

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JOÃO RENATO FIALHO DE BELO**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA COM  
PLATAFORMA: SEGUIDOR DE LINHA OU TRILHO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Bagé**

**2016**

**JOÃO RENATO FIALHO DE BELO**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA COM  
PLATAFORMA: SEGUIDOR DE LINHA OU TRILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luís Tomm

**Bagé  
2016**

**JOÃO RENATO FIALHO DE BELO**

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA COM  
PLATAFORMA: SEGUIDOR DE LINHA OU TRILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luís Tomm

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Fábio Luís Tomm  
Orientador  
Engenharia de Energia - UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Martín Cruz Rodríguez Paz  
Engenharia de Energia - UNIPAMPA

---

Prof. Vanderlei Eckhardt  
Engenharia de Produção - UNIPAMPA

Dedico este trabalho à minha família, aos professores e colegas do curso de engenharia de produção, maiores incentivadores para que este trabalho fosse realizado.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Luís Tomm, que foi fundamental para que esse trabalho fosse realizado. Aprimoraram meus conhecimentos através de suas orientações e apoio num trabalho interdisciplinar.

Aos professores do Curso de Engenharia de Produção que me transmitiram conhecimento e experiências, e todos os demais, especialmente aos componentes da Banca do Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso, que através de suas sugestões propiciaram importantes reflexões sobre o trabalho.

Agradeço também ao meu colega e amigo Mateus Felipe Goettems, que incentivou e caminhou junto para que eu pudesse concluir meu objetivo nesse trabalho interdisciplinar.

A minha família, pelo incentivo e força ao compartilharmos juntos, a vontade de vencer.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma análise através de um protótipo seguidor de linha (AGV), na melhoria do transporte de carga em ambiente fabril, com análise comparativa em relação ao uso do transporte por trilho (VLT). Visando a melhoria e controle de aplicações em sistemas de transporte mais eficaz. Após a análise das configurações relatadas na literatura, os pontos positivos e negativos de algumas das configurações que foram combinados para definir a melhor arquitetura utilizada no arranjo físico. Veículos que se movimentam de modo automático estão cada vez mais presentes nas indústrias. A aplicação dessa avaliação no ambiente fabril leva o departamento de Planejamento e Controle da Produção a medir o processo de manufatura a ter que gerenciar as etapas de produção de forma a aperfeiçoar os custos. Os benefícios da melhoria e de um transportador autônomo na indústria vão muito além do deslocamento do material, ele pode ditar o ritmo de produção e o balanceamento da carga de trabalho em cada uma das atividades garantindo que o gerenciamento estratégico da empresa seja alcançado ou detectando gargalos. As indústrias em geral vêm buscando melhorar a eficiência de transporte, diminuir riscos de acidentes e incrementar a produção. Há várias indústrias que podem aplicar o sistema de transporte automático por veículo seguidor de linha. Sendo assim, este projeto descreve o desenvolvimento de uma plataforma seguidora de linha, sendo avaliada em função de uma plataforma por trilho, onde é feito a avaliação do transporte por um protótipo desenvolvido em uma indústria fictícia com uma determinada carga, em escala, de um ponto a outro, com reconfiguração de trajeto, para melhoria da logística do transporte de carga.

Palavras -chave: Manejo de carga. Fluxo Produtivo. Transporte seguidor de linha e trilho.

## ABSTRACT

The objective of this work was the development of an analysis by a line follower prototype (AGV), improving cargo transport in manufacturing environment, with comparative analysis regarding the use of transport by rail (VLT). In order to improve and control applications in a more efficient transport system. After reviewing the settings reported in the literature, the positives and negatives of some of the settings that were combined to determine the best architecture used in the physical arrangement. Vehicles that move automatically are increasingly present in industries. The application of this assessment in the manufacturing environment takes the Department of Planning and Production Control to measure the manufacturing process to have to manage the stages of production in order to optimize costs. The benefits of improved and a standalone carrier in the industry go far beyond the displacement of material, it can dictate the pace of production and balancing the workload in each of the activities ensuring that the strategic management of the company is reached or detecting bottlenecks. Industries generally have sought to improve transport efficiency, reduce risk of accidents and increase production. There are various industries which can implement the automatic transport system by line follower vehicle. Thus, this project describes the development of a follower platform line, being assessed on a platform by rail, which is done the evaluation of transport for a prototype on a fictitious industry with a given load in scale from one point to another, with reconfiguration path to improved logistics freight transport.

