abastecidos é clara ao se verificar que o capital aplicado no custo logístico, que contém o investimento em estoque, no ano de 2022 representou 13,7% do PIB brasileiro (ILOS, 2023).

A necessidade que gera a realização de investimentos em estoque, vem da incapacidade das áreas produtivas reagirem rapidamente a demandas atípicas, sendo necessário a presença de produtos acabados que possam servir como amortecedores e possam conferir ao negócio a oportunidade de atender ao cliente. Outra função do estoque é atuar como elemento regulador do ritmo de produção em relação ao que vem sendo expedido, tendo em vista que em caso de acúmulo de produtos há um indicativo de que existe um descompasso entre a taxa de consumo e de produção. (MOREIRA,2001). Segundo Bertaglia (2003), um dos principais desafios enfrentados pelas organizações é o de realizar um balanceamento adequado do estoque e que atenda as necessidades, em relação a produção e logística em comparação com a demanda do mercado e o nível de atendimento ao cliente.

O conceito de estocagem é comumente confundido com o de armazenagem nos textos que abordam o tema, porém a distinção entre ambos é descrita por Moura (2005):

Armazenagem é a denominação genérica e ampla que inclui todas as atividades de um ponto destinado à guarda temporária e à distribuição de materiais (depósitos, almoxarifados, centros de distribuição, etc.) e estocagem é uma das atividades do fluxo de materiais no armazém e o ponto destinado à locação estática dos materiais. Dentro de um armazém podem existir vários pontos de estocagem. A estocagem é uma parte da armazenagem.

KOSTER (2007) define que existem cinco principais abordagens ao organizar os produtos nos estoques, sendo a primeira delas a randômica. Neste caso o item pode ser estocado em qualquer localidade do depósito, com igual probabilidade tendo em vista que essa indicação é feita aleatoriamente. Uma segunda forma é estocar o produto na primeira localidade livre que for identificada pelo operador, distinguindo-se da randômica apenas pelo fato de que a escolha do local é feita por uma pessoa e não por um software. A estocagem dedicada é utilizada quando se deseja fixar uma localidade para um produto em específico, sendo necessário mais espaço se comparado a outros métodos. Também é possível posicionar os itens de acordo com o nível de venda, deixando em locais mais acessíveis os produtos com maior volume de saída e os demais, que tem menor número de vendas, nos locais menos privilegiados. A estocagem por classes é uma alternativa, sendo realizada por meio

da divisão das localidades por grupos, e dentro desses é possível escolher qualquer opção disponível.

2.3.3 Endereçamento

O endereçamento é uma técnica que contribui para a localização de itens em um armazém, ao estabelecer endereços para cada uma das posições disponíveis e, com isso, facilitar as atividades como inventário e estocagem. No entanto, para que essa metodologia funcione, Moura (2005) afirma que é necessário realizar um planejamento do espaço de acordo com a demanda do negócio, e considerando as áreas de recebimento, expedição e estocagem. Assim como, também é necessário levar em consideração a quantidade de materiais a serem estocados e o tipo de localização desejada.

Em um galpão de armazenagem onde há diversas posições de estocagem diferentes, saber localizar os produtos corretamente é essencial para um bom funcionamento da operação. Portanto, segundo Dias (2006), é criada uma simbologia que combina números e letras, e indica de maneira precisa o posicionamento de cada produto presente no estoque. No entanto há duas formas de utilizar os endereços criados, sendo elas de maneira fixa ou variável. No endereçamento fixo existe uma localização específica por material, já na variável não existe este tipo de associação.

2.3.4 Layout

O *layout* pode ser definido como a disposição de máquinas, ferramentas e pessoas, de modo que haja uma integração entre as partes envolvidas, com foco em promover a máxima eficiência nas atividades realizadas no armazém, culminando na redução de tempo que é levado para finalizá-las.

É considerado ideal o *layout* que promove o encurtamento das distâncias percorridas com uma movimentação eficiente, a oferta de flexibilidade e minimização de custos (TOMPKINS, 1996 apud MACEDO; FERREIRA, 2011). Para Hassan (2002), uma das características mais significativas ao projetar um armazém é o seu layout, tendo em vista que a distribuição física contribui significativamente com a resolução

de diversos problemas, assim como aloca os produtos no estoque de maneira adequada.

2.3.5 Picking

O *picking*, ou separação de materiais, é a atividade responsável por coletar itens do pedido no estoque e assim atender a necessidade do cliente (MEDEIROS,1999). Esta é uma das atividades que está dentro do escopo da logística, e é fundamental para um bom nível de atendimento ao cliente. Em um contexto em que os clientes têm demandado um número cada vez maior de tipos diferentes de produtos em um mesmo pedido, o *picking* se torna ainda mais complexo e importante dentro do processo logístico. Os tipos de *picking* são classificados em três, segundo Lima (2002):

- *Picking* discreto: o operador logístico realiza a coleta dos pedidos de maneira individualizada, ou seja é coletado um pedido por vez. Este método é o mais utilizado devido a simplicidade;
- *Picking* por zona: neste caso o estoque é separado em regiões, e cada colaborador é associado a uma delas. Assim, cada operador coleta os itens do pedido que estão contidos na sua área e os posiciona em uma área de consolidação, onde os produtos são agrupados, compondo assim o pedido do cliente;
- *Picking* por lote: nesta metodologia cada operador faz a coleta de maneira conjunta de produtos contidos em pedidos distintos, coletando a quantidade de itens necessários para atender ao grupo de pedidos.

Segundo Emmett (2005) existem algumas práticas que podem ser adotadas pelas empresas para que o processo de separação seja otimizado, sendo a primeira delas predeterminar as áreas disponíveis de armazenagem para produtos com maior quantidade de vendas e alta rotatividade, sendo necessário utilizar como base a curva ABC. Estes produtos devem estar localizados em posições de acesso rápido, promovendo redução de tempo devido ao menor percurso feito pelos operadores. Outra prática a ser utilizada é garantir que haja clareza nas informações necessárias

para realizar o *picking*, evitando retrabalhos e perda de tempo. Eliminar, dentro do possível, a utilização de papel na operação e integrar as informações de maneira digitalizada é uma das práticas que otimiza o processo como um todo.

2.3.6 Curva ABC

Ao se observar o comportamento de empresas que possuem um mix de produtos variado, é possível identificar com frequência a presença de itens que precisam ter maior atenção que outros. Essa diferença de tratamento ocorre geralmente pela grande demanda do mercado por estes produtos em específico, ou pode estar associada aos seus altos valores (SLACK, 2002).

A curva ABC, ou também denominada regra 80/20, define que aproximadamente 80% das vendas realizadas por uma empresa estão associadas a 20% dos produtos por ela comercializados. Essa ferramenta possibilita a classificação dos diferentes tipos de produtos mantidos em um estoque por sua movimentação de valor, permitindo que os gestores possam canalizar seus esforços nos itens mais importantes para o negócio (SLACK, 2009). Esta classificação é dividida em três grupos, sendo eles:

- Produtos A: itens que representam maior volume de vendas, e que demandam mais atenção, onde aproximadamente 20% dos produtos estão associados a 80% das vendas;
- Produtos B: itens com volume de vendas intermediário, onde aproximadamente 30% dos produtos estão associados a 10%;
- Produtos C: itens com baixo volume de vendas, sendo pouco priorizados do ponto de vista de gestão. Os 50% dos produtos restantes estão associados aos 10% das vendas remanescentes.

2.3.7 FIFO

Em estoques podem acontecer casos em que produtos antigos não tenham saída, enquanto os novos vão sendo direcionados aos clientes. Com o intuito de evitar que este tipo de prática ocorra, foi criado o conceito do FIFO (*Fisrt in, Fisrt out*), em português primeiro que entra, primeiro que sai. Esse é um dos métodos mais presentes nas operações logísticas, pois promove o controle dos estoques por meio da organização dos armazéns (MCGEW, 2015).

Essa metodologia deve ser observada tanto no momento da estocagem quanto do *picking*, para garantir que o processo está ocorrendo de maneira correta. Este tema se torna especialmente relevante ao se tratar de produtos que, além de data de

fabricação, têm data de validade, e com isso podem gerar prejuízos devido a um possível vencimento.

2.4 Warehouse Management System (WMS)

O uso da tecnologia da informação desponta como um dos fatores mais relevantes para o desenvolvimento dos processos administrativos, gerando um grande aumento de eficiência e facilitando o gerenciamento (BALLOU, 2001). A tecnologia frequentemente oferta para a logística, e para toda a organização, novos recursos visando a melhora da qualidade, velocidade e exatidão do fluxo de informações (BARROS, 2005). Uma dessas tecnologias é o *Warehouse Management System* (WMS), que de acordo com Banzato (1998) pode ser definido como um sistema de gestão de armazéns, que tem a capacidade otimizar atividades na escala gerencial e operacional, envolvendo todo o caminho percorrido pelas informações e materiais, tais como recebimento, armazenagem, separação, carregamento, expedição, inventário, dentre outros.