**Keywords:** Cargo Handling. Production Flow. Line follower transport and rail.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Pirâmide de Automação.....	13
Figura 2 - Movimento do VTL.....	21
Figura 3 - Layout de Chão de Fábrica com via entre dobradeira e guilhotina para a Maquete.....	26
Figura 4 – Plataforma com braço mecânico.....	27
Figura 5 – Plataforma com braço mecânico com carga.....	27

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Graus de automação.....	13
Tabela 2 – Custos com o Sistema de Movimentação de Materiais Anterior (AVL).....	31
Tabela 3 - Custos com o Sistema de Movimentação de Materiais Atual.....	32

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGV - Veículos Guiados Automaticamente  
VCMS - Sistema de Manufatura Celular Virtual  
PCP – Planejamento e Controle da Produção  
PID – Proporcional, Integral e Derivativo  
PWM – Modulação por largura de pulso (Pulse Width Modulation)  
VLT – Veículo Leve sobre Trilhos  
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres  
STPP – Sistema de Transporte Público de Passageiros  
CNT – Confederação Nacional de Transporte  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas  
GEIPOT – Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes  
SNTU – Sistema Nacional de Transportes Urbanos  
EBTU – Empresa Brasileira de Transportes Urbanos  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ANTP – Associação Nacional de Transportes Urbanos  
CNI – Confederação Nacional das Indústrias  
TI – Transporte Individual  
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados  
PCPV – Planos de Controle de Poluição Veicular  
CERTU – Centro de Estudos Sobre as Redes de Transportes  
CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos  
CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivo Geral .....	12
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Movimentação de Cargas em Ambientes Fabris .....	13
2.1.1 Automação Industrial .....	14
2.1.2 Movimentação de Materiais .....	16
2.1.3 Equipamentos de Movimentação de Materiais.....	19
2.2 Transporte de veículos guiados automaticamente .....	20
2.2.1 Segurança do Transporte de Veículos Guiados Automaticamente .....	20
2.2.2 Método De Deslocamento Em Indústria .....	21
2.3 TRANSPORTE DE VEÍCULOS POR TRILHO(VLT) .....	22
2.3.1 Transporte De Veículos Por Trilho (VLT).....	23
2.4 Arranjo Físico ( <i>Leiaute</i> ) .....	24
2.4.1 Tipos de Arranjo Físico .....	25
2.4.2 Norma Regulamentadora 11 .....	25
2.4.3 Norma Regulamentadora 15 .....	25
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Elaboração de modelo em maquete em escala .....	28
3.2 Montagem protótipo .....	29
3.3 Implantação de um sistema AGV no processo industrial.....	30
4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS .....	30
4.1 Relação Consumo por Capacidade de Carga do Veículo.....	30
4.2 Autonomia Mínima das Baterias para uma Aplicação .....	30
4.3 Velocidade desenvolvida.....	31
4.4 Inércia magnética e ruído .....	31
4.5 Resultados do AGV e AVL.....	31
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	34
REFERÊNCIAS .....	35

# 1 INTRODUÇÃO

Considerando a competitividade atual entre as empresas e a globalização dos mercados, cada vez mais a busca por redução de custos nas empresas se torna vital. Por consequência, a pressão por elevação dos padrões de qualidade torna-se maior, impingindo às empresas pouca margem para erros de produção (DEUS, 2009).