Nas operações em que sistemas WMS são utilizados o nível de serviço ao cliente é o foco primário, e isto é posto em prática ao manter a precisão das informações em um nível muito alto e reduzindo erros operacionais, sendo possível até eliminar atividades de conferências e controles manuais, tendo em vista que são realizadas auto verificações constantes feitas pelo próprio software. Outra característica importante, é que a tomada de decisões deixa de ser feita pelos operadores e passa a ser feita pelo sistema, garantindo assim uma melhor performance e promovendo um melhor nível de serviço. Além disto, o WMS também viabiliza a redução do tempo de processamento de um pedido, levando em conta o momento da abertura e a entrega ao cliente (BANZATO, 2010). Em paralelo há uma melhoria na taxa de utilização dos espaços e a gestão da posição dos produtos no estoque de acordo com a intensidade de movimentação dos itens, promovendo o aumento de produtividade da operação. A administração dos espaços é feita com base na alocação de materiais com endereçamento dinâmico dos produtos, de modo que é considerado que posições livres estão vagas e aguardando a entrada de qualquer item.

Franklin (2003) descreve como sendo os principais benefícios ao utilizar o WMS:

- Redução de erros;
- Maior acurácia dos inventários;
- Melhor produtividade;
- Redução no uso de papéis;
- Eliminação de inventários físicos;
- Melhor gerenciamento de equipe.

Outra atividade presente no escopo da logística que tem sua realização sensivelmente facilitada, e que é especialmente relevante com relação a satisfação do cliente, é a logística reversa. Esta é atrelada ao contrafluxo de itens verificado nas operações, devido aos mais diversos fatores, tais como: produtos com validade vencida, desconformidades ou problemas de qualidade. A necessidade de um WMS e sua contribuição crescem proporcionalmente ao volume do fluxo reverso vivenciado pela operação em questão (GUARNIERI *et al.*, 2006).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois procura produzir conhecimentos sobre o objeto de estudo com o objetivo da aplicação prática, em uma realidade circunstancial (GIL,2008). Quanto aos objetivos, a pesquisa em questão pode ser definida como descritiva, mas com elementos que fazem com que ela se aproxime de uma explicativa. Sobre o conceito de pesquisa descritiva (GIL,2002a) comenta que:

As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática.

Já a pesquisa explicativa busca detalhar o porquê das coisas e suas causas, por meio de registros, análises, classificações e interpretação dos fenômenos observados. Tem o intuito de identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos estudados (GIL,2010).

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, este trabalho pode ser classificado como um estudo de campo, que tem como pilar principal a observação direta das atividades do contexto estudado e entrevistas com integrantes do cenário para captar suas explicações e interpretações dos fenômenos. Neste tipo de procedimento o pesquisador realiza a maior parte do estudo estando inserido na realidade estudada, tendo em vista que é de significativa importância que o pesquisador tenha por si só uma experiência direta com a situação de estudo. Também é necessário que o pesquisador que permaneça o maior tempo possível no contexto, pois somente assim é que se pode compreender as dinâmicas funcionais do objeto de análise (GIL,2002b).

No que tange a forma de abordagem do problema, esta pesquisa é do tipo quantitativa, pois busca traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Esta abordagem se utiliza de ferramentas estatísticas, tais como

percentual e média, para representar os fenômenos. Prodanov e Freitas (2013) firmam que:

Essa forma de abordagem é empregada em vários tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos e também pela facilidade de poder descrever a complexidade de determinada hipótese ou de um problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou das atitudes dos indivíduos.

A obtenção dos dados necessários se deu por meio do acesso aos bancos de dados de softwares utilizados pela empresa estudada em que o cenário estudado está contido, e pela observação não participante. Conforme Alencar (1999), esta técnica possibilita que o pesquisador esteja presente no contexto de estudo sem fazer parte dos membros atuantes. De modo que foi especialmente utilizada nas cinquenta medições de tempos e movimentos das atividades realizadas pelos integrantes da área abordada, ao registrar a duração das etapas em algumas atividades feitas pelo grupo, sendo estas medições realizadas pessoalmente ou por auditoria de câmeras de monitoramento. Na Tabela 1 é representado um exemplo de três medições, de modo que cada linha representa a movimentação de produtos para veículos distintos, mas com cargas semelhantes, e realizadas por colaboradores da operação diferentes, com o objetivo de comparar quanto tempo cada um deles levaria para realizar uma atividade semelhante. A ferramenta utilizada foi o cronômetro digital do fabricante Metris e modelo INS-1338. Este equipamento tem a resolução de um centésimo de segundo e mede entre 0,01 s até 24h 59min e 59 s. A observação não participante, associada a entrevistas não estruturadas, também foi utilizada na compreensão dos processos estudados, para que fosse possível descrevê-los.

Tabela 1: Exemplo de Registro de Medições de Tempos e Movimentos

Observação Tempos e Movimentos						
Veículo	Data	Turno	Operador	Etapa 1 (min)	Etapa 2 (min)	Etapa 3 (min)
6165	05/08/2023	Manhã	01	30	60	30
8431	06/08/2023	Tarde	02	25	65	25
5547	07/08/2023	Noite	03	35	55	15

Fonte: O autor, 2024.

A estimativa do aumento de capacidade nominal foi considerada como um indicador relevante para este trabalho, tendo em vista que impacta diretamente na competitividade da empresa frente a outros concorrentes e abre margem para que o negócio possa atender bem sua carteira atual clientes, assim como prospectar novas parcerias comerciais. Esta estimativa foi realizada com base na equação 1:

$$A = \frac{QC * DC * QTD * DU * PMC}{TSP - (QC * DC)} \quad (1)$$

Onde:

A – Aumento de capacidade mensal de separação nominal (Ton)

QC – Quantidade de camadas de caixas suportadas por um *pallet*

DC – Dedução no tempo por camada de caixas separada (min)

QTD – Quantidade média de veículos por dia

DU – Dias úteis em um mês

PMC – Peso médio das cargas (Ton)

TSP – Tempo de separação referente a um *pallet* (min)

Estimar o acréscimo mensal no lucro líquido da empresa é de significativa importância, pois se trata de um componente trivial na decisão por realizar ou não um investimento visando a rentabilidade do negócio. Para tal, equação 2 foi utilizada:

$$L = A * V * M \quad (2)$$

Onde:

A – Aumento de capacidade mensal de separação nominal (Ton)

L – Acréscimo mensal no lucro líquido da empresa

V – Valor médio de venda por tonelada para produtos carregados em pregos

M – Percentual de margem de lucro líquida

A perspectiva de tempo de retorno do capital empregado norteia o investidor quanto a viabilidade de realizar o aporte, sendo indicador relevante na tomada de decisão. O cálculo deste intervalo de tempo foi feito utilizando a equação 3:

$$T = \frac{VA + (12 * MM) + VI}{L} \quad (3)$$

Onde:

T – Tempo de retorno do investimento (Meses)

VA – Valor de aquisição do software (R\$)

MM – Valor do custo de manutenção mensal do software (R\$)

VI – Valor do custo com interfaces (R\$)

L – Acréscimo mensal no lucro líquido da empresa

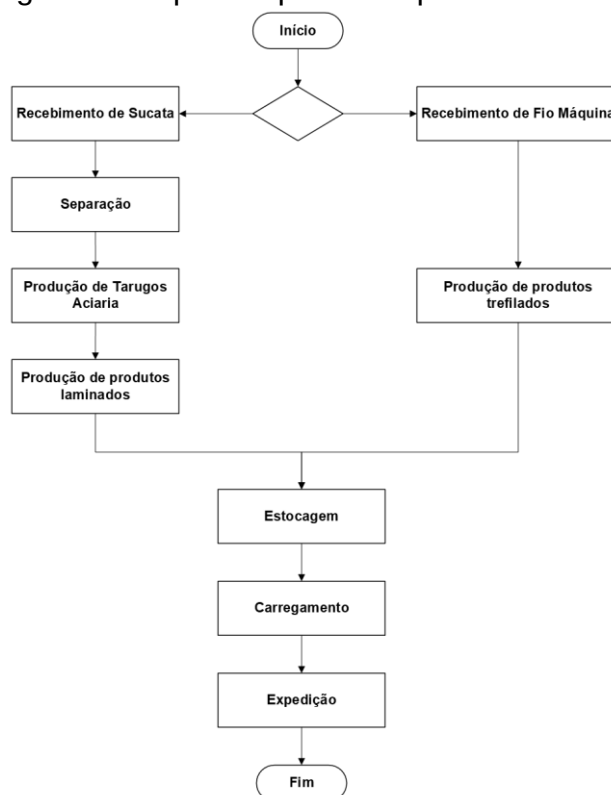
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A indústria siderúrgica na qual este trabalho foi realizado conta com um significativo parque fabril e relevância para o mercado nacional e internacional, em especial no que tange a produção de materiais voltados para a construção civil.

4.1 Etapas do Processo Produtivo da Usina

O processo produtivo tem como matéria-prima a sucata metálica ou o fio máquina, e uma visão geral dos principais processos pode ser observada na Figura 5.

Figura 5: Etapas do processo produtivo



Fonte: O autor, 2024

Com base nas etapas da produção descritas é possível identificar que esta usina é do tipo semi-integrada, tendo em vista que suas matérias-primas são a sucata

metálica e o fio máquina. A separação da sucata ocorre de maneira mecanizada e tem o objetivo de descartar materiais não metálicos que possam estar agregados a sucata, e que posteriormente trariam malefícios ao processo. A produção na aciaria é feita utilizando o forno panela elétrico e com a adição dos elementos químicos necessários, para atender as especificações técnicas de cada um dos tipos de aços fabricados nesta planta. As barras de aço são estocadas e, conforme demanda, são consumidos pela Laminação para a fabricação de diversos tipos de vegalhões, sendo geralmente diferenciados pelo diâmetro e comprimento.

A fabricação dos produtos oriundos da Trefilação ocorre por meio da conformação mecânica do Fio Máquina, no entanto este não é fabricado na planta em questão e vem de outras unidades enrolados em forma de bobinas. Os diâmetros e composição química desta matéria prima podem variar de acordo com qual tipo de produto serão fabricados com ela. O abastecimento das máquinas operatrizes é feito continuamente para que não haja rupturas de produção, sendo este um ponto essencial para a manutenção da produtividade. Outros sub processos de fabricação podem ser utilizados a depender do produto em específico, tais como soldagem e polimento.

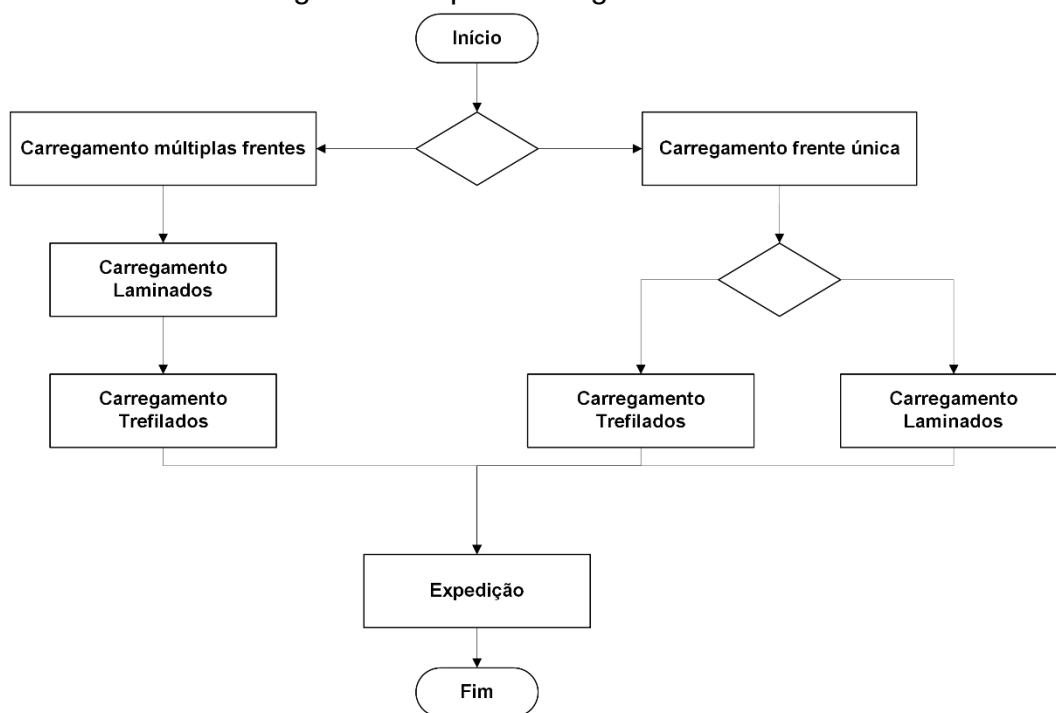
A estocagem dos produtos acabados acontece de maneira distinta para cada grupo de materiais e de acordo com o método de movimentação utilizado, onde geralmente são utilizadas pontes rolantes e empilhadeiras. A posição dos estoques é estratégica, sendo posicionadas ao lado das áreas produtivas com foco em facilitar a movimentação. Assim como, o layout dos estoques buscam otimizar o processo e atender a necessidades específicas de cada grupo de produtos.

4.2 Processo de Carregamento

Em um processo que as etapas estão interligadas e juntas fazem com que os produtos possam ser entregues aos clientes, as movimentações de carregamento dos materiais são uma parte crítica do conjunto. Tal perspectiva é confirmada ao observar o espaço ocupado por galpões de produtos acabados e áreas de carregamento, que somados representam cerca de 46% da área construída da usina. O carregamento é feito pela equipe da logística, e é dividido em dois grandes grupos com base nos tipos

de materiais. O primeiro grupo realiza as movimentações com os produtos oriundos da Laminação, já o segundo movimenta os produtos advindos da Trefilação. Cada grupo é dividido em equipes menores e realizam as movimentações de tipos de produtos específicos, de acordo com a frente de carregamento em que operam. A divisão das frentes ocorre de maneira física, de forma que elas são posicionadas ao longo de toda a usina e geralmente estão próximas da parte produtiva dos produtos que ali são movimentados. Na Figura 6 são apresentadas as principais etapas do carregamento.

Figura 6: Etapas Carregamento

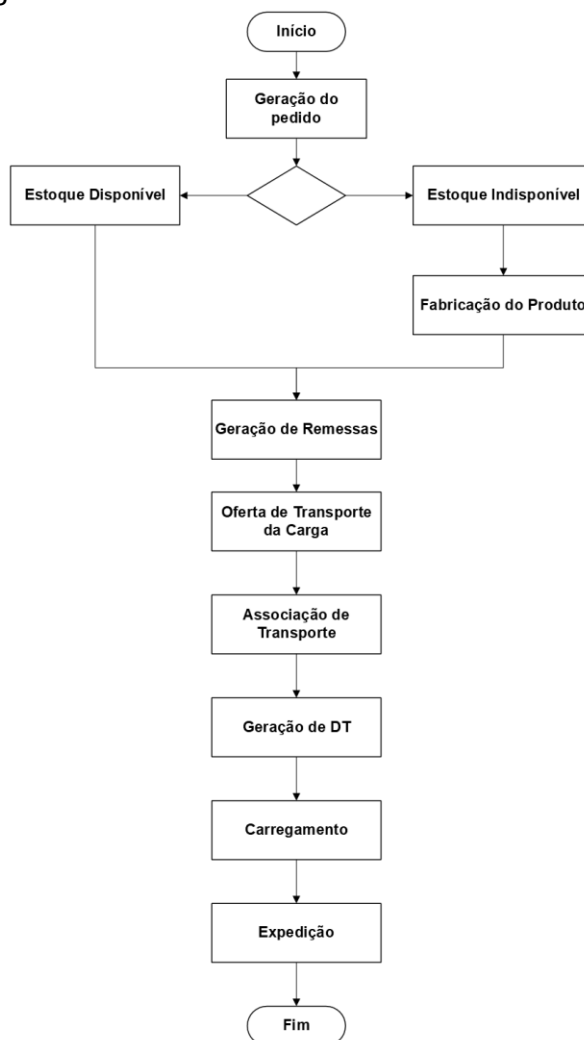


Fonte: O autor, 2024

O que define quais produtos serão carregados em cada transporte, e suas respectivas quantidades, é o Documento de Transporte (DT). Além disso estão contidas neste documento as informações necessárias para a entrega, como também a posição que cada material deve ocupar na carroceria do veículo. Isto faz parte do caminho percorrido pelos pedidos, que pode ser observado na Figura 7. As remessas servem como agrupadoras de informação, e dentro delas podem conter vários produtos diferentes que foram solicitados pelos clientes. Na oferta do transporte, as

transportadoras avaliam o preço oferecido por aquela entrega e decidem aceitar ou não a viagem. Após isso, o motorista se direciona para a usina com o DT em mão e segue para o carregamento, onde é identificado o mix de produtos selecionado, sendo mais comum que o veículo passe primeiro pelas frentes de produtos laminados e posteriormente em trefilados. Assim, as frentes de trefilados podem ser caracterizadas como de saída, pois após passar por elas vem a etapa de expedição, que consiste na pesagem do veículo e emissão da nota fiscal.

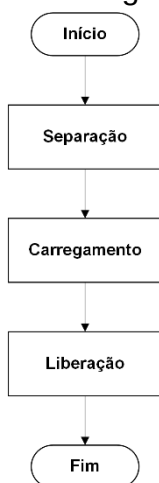
Figura 7: Caminho dos Pedidos Gerados



Fonte: O autor, 2024

A frente de carregamento de pregos, que fica dentro do grupo dos materiais trefilados, é parte relevante para o processo como um todo, pois é por meio dela que são movimentados 169 tipos de produtos distintos e que serão entregues para clientes em todo o país. Onde esta é a única da usina que trabalha exclusivamente com a movimentação de produtos paletizados e que são estocados em caixas de 20 Kg cada, sendo o seu galpão constituído por corredores formados por porta pallets do tipo *pushback* e a movimentação feita por empilhadeira retrátil. Em cada uma das alocações presente na estrutura é armazenado um tipo de material distinto. As etapas do carregamento na Frente de Pregos (FP) são divididas em três partes principais, conforme Figura 8.