Um melhor aproveitamento dos recursos humanos e a otimização dos processos de movimentação de materiais também são essenciais para o aumento da competitividade. A redução de estoques e o uso do fluxo unitário de peças aumenta a exigência de confiabilidade e velocidade na logística de materiais (MARODIN, 2010).

A aplicação dos recursos humanos deve ser orientada ao desenvolvimento de tarefas que agregam valor ao produto. A condução de materiais entre um armazém geral e uma linha de montagem de equipamentos, pode ser apresentada, como um modelo clássico da ausência de valor agregado ao produto, exercido pelos colaboradores de uma unidade fabril. Desta forma, sempre que for viável adotar um sistema que execute esta atividade de forma eficiente, será possível reduzir custos de produção e tempo de processo, podendo assim aproveitar os recursos humanos em outras atividades que sejam necessárias.

Este trabalho tem por finalidade destacar os benefícios da implantação de um sistema automatizado na indústria. Trata-se de um estudo de análise entre dois tipos de transportes de carga em ambiente fabril.

## 1.1 Objetivos

Análise do desempenho de movimentação de carga com Veículos Guiados Automaticamente (AGV) e Veículos Leves sobre Trilhos (VLT), em diversos arranjos físicos.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver parâmetros de análise para movimentação de cargas, com um protótipo de uma plataforma motorizada seguidora de linha, com energia proveniente de baterias, com um braço mecânico para içar cargas. No modo trilho, será analisado o processo por relatos de dados colhidos na literatura. Este modelo

servirá de base de cálculo de análise entre os dois sistemas de transporte em ambientes fabris.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar protótipo em escala 9:1 para análise de um caso específico de movimentação de carga com seguidor de linha, com relação à pesquisa literária por trilho;
- Análise das potências e esforços do protótipo em maquete e dos resultados de literaturas para análise dos dois casos;
- Obter rendimentos e eficiências do protótipo em escala e do sistema em trilho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste trabalho é preciso compreender os conceitos relacionados à movimentação de cargas com plataforma seguidora de linha e por trilho, dentre eles a movimentação de cargas em ambientes fabris, os veículos automaticamente guiados e os veículos com movimentação mecânica e o arranjo físico mais adequado.

### 2.1 Movimentação de Cargas em Ambientes Fabris

A competitividade do mercado, juntamente com a sua globalização, levam, cada vez mais, à busca pela redução de custos e pela melhoria do processo nas empresas, e isso, conseqüentemente, gera a necessidade da redução da margem de erro de produção. Dessa forma, a melhoria dos processos organizacionais é essencial para que a empresa se mantenha e se destaque frente aos elementos do seu ambiente externo, principalmente, a seus clientes.

Dentre esses processos, no ambiente fabril, ganha destaque a movimentação de cargas, pois a melhoria contínua dessa atividade aperfeiçoará a logística de materiais, aumentando a confiabilidade e a segurança e reduzindo estoques e custos operacionais (SOUZA e ROYER, 2013).

A movimentação de cargas (materiais e produtos) é um dos principais componentes da modernização e da flexibilidade dos métodos de manufatura. Esse transporte, normalmente, é caracterizado como um processo crítico da indústria, pois a capacidade de movimentação é

essencial, já que sem ela, ou seja, não havendo condições de suprir de forma adequada às requisições de materiais das estações de trabalho em tempo hábil e na quantidade necessária, haveria um custo operacional maior e uma redução da capacidade produtiva (RÍPOLI et al, 2000).

A função da movimentação de materiais, conforme Moura (2005) é transportar e estocar materiais do início ao fim do processo, sem retrocesso e com o mínimo de transferências, entregando-os nos locais apropriados ao trabalho ou ao centro de produção, de forma a evitar congestionamentos, atrasos e movimentos desnecessários. O controle e movimentação dos materiais pode se dar de forma manual ou automática. A movimentação manual envolve o uso do corpo humano para levantar, abaixar e/ou transportar cargas de um local para outro. Essas tarefas, se realizadas incorretamente ou em excesso, podem expor os trabalhadores da organização a diversos fatores de risco físico, gerando fadiga e diversas lesões. A preocupação com esse tipo de problema é um dos fatores que leva à implantação de sistemas automatizados para a realização desses movimentos (SOUZA e ROYER, 2013).