Figura 8: Etapas Carregamento FP



Fonte: O autor, 2024

Para que os operadores da Frente de Pregos sejam informados da necessidade de separar uma carga, é feito o lançamento em um software de fila e, por meio deste, também é apontado quando a carga já estiver pronta para ser carregada. Esta pode ser definida como o agrupamento de produtos que serão carregados em um veículo, e que podem ser destinados a mais de um cliente diferente. Sendo assim, inicialmente é impresso um documento contendo a listagem de quais produtos devem ser separados, as quantidades e o detalhamento do que foi solicitado por cada um dos clientes que terá seu produto enviado naquele veículo. Em seguida o colaborador, utilizando uma empilhadeira retrátil, vai em busca dos materiais contidos na listagem

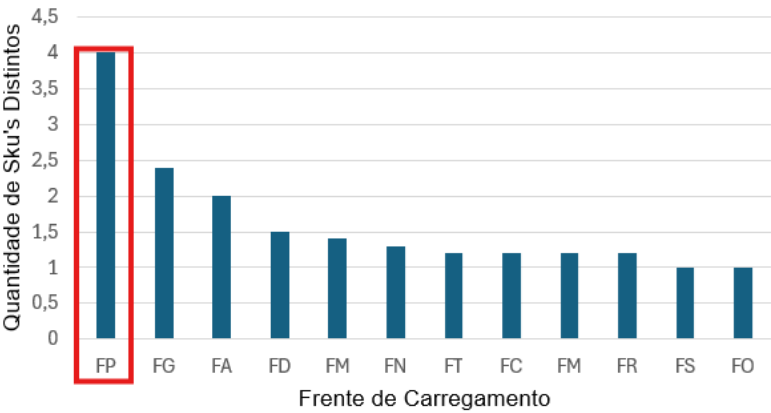
retirando as caixas do pallet de origem e os acrescentando no pallet que será utilizado no transporte, deixando organizado o que é de cada cliente até que toda a carga seja separada e posicionada no local adequado.

Após o término da separação é liberada a entrada do veículo nas dependências da usina, e este pode ir diretamente para a frente de pregos ou passar em outras anteriormente, dependendo do mix de produtos presente no DT. Com a chegada do veículo em pregos, é dado o início do carregamento dos materiais já separados. Esta etapa consiste em posicionar os pallets na carroceria do caminhão, de maneira a evitar possíveis problemas ao longo das entregas, e para isso podem ser utilizados folhas de papelão e plástico filme. Com a carga toda carregada, é feita uma última conferência e o veículo é liberado.

Com base nos dados gerados pelo software de fila e pelas observações feitas na operação, foi possível identificar que a separação é a etapa mais demorada e que representa cerca de 74% do tempo médio dos carregamentos que lá ocorreram entre 2022 e 2023, levando em média 1 hora e 40 minutos e as outras duas etapas somadas levam cerca de 35 min. Esta distribuição de tempo deixa evidente a motivação pela qual só é liberada a entrada do veículo após a finalização da separação, tendo em vista que caso essa prática não fosse realizada haveria um impacto direto em um dos principais indicadores da operação, que é o tempo de permanência dos veículos dentro da usina (TPV). Este indicador é contabilizado fazendo o cálculo do intervalo de tempo entre o momento em que o motorista recebe um cartão de acesso na entrada e o devolve ao sair.

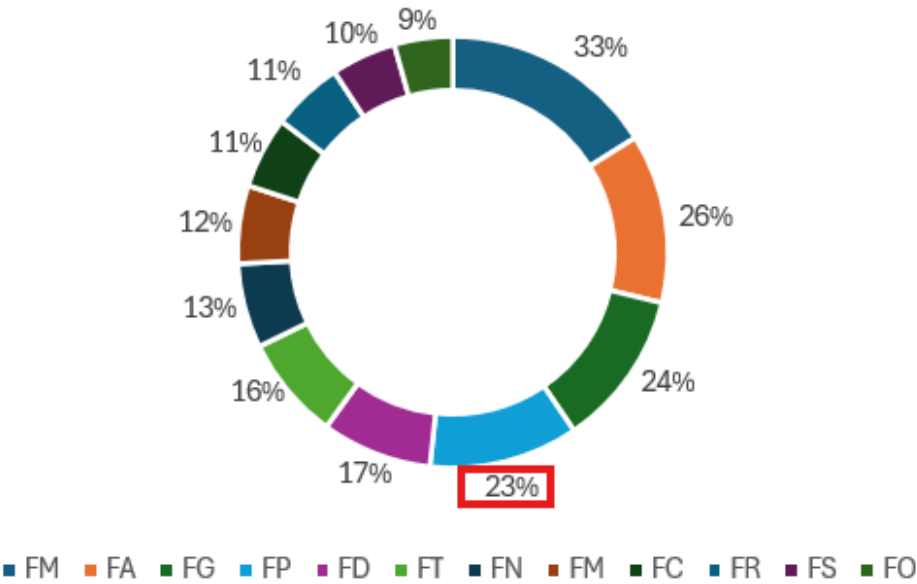
Uma característica marcante de pregos é que o cliente pode solicitar até 5 tipos de produtos diferentes em um mesmo pallet de 1500 kg, fazendo com que ela seja a área que mais fraciona de toda a usina, conforme Gráfico 1. Já ao se tratar do fluxo nominal de veículos por cada frente de carregamento, ela ocupa o quarto lugar, como pode ser observado no Gráfico 2. Vale ressaltar que para este gráfico trânsitos contabilizados em uma frente também podem estar presentes em outras, tendo em vista que há veículos que passam por mais de uma. Assim como é importantes destacar que nos Gráficos 1 e 2 a sigla “FP” representa a Frente de Pregos, e as outras siglas as demais frentes de carregamento da usina.

Gráfico 1: Fracionamento médio por frente.



Fonte: O autor, 2024.

Gráfico 2: Fluxo de Veículos por Frente.

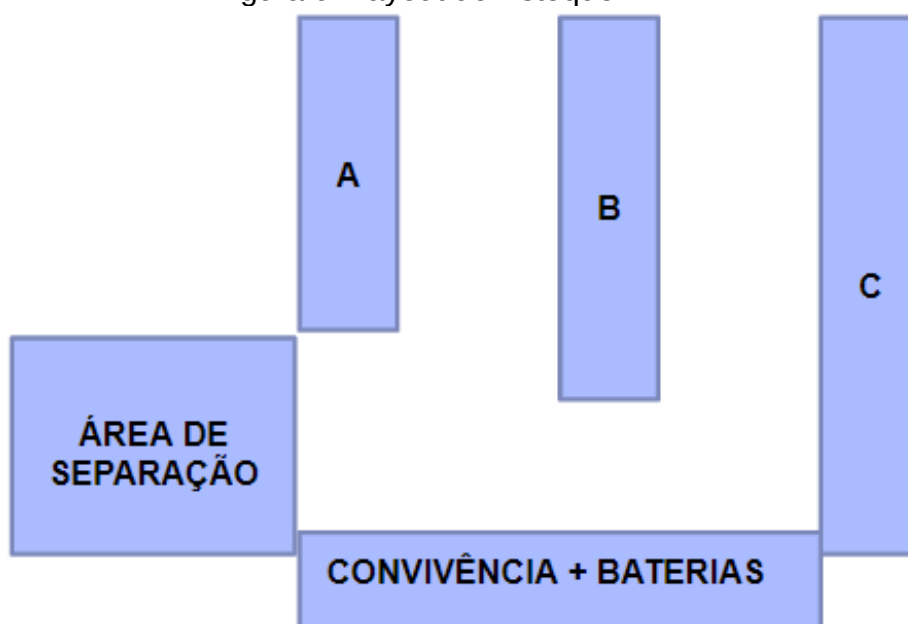


Fonte: O autor, 2024.

4.3 Motivos de Improdutividade na Frente de Pregos

Ao acompanhar cada uma das três etapas da operação em pregos foram identificadas oportunidades de melhoria com foco em otimizar o tempo de separação, e estas são relacionadas ao layout do estoque ou com o fracionamento dos pallets. No que tange os problemas relacionado ao layout do estoque alguns pontos foram identificados, sendo o principal deles a necessidade dos operadores buscarem os materiais sem saber em qual alocação exatamente se encontra o produto. Essa questão se torna ainda mais singular quando o pallet de origem está a partir do segundo nível do porta *pallets*, pois as alocações não têm suas identificações fixas por material e o operador precisa fazer varreduras pelos corredores para encontrar o que procura. Nas medições de tempos e movimentos foi possível perceber que o tempo de separação pode ser duplicado, ou até mesmo triplicado, devido a esta condição. O estoque fica localizado ao lado da fábrica de pregos, e é possível ter uma visão superior do layout do galpão na Figura 9 onde os retângulos nomeados por “A”, “B” e “C” representam os *pushback's*.

Figura 9: Layout do Estoque.

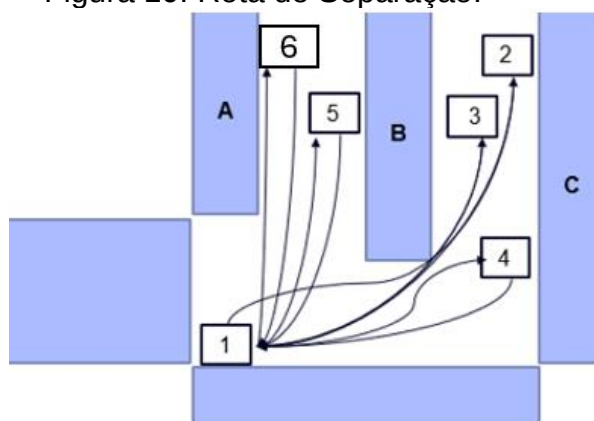


Fonte: O autor, 2024.