Ray (2008 apud SOUZA e ROYER, 2013) destaca como benefícios da automatização do transporte de cargas: a redução de custos de movimentação, a economia de espaço, o aumento do interesse e da eficácia do trabalho, a redução da fadiga, o aumento da segurança do trabalho e da operação em si, o aumento da capacidade produtiva, a melhoria da localização e do *layout* das instalações e o aumento da satisfação no trabalho.

Uma das tecnologias utilizadas para a automatização da movimentação de cargas nos ambientes industriais são os veículos guiados automaticamente, os quais serão abordados no próximo tópico.

### 2.1.1 Automação Industrial

O conceito de automação pode ser definido como a conversão da atividade manual do homem para automática dentro de um processo de fabricação (PEREIRA, 1995).

Segundo as teorias de Santos (1979) há uma distinção entre os termos automação e automatização. O autor apresenta a automatização como movimento repetitivo, mecanizado. Automação é definida como o uso de métodos inteligentes, capazes de tornar o processo eficiente com qualidade e produtividade.

A automação é tratada por Groover (2001) como uma grande área que busca integrar a mecânica, a eletrônica e as tecnologias computacionais no sentido de colaborar com o processo de fabricação. Ainda conforme Groover o sistema produtivo, pode ser dividido em duas partes para facilitar o controle: automação do processo de manufatura e informatização de amparo ao sistema de manufatura.

Conforme Black (1998), a automação é dividida em categorias, de acordo com o nível de atividades efetuadas pela máquina, quanto maior o número de atividades humanas efetuadas por uma máquina maior será o seu grau de automação, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1  
Graus de automação

<b>Graus de Automação</b>	<b>Atributo Humano Substituído</b>
A(0)	Nenhum: alavanca, chave de fenda, roldana, cunha;
A(1)	Energia: músculos substituídos;
A(2)	Destreza: auto alimentação;
A(3)	Diligência: sem realimentação;
A(4)	Julgamento: Realimentação posicional;
A(5)	Avaliação: controle adaptativo, análise dedutiva, realimentação do processo;
A(6)	Aprendizado: pela experiência;
A(7)	Raciocínio: apresentam intuição; relaciona causas e efeitos;
A(8)	Criatividade: realiza projetos sem auxílio;
A(9)	Dominância: supermáquinas que comandam outras.

Fonte: Adaptado de Black (1998)

Fialho (2008) caracteriza a automação em duas partes, que são: automatismos e automação. Automatismos são os recursos, máquinas e ferramentas de trabalho, com condições de minimizar ou anular o trabalho realizado pelo homem num processo de

produção. Automação não é apenas a troca do homem no processo de produção, mas sim um modo de assegurar produtividade, rendimento, garantia da qualidade do produto e, principalmente, a redução dos custos do processo.

Já Webb (1992) apresenta a Pirâmide de Automação, identificando os níveis de controle industrial (Figura 1).