Já com relação as perdas identificadas pelo fracionamento, tem-se um problema que começa desde a compra dos produtos pelos clientes, pois o pedido mínimo representa a quantidade máxima de caixas suportada por um *pallet* completo, no entanto podem ser selecionadas até quinze caixas em cada uma das cinco camadas possíveis, onde cada uma delas deve ser composto por apenas um tipo de produto, e assim formando as setenta e cinco caixas suportadas. Como consequência disto, temos uma diferença significativa do tempo de separação de pallets fracionados e aqueles onde todo o volume é constituído do mesmo produto, onde um fechado demora em média 3 min para ser separado, o fracionado oscila de 6 a 25 min. Porém estes valores desconsideram possíveis seleções incorretas dos materiais, que podem fazer com que esse tempo seja ainda maior. Quando se trata de cargas com poucos produtos essa discrepância não se torna tão relevante, porém em carregamentos com mais de 10 pallets o impacto é percebido por todo o carregamento da usina devido a retenção na entrada dos veículos aguardando o fim da separação dos pregos. Tal impacto foi a origem de que, em um intervalo de um ano, houvesse 196 dias em que veículos não entraram para carregar pois os pregos não estavam separados até o fim do horário de funcionamento da frente e ficaram para o dia seguinte.

As rotas de movimentação dentro do galpão de pregos ocorrem fundamentalmente com base no acesso à 2 corredores, que não são interligados entre si por questões de segurança, e a rota de finalização dos pallets até a área de separação. Na Figura 10 é possível visualizar um exemplo de rota executada pelo operador, utilizando a empilhadeira, para encontrar e separar um pallet com 5 tipos de produtos diferentes.

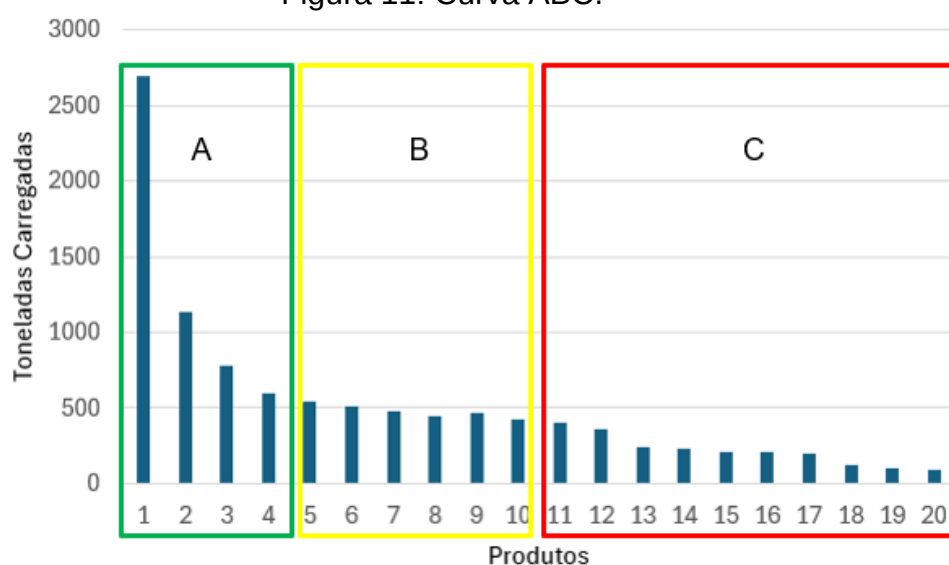
Figura 10: Rota de Separação.



Fonte: O autor, 2024.

Apesar de existir um número elevado de materiais diferentes no escopo da frente pregos, nem todos estão presentes no galpão com frequência e isso faz com que identificar a posição dos menos utilizados se torne uma tarefa especialmente mais demorada. Na curva ABC dos produtos vendidos pela empresa e que são carregados na frente em questão, conforme exposto na Figura 11, é possível identificar que há uma discrepância importante entre a saída dos produtos no intervalo de um ano, sendo o produto 1 responsável pela maior parte do faturamento. Assim como, a soma em toneladas dos produtos 1 ao 4 representam 80% do faturamento da frente. Contudo vale ressaltar que apesar do volume ser menor, os produtos classificados como “B” e “C” estão presentes em 40% dos carregamentos em baixos volumes.

Figura 11: Curva ABC.



Fonte: O autor, 2024.

4.4 Possíveis Soluções Para Mitigar Perdas de Produtividade

Nesse contexto, na primeira hipótese utilizada com o objetivo de aumentar a capacidade nominal de faturamento e reduzir o tempo de separação buscou-se identificar possíveis ajustes a serem feitos na forma com que as solicitações de separação dos materiais chegam para os operadores. Inicialmente foi avaliado a possibilidade de fixar o carregamento apenas com pallets fechados contendo as 75

caixas de um único produto para produtos da curva A, com foco em aumentar a produtividade da operação. Essa avaliação teve início com o entendimento de quais são os clientes mais representativos no faturamento da frente, com o intuito de concluir se eles teriam capacidade de se adaptar a este novo formato. Foi identificada a existência de dois grupos principais, sendo os clientes do tipo Mercado Interno, que são constituídos de construtoras e clientes gerais, e as lojas franqueadas da própria empresa. Este segundo grupo representa 73% do faturamento anual de pregos, sendo o principal grupo de atendimento. Porém estas lojas têm algumas características que não beneficiam a otimização do processo de carregamento na usina, um exemplo disso é o baixo limite de estoque por cada produto. De modo que, se a capacidade é de armazenar 30 caixas de um material, elas não teriam capacidade de solicitar um pallet completo contendo apenas um produto. Outro ponto relevante é a forma com que os pedidos são feitos pelas lojas para a usina, pois isso acontece de maneira automática conforme é realizada uma venda e na quantidade necessária para manter o estoque dentro dos limites máximos e mínimos, gerando vários pedidos com poucos produtos e um duplo fracionamento das cargas. Outra possibilidade que foi levantada seria quanto a mudança no mínimo múltiplo de solicitação, saindo de 15 caixas para 30 caixas, de modo que ajudaria a reduzir o fracionamento ao estimular o cliente a fazer o pedido quando houver uma maior demanda. No entanto, seria necessário acrescentar mais uma camada de caixas ao pallet, conforme ilustrado na Figura 12, e isso iria exceder a capacidade de peso suportada pela estrutura de madeira. Outra questão importante seria o impacto comercial dessa decisão, tendo em vista que alguns clientes poderiam migrar para outros fornecedores ao se verem obrigados a mudar os seus hábitos de consumo.

Figura 12: Pallet com seis camadas

X
15
15
15
15
15

Fonte: O autor, 2024.

Diante de um cenário onde não é possível fazer com que os pedidos cheguem de maneira mais otimizada para a operação, faz-se necessário otimizar o processo para mitigar os impactos. Com isso, buscar uma forma de fazer a gestão do estoque e direcionar os operadores para executarem as rotas mais curtas e exatas foi a segunda hipótese utilizada. Em um primeiro momento foi avaliada a possibilidade de fixar as alocações delimitando quais delas ficariam disponíveis para cada produto, pois desta forma seria possível confeccionar um mapa do estoque e os operadores saberiam onde encontrar o que procuram. No entanto essa opção se torna inviável devido a programação de produção que é feita por campanhas, de modo que é produzido apenas um tipo de material até que uma determinada quantidade seja obtida, sendo assim a quantidade de alocações necessárias para cada material varia constantemente. Durante as visitas na área foi observado em alguns momentos a saturação completa dos porta pallets devido a uma campanha, não havendo espaços vazios na estrutura. Outra alternativa seria utilizar uma planilha para registrar a posição dos materiais, no entanto para que haja um bom funcionamento seria necessário a atualização contante por parte dos operadores, e também poderiam ocorrer erros ou até mesmo a falta de preenchimento.

Para que seja realizada uma gestão eficiente do estoque, a metodologia utilizada deve ser capaz de acompanhar as constantes mudanças e sazonalidades do processo produtivo, assim como ser robusta e confiável. Tais características fazem parte dos diferenciais competitivos trazidos por softwares de gestão de estoque do tipo WMS (*Warehouse Management System*), pois a gestão e atualização das informações ocorrem em tempo real e de forma integrada com o sistema do tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP), que ao traduzir para português se trata do sistema de planejamento de recursos empresariais, sendo este responsável pelas transações e atividades de rotina de todas as áreas funcionais da empresa, armazenando os dados gerados em um único repositório (LAUDON; LAUDON, 2010). Outro ganho importante da utilização deste tipo de ferramenta, e que para pregos seria o principal, é a indicação da localização dos endereços nos quais estão os materiais desejados, por meio da geração de uma tarefa na interface do software. Na Figura 13 é possível visualizar um exemplo de rota executada para separar três produtos, utilizando o gerenciador de estoque. A orientação de quais alocações devem ser utilizados para armazenar os produtos, com base em critérios pré-estabelecidos,

ocorre de maneira semelhante a separação e pode ser visto um exemplo na Figura 14.

Figura 13: Exemplo rota de separação



Fonte: O autor, 2024

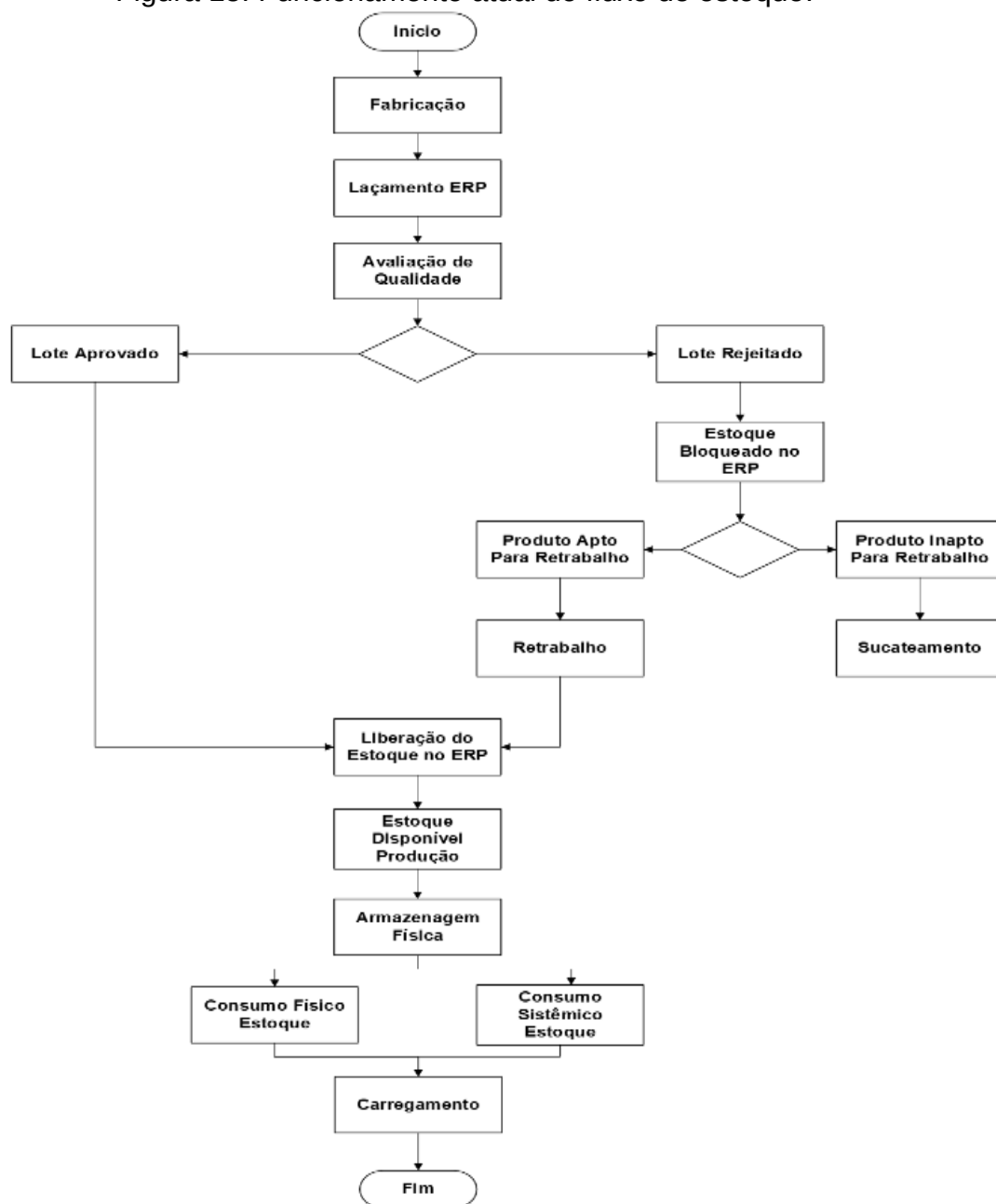
Figura 14: Exemplo de armazenagem direcionada.



Fonte: O autor, 2024

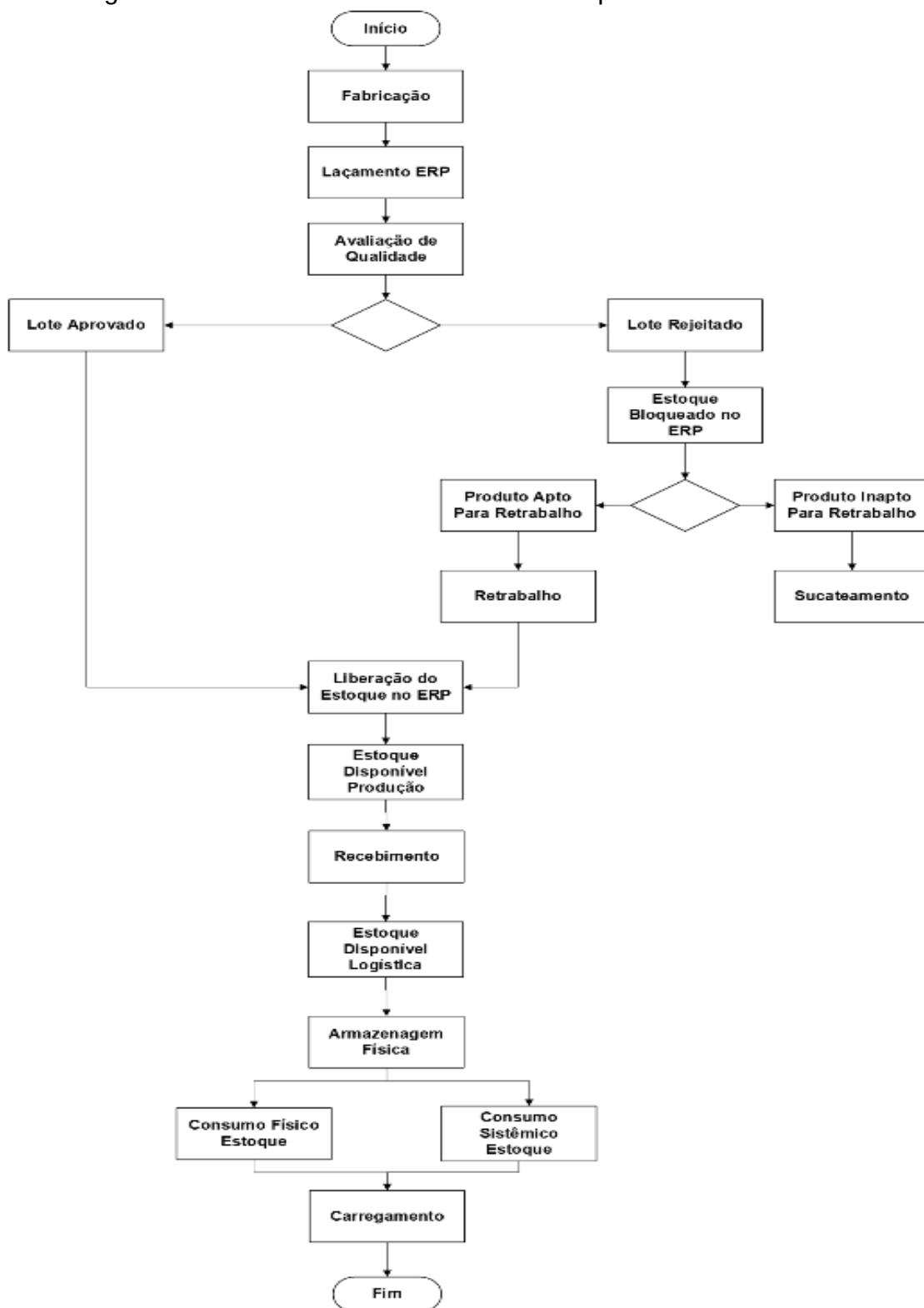
A rastreabilidade da movimentação dos produtos também é apontada como relevante para o negócio, registrando o passo a passo dos pallets desde a entrada no estoque até o carregamento. No entanto, apesar de similares, nem todos apresentam as mesmas funcionalidades, sendo necessário avaliar detalhadamente qual WMS em específico utilizar. Avaliando a partir de uma perspectiva sistêmica, o software de gestão de estoque funcionaria como um intermediário conectando algumas operações que atualmente ocorrem separadamente, sendo elas o carregamento e o inventário. Portanto quando os produtos são carregados há um consumo por parte do estoque disponível, no entanto nem sempre a quantidade presente fisicamente é compatível com a disponível no ERP, e isto é ajustado via inventário. Porém com a utilização de um WMS haveria uma espécie de inventário contínuo, acontecendo a cada transação realizada e fazendo a atualização do estoque automaticamente. Isto é possível devido a funcionalidades de rastreabilidade dos produtos, e pelo acréscimo da etapa de recebimento dos materiais. Atualmente esta etapa não é registrada sistemicamente e, apesar dos pallets de pregos serem alocados no armazém, continuam como sendo pertencentes ao setor da fábrica de pregos, e não da logística (Figura 15). Desta forma, no novo formato contendo o WMS, o estoque sistêmico gerado pela fábrica de pregos será consumido pela logística, conferindo ao processo maior acurácia (Figura 16).

Figura 15: Funcionamento atual do fluxo de estoque.



Fonte: O autor, 2024

Figura 16: Funcionamento do fluxo de estoque com WMS.