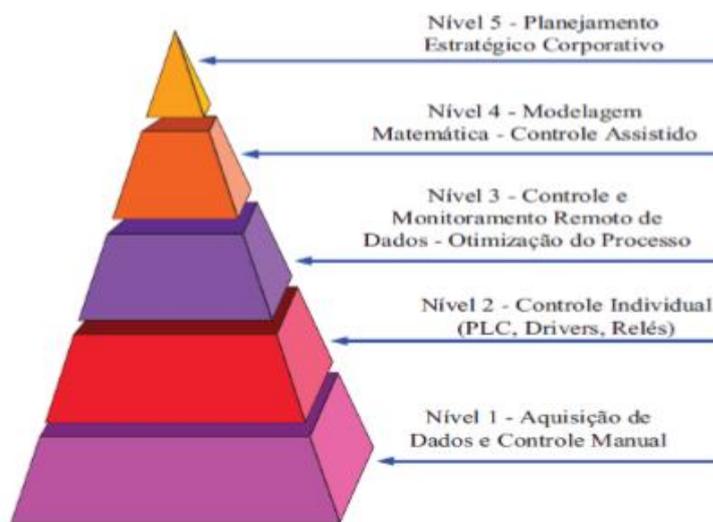


FIGURA 1 - Pirâmide de Automação  
Fonte: Webb(1992)

A automação de processos é uma ferramenta de extrema importância para manter uma empresa competitiva. A busca de melhorias e de novas tecnologias faz a diferença no processo de fabricação, auxiliando na redução de custos no transporte de materiais, no processo em si, ganhando produtividade, eficiência e qualidade nos produtos (WEBB, 1992).

### 2.1.2 Movimentação de Materiais

O uso da tecnologia da informação na logística de armazenagem e distribuição pode reduzir tempo de resposta, aumentar a eficiência no uso do espaço físico e na movimentação de materiais resultando em aumento de competitividade (MACHADO e SELLITTO, 2012). A movimentação de materiais, segundo Moura (2005), pode ser definida de várias maneiras, no entanto, é importante entendê-las na composição de três definições:

- ✓ Movimentação de materiais é a arte da ciência, envolvendo a embalagem, a movimentação, a estocagem e o controle de materiais;
- ✓ Movimentação de materiais é a criação de tempo e espaço a ser utilizado por um material;
- ✓ Movimentação de materiais significa materiais em movimento.

A movimentação de materiais não é uma ciência bem definida, na qual todos os procedimentos estão contidos num manual, na forma de padrões para serem aplicados, resultando em soluções sempre ótimas. O objetivo da movimentação de materiais é a pesquisa para encontrar uma solução que satisfaça as situações mais variadas (JÚNIOR et al., 2009).

A principal ideia da segunda definição é que ela acrescenta valor a um produto. Pode-se definir este valor como sendo a disponibilidade na conjuntura atual, aonde o valor da disponibilidade é definido como o valor do tempo e do lugar utilizado. Um produto tem, portanto três valores reais: da forma, tempo e espaço utilizado. As atividades de manufatura estão relacionadas com a forma, e as atividades da movimentação de materiais dependem do tempo e do espaço utilizado.

A definição da terceira movimentação de materiais como sendo materiais em movimento, é qualquer movimento de alguma coisa numa unidade industrial, armazém ou terminal de carga, desde a recepção, embalagem, estocagem, até a expedição. A movimentação de materiais não pode ser vista somente numa instalação industrial, mas como uma atitude necessária em várias empresas.

Ainda conforme Moura (2005), o objetivo da movimentação de materiais é transportar e estocar os materiais do início ao término do processo, sem retrocesso e com um mínimo de transferências, e entregá-los nos locais apropriados de trabalho ou centro de produção, de modo a evitar congestionamento, atrasos e manuseios desnecessários.

A movimentação de materiais é uma atividade comum a todos os ramos de negócio e está relacionada com o transporte, a armazenagem e a distribuição de matérias-primas e produtos acabados; e o máximo de economia somente pode ser obtido se for observado o que ocorre com o produto, desde a sua primeira movimentação como matéria-prima nos depósitos da fábrica até sua colocação no veículo de entrega no setor de expedição.