Fonte: O autor, 2024

Com o intuito de entender mais sobre a usabilidade de sistemas WMS e validar se este tipo de aplicação seria adequada para o contexto estudado, foi feita uma pesquisa com outras unidades da mesma empresa buscando esclarecer quais delas já utilizavam este tipo de software, em que tipo de estoque era utilizado, investimento necessário, facilidade de utilização e demais aspectos. Dessa forma, foi possível identificar que dentro do grupo existiam vários tipos de WMS sendo utilizados, com focos distintos e geralmente associados a famílias específicas de materiais, ocorrendo em uma das plantas a utilização de quatro tipos de software diferentes. O mais utilizado entre as unidades é o WMS nativo do próprio ERP utilizado pela empresa, funcionando como um opcional que precisa ser adquirido separadamente. Do ponto de vista de facilidade de implementação e confiabilidade de funcionamento a ferramenta nativa é a mais segura, tendo em vista que, a títulos práticos, seria adicionado mais um botão em uma interface já existente e utilizada pelos operadores. Os demais são softwares de mercado de empresas distintas, mas que se conectam ao ERP por meio de interfaces e apresentam mais flexibilidade de personalização de funcionalidades. Contudo nenhuma das aplicações estava formatada para trabalhar com estoque de materiais peletizados, sendo necessário adaptar alguma delas ou desenvolver do início considerado o cenário da frente de pregos. Abaixo segue o Quadro 1, onde em verde tem-se as funcionalidades disponíveis e em vermelho as indisponíveis para cada um dos três principais softwares observados.

Quadro 1: Funcionalidades WMS fornecedores

Funcionalidades	Fornecedor S	Fornecedor D	Fornecedor K
Sistema Nativo			
Mapeamento do Estoque			
Direcionamento para Estocagem			
Direcionamento para Separação			
Capacidade de Customização			
Múltiplas opções de inventário			
Geração de Indicadores			
Interface Gerencial e Operacional			

Fonte: O autor, 2024.

Dentre as funções expostas acima, o direcionamento de onde os materiais estão localizados, seria o grande diferencial da aplicação, indicando a melhor rota para realizar a separação. Assim como, a orientação de onde estocar os produtos vindos da produção de acordo com a curva ABC, FIFO e a definição de regiões privilegiadas nos porta pallets. Estas funções estão diretamente ligadas com o retorno financeiro do investimento na aplicação tendo em vista que elas podem impactar diretamente na redução do tempo necessário para efetuar a separação dos materiais.

A capacidade de customização da plataforma traz consigo infinitas possibilidades, em especial a capacidade de deixar as interfaces otimizadas para o uso dos operadores, ao exemplo de uma interface com botões grandes e de fácil leitura. Já os indicadores são muito relevantes para o acompanhamento da produtividade da operação e servem como base para tomada de decisões.

4.5 Estudo de Viabilidade Técnica Para Implementação da Solução

Para que um WMS seja implementado e possa ter o seu pleno funcionamento há alguns itens essenciais, ao exemplo da necessidade de um servidor de alta taxa de processamento e velocidade na transferência das informações. Tal exigência ocorre com o objetivo de evitar possíveis lentidões no funcionamento, trazendo transtornos e atrasos nas atividades realizadas pelos colaboradores. A empresa em questão possui um servidor local capaz de atender a demanda, não sendo necessário arcar com custos adicionais. A comunicação entre o gerenciador de estoque e o ERP utilizado pela empresa ocorre por meio de interfaces, sendo estas as conexões que permitem a troca de informações entre os sistemas em ambos os sentidos. É necessário realizar a construção de interfaces para cada uma das transações utilizadas pela operação do carregamento e as que envolvem a atualização sistêmica do estoque, de modo que construção destas conexões precisa ser feita por uma empresa de desenvolvimento e devem ser incluídas no cálculo dos custos totais do projeto.

Os dois modos de acesso ao WMS são por meio de computar ou coletor de dados. Em todas as áreas de carregamento da usina existem computadores disponíveis para a utilização dos colaboradores. Assim como os coletores de dados, que são como

uma espécie de celular com leitor de código de barras, estão presentes na operação e podem ser utilizados sem que haja necessidade de uma nova aquisição, possibilitando que a versão móvel da ferramenta se utilize de sensores do aparelho e possa contribuir com o acréscimo de funcionalidades a plataforma.

4.6 Estimativa de Redução de Tempo das Atividades Realizadas

A redução no tempo de separação dos veículos que passam por pregos é algo que beneficia diretamente a média global dos indicadores de produtividade do carregamento na usina. Com base nas observações feitas das atividades realizadas pelos operadores na área ao longo do projeto, foi possível identificar que, em um cenário conservador, a redução seja entre um (Cenário 1) e dois minutos (Cenário 2) por camada do pallet. Estes intervalos de tempo correspondem a eliminação de passagens desnecessárias por um corredor (Cenário 1) ou nos dois corredores existentes (Cenário 2), em média. Portanto tem-se uma redução em média entre 5 e 10 min por pallet, representando uma redução de 20% a 40% no tempo médio desta etapa. Com o avanço na utilização da ferramenta e a aprendizagem por parte dos envolvidos, a tendência é que haja uma melhora desses resultados e resultados mais expressivos possam ser obtidos.

4.7 Estimativa de Aumento de Capacidade Nominal de Faturamento

O aumento de capacidade nominal de faturamento foi avaliado com base em dois cenários, porém em todos os casos foram considerados 4 pallets por transporte, quantidade equivalente à média dos últimos 12 meses, e todos contendo 5 tipos de produtos distintos. Estes e demais valores seguem na Tabela 2.

Tabela 2: Valores para o cálculo de aumento de capacidade nominal

Valores de Entrada	Cenário 1	Cenário 2
Tempo separação um pallet (min)	25	25
Dedução no tempo por camada de caixas separada (min)	1	2
Quantidade de camadas de caixas suportadas por um pallet	5	5

Quantidade média de veículos por dia	9	9
Dias úteis em um mês	20	20
Peso médio das cargas (Ton)	6	6

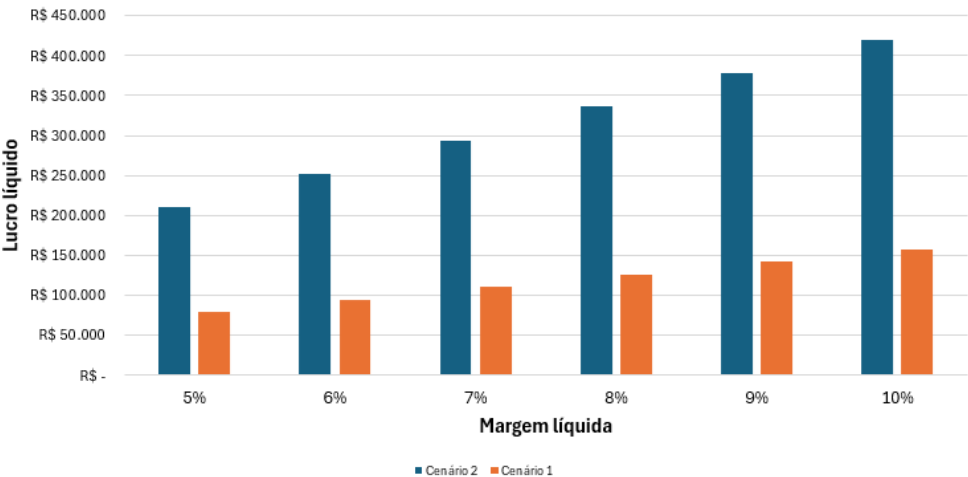
Fonte: O autor, 2024.

Portanto, foi obtido que no Cenário 1 o aumento seria na ordem de 270 toneladas por mês, representando um acréscimo de 2 veículos carregados a mais por dia útil de funcionamento em média. Já no Cenário 2 esse aumento seria de 720 toneladas por mês, sendo gerado pelo acréscimo no carregamento diário de 6 veículos em média.

4.8 Estimativa do Tempo de Retorno do Investimento

No cálculo do tempo de retorno de investimento foi considerado um fator relevante, sendo este a margem de lucro líquida dos produtos vendidos pela empresa e que são carregados em FP, tendo em vista que não seria coerente considerar um eventual crescimento do faturamento bruto, que contém os custos de produção e frete. O valor da margem varia com base em vários aspectos, seja eles localidade de entrega, condição de venda específica para algum cliente ou até mesmo por alguma decisão estratégica do negócio. Portanto foi definida uma variação entre 5% e 15% para a margem de lucro líquida nos dois cenários propostos. O valor médio de venda por toneladas considerado foi na ordem de R\$ 5.833,00, resultando em um acréscimo mensal no faturamento da empresa conforme detalhado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Acréscimo no faturamento mensal x margem de lucro líquida.
Variação do Acréscimo do Lucro líquido Mensal Médio



Fonte: O autor, 2024.

É possível identificar que há uma discrepância importante entre os cenários abordados, e isso fica mais evidente com o aumento da margem. Para fins de análise foi selecionado o cenário menos favorável, que seria utilizar 5% de margem e a redução de tempo por camada na ordem de 1 min.

Dentre os fornecedores do tipo de software estudado por este trabalho, apenas três atenderam aos requisitos mínimos exigidos pela empresa para serem aptos a uma possível contratação. Entre eles são praticados dois tipos de modelo de negócio, onde a empresa “S” cobra um valor em parcela única e as demais pedem uma taxa de implementação com o acréscimo de parcelas mensais de manutenção. Na Tabela 3 segue os valores cobrados pelas três empresas. Além disto, há um custo previsto na ordem de R\$ 200.000,00 para a construção das interfaces necessárias.

Tabela 3: Orçamentos para aquisição de software WMS

Tipo de custo	Fornecedor S	Fornecedor D	Fornecedor K
Aquisição	R\$ 500.000,00	R\$ 150.000,00	R\$ 250.000,00
Manutenção mensal	R\$ 0,00	R\$ 6.000,00	R\$ 10.000,00

Fonte: O autor, 2024.