A movimentação de materiais pode ainda ser pensada como compreendendo oito dimensões distintas (MEYERS, 2000):

a) Movimento: materiais, peças e produtos acabados devem ser movimentados de um lugar para outro. Envolve a eficiência do transporte do material durante sua transformação. Interessa movimentar o mais rápido possível, com segurança e integridade. b) Quantidade: a demanda varia entre operações em qualquer processo de produção. A quantidade ditará o tipo e natureza do equipamento a ser utilizado, tal como o custo associado a essa movimentação. c) Tempo: cada passo ou processo num empreendimento requer que os suprimentos estejam disponíveis nos momentos necessários. d) Lugar: o material é de pouco significado em qualquer atividade, a não ser que esteja no local próprio para o uso. e) Material: o material é qualquer material, volume ou carga unitizada, em qualquer forma – sólido, líquido ou gasoso. f) Estocagem: a estocagem do material oferece um pulmão entre as operações, facilita o uso eficiente de pessoas e máquinas e oferece organização eficiente de material. g) Espaço: espaço de armazenamento, usado ou não, é um dos mais importantes elementos em qualquer fábrica. As necessidades de espaço e o controle de estoque são influenciados pelo tipo de fluxo de material. h) Controle: o controle verdadeiro do material exige o controle físico e da condição do material. O controle físico é o controle da orientação, da sequência e do espaço entre os materiais. O controle da condição é a consciência, em tempo real, de locação, quantidade, destino, origem, proprietário e programa dos materiais.

A movimentação de materiais é definida por Ray (2008) como parte integrante de um sistema de produção e que permite otimizar a eficiência da movimentação de materiais no sistema. Independente do tamanho e da complexidade do material, o sistema de movimentação deve atender dois tipos de fluxos em simultâneo: o fluxo físico de materiais e o correspondente fluxo de informação. O fluxo de informação permite fazer decisões relativamente ao controle do fluxo físico do material, fornecendo informações sobre o componente que está a passar por um dado ponto, numa dada altura, para onde vai e o que vai ser executado posteriormente.

Dependendo do tipo de sistema de produção e armazenamento, o modo de controle e movimentação dos materiais poderá ser manual ou automático.

Movimentação manual de materiais envolve o uso do corpo humano para levantar, baixar, atestar, ou transportar cargas de um local para outro. No entanto, quando estas tarefas são realizadas de forma incorreta ou excessiva, podem expor os trabalhadores a fatores de

risco físico, fadiga e lesões. Para evitar estes problemas, a organização pode beneficiar-se do avanço das novas tecnologias e melhorar o ajuste entre as tarefas do trabalho e a capacidade dos seus trabalhadores. A utilização de equipamentos e máquinas reduz e previne o risco de lesões e esforços dos trabalhadores, como também aumentam a produtividade e a qualidade do serviço (CHEUNG et al., 2007).

Para Crowsox (2006), o dispositivo automatizado é pensado e construído de modo a atender demandas para a movimentação e deslocamento de material. A automação de processos e de tecnologias de movimentação vem sendo utilizada por muitas companhias com o intuito de diminuir as dificuldades da movimentação manual e melhorar a produtividade.

Segundo Ray (2008), há alguns benefícios a se esperar de uma melhor movimentação de materiais, como: redução de custo de movimentação; economia de espaço; tornar o trabalho mais interessante e eficaz; redução de fadiga; tornar o trabalho mais seguro; aumento da capacidade produtiva; melhora da localização e do layout das instalações; segurança na operação; maior satisfação no trabalho.

### 2.1.3 Equipamentos de Movimentação de Materiais

Existe uma ampla variedade de equipamentos de movimentação de materiais, no que diz respeito a tamanhos, volumes e formas diversas. Segundo Moura (2005), os tipos mais comuns são:

a) Sistemas de Transportadores Contínuos: Consiste na movimentação entre dois pontos pré-determinados. São utilizados em mineração, indústria, terminais de carga e descarga, terminais de recepção e expedição ou em armazéns. Exemplos de Sistemas de transportes contínuos: Esteiras transportadoras, transportadores de roscas, transportadores magnéticos, transportadores pneumáticos e transportadores de roletes livres. b) Sistemas de Manuseio para Áreas Restritas: São feitos para locais onde a área é elemento