Sendo assim, segue abaixo a Tabela 4 com os respectivos tempos de retorno do capital aplicado para cada um dos fornecedores orçados, tomando como base o custo de aquisição acrescido de doze parcelas da manutenção mensal.

Tabela 4: Tempo de retorno do capital investido

Fornecedor S	Fornecedor D	Fornecedor K
---------------------	---------------------	---------------------

9 MESES

6 MESES

8 MESES

Fonte: O autor, 2024.

5 CONCLUSÃO

Os processos utilizados pela empresa estudada são dinâmicos e interligados, compostos por várias etapas e subprocessos. No que tange o nível de interesse da organização com a entrega de seus produtos aos clientes, foi observada uma estrutura robusta e com bom funcionamento. No entanto, na frente de pregos a falta de uma ferramenta de gestão para auxiliar nas atividades de estocagem e separação faz com que o desempenho da equipe seja sensivelmente afetado, fazendo com que a organização não tire o melhor proveito da operação. Dentre as opções avaliadas, considerando o perfil intenso da frente de carregamento estudada, a utilização de um software de gestão de estoque do tipo WMS demonstrou ser a mais adequada. Isto se deve ao incremento de funcionalidades trazidas pela ferramenta, tendo em vista que ela retira dos operadores a necessidade de tomar as decisões e os coloca numa posição de apenas seguir o que lhes foi orientado pelo sistema. Aplicar esta solução demonstrou ser uma alternativa viável tecnicamente e economicamente, tendo em vista que os recursos técnicos em parte já estão disponíveis e o retorno do investimento é atrativo, considerando os aspectos de tempo e financeiros. Tendo em vista que, em um cenário conservador, a ferramenta traria um acréscimo no lucro líquido mensal da organização na ordem de R\$ 210.000,00, e isso faria com que o tempo de retorno do investimento fosse de no máximo 9 meses.

Um ponto de atenção durante a implementação é o período de transição entre a ferramenta atual e o WMS, pois pode haver transtornos significativos, sendo recomendável o acompanhamento direto dos responsáveis técnicos e de negócio.

Quanto a aquisição da ferramenta, cabe a empresa entender qual o momento adequado de pôr em prática, tendo em vista que esse investimento é estratégico e depende da visão de futuro do negócio como um todo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. *Introdução à metodologia de pesquisa*. Lavras: UFLA, 1999.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- BANZATO, E. *Sistemas de Controle e Gerenciamento do Armazém (WMS)*, 2010. Disponível em: <https://www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO261.htm>. Acesso em: AGO. 2024.
- BANZATO, E. *WMS-Warehouse management system: Sistema de gerenciamento de armazéns*. São Paulo: IMAN, 1998.
- BARROS, M. C. *Warehouse Management System (WMS): conceitos teóricos e implementação em um centro de distribuição*. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Logística)-Programa de PósGraduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.
- BERTAGLIA, P. R. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento*. São Paulo: Saraiva, 2003.
- BOWERSOX, D. J. Competitividade. In: PORTER, Michael; MONTEGOMERY, Cynthia. *Estratégia*. 12. reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998.
- BRESCIANI, E., SILVA, I. B., BATALHA, G. F., BUTTON, S. T. *Conformação Plástica dos Metais*. 6ª. ed. Campinas: Unicamp, 2011.
- CADE, Conselho Administrativo de Defesa Econômica. *Cadernos do Cade: Indústria Siderúrgica*. Brasília, 2002.
- CARVALHO, J. M. C. *Logística*. 3. ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002.
- CARVALHO, P. S. L., MESQUITA, P. P. D., ARAÚJO, E. D. G. *Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 41, p. 181-236, 2015.
- CHING, H. Y. *Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada – Supply Chain*. 4.ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- COSTA, M. M. *Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço*, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) - Pós-graduação em Engenharia, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

- COSTA, V. L., ESCORSIM, S., COSTA, D. L. Processo produtivo e produção de aço: a inserção do Grupo Gerdau S.A. no cenário mundial. *In: Anais do Congresso Internacional de Administração*, 1, 2007, Ponta Grossa. p.1-7.
- DAVIS, M. M., AQUILANO, N. J., CHASE, R. B. *Fundamentos da Administração de Produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DIAS, M. A. P. *Administração de Materiais: princípios, conceitos e gestão*. 5. ed., São Paulo: Atlas, 2006.
- DIAS, M. A. P. *Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal*. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- ELSAYED, E. A., BOUCHER, T. O. *Analysis and Control of Production Systems*. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1994.
- EMMETT, S. Excellence in Warehouse Management, How to minimize cost and maximize value. Chichester: John Wiley & Sons. 2005.
- FLEURY, P. F. *Supply Chain Management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação*. Revista Tecnológica, v. 4, n. 30, p. 25-32, 1999.
- FRANKLIN, R. *Conhecimentos de Movimentação e Armazenagem*. Núcleo de Treinamento e Pesquisa da Consultoria InfoJBS, 2003.
- GASNIER, D. G. Logística não é só transporte. *In: Associação Brasileira de Logística - ASLOG*, São Paulo, 12 nov. 2006. Disponível em: www.aslog.org.br. Acesso em ago. 2024.
- GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GILBERT, S. M., BALLOU, R. H. *Supply chain benefits from advanced customer commitments*. Journal of Operations Management, v.18, p. 61-73, 1999.
- GUARNIERI, P., CHRUSCIACK, D., OLIVEIRA, I.L., HATAKEYAMA, K., SCANDELARI, L. *WMS – Warehouse Management System: adaptação de uma proposta para o gerenciamento da logística reversa*. Produção, São Paulo, v.16, n.1, 2006.
- GUERRA, C. S. Sistemas de armazenagem. Out. 2006. Disponível em: www.geocities.ws/seiguerra/MSA. Acesso: AGO de 2024.
- HAMMER, M., CHAMPY, J. *Reengenharia revolucionando a empresa*. 18. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- HASSAN, M. M. D. A framework for the design of warehouse layout. Facilities, v.20, n. 13/14, p. 432-440, 2002.
- IAB, Instituto Aço Brasil. Anuário Estatístico. Rio de Janeiro, 2024.

- ILOS, Instituto de Logística e Supply Chain. Panorama do Transporte de Cargas no Brasil. Rio de Janeiro, 2024.
- KOSTER, R., Le-DUC, T., ROODBERGEN, K.J. Design and control of warehouse order picking: a literature review. *In: European Journal of Operational Research*, v. 182(2), p. 481-501, 2007.
- LACERDA, L. Armazenagem e localização das instalações. *In: FLEURY et. al. (org.) Logística Empresarial - a perspectiva brasileira*. São Paulo: Atlas, 2000.
- LAUDON, K., LAUDON, J. Sistemas de Informação Gerenciais. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- LIMA, J. J. *O relacionamento das empresas montadoras de veículos, instalados na região de Curitiba, com seus fornecedores*, 2000, 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- LIMA, M. Armazenagem: Considerações sobre a atividade de picking. ILOS- Instituto de Logística e Supply Chain, 2002.
- LYU, G., CHEN, L., & HUO, B. Logistics resources, capabilities and operational performance. *Industrial Management & Data Systems*, Pequim, v.119, n.2, p.230-250. 2019.
- MACEDO, N. L. F., FERREIRA, K. A. Diagnóstico da gestão de armazenagem em uma empresa do setor de distribuição. *In: Encontro nacional de engenharia de produção*, 31, 2011, Belo Horizonte. *Anais ABEPRO*. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.
- MCGEW, M. Os Benefícios do FIFO na logística. [S.l]: 2015. Disponível em http://www.ehow.com.br/beneficios-fifo-logistica-info_33957/ Acesso em AGO 2024
- MEDEIROS, A. Estratégias de picking na armazenagem. ILOS- Instituto de Logística e Supply Chain, 1999.
- MELLO, A. A. A., Raele, R., Vaz, S. L., Caigawa, S. M. Competitividade e sustentabilidade ambiental da siderurgia brasileira. *In: Seminário Mitigação de Gases de Efeito Estufa: a experiência empresarial setorial e regional no Brasil*, 1, 2008, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. P.31-51.
- MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operação*. São Paulo: Pioneira, 2001.
- MOURA, R. A. Sistema e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais. V. 1. São Paulo: IMAM, 2005.
- MOURA, R. A. *Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais*. 4. ed. São Paulo: IMAM, 1998.
- MOURATO, J. P. D. V. *Melhoria da logística interna de uma empresa na indústria automóvel*. 2019. Dissertação de mestrado (Engenharia Mecânica) - Instituto

Superior de Engenharia do Porto Departamento de Engenharia Mecânica, Porto, 2019.

POZO, H. *Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PRODANOV, C. C., FREITAS, E.C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

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

SLACK N., CHAMBERS S., JOHNSTON R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TOMPKINS, J. A. et al. *Facilities Planning*. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1996.

ULZE, R. *Logística Empresarial: uma introdução à administração dos transportes*. 1. Ed. São Paulo: Pioneira, 1974.

VIEIRA, H. F. *Logística Aplicada à Construção Civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras*. 1. ed. São Paulo: PINI, 2006.

WANKE, P. F. *Logística para MBA em 12 lições*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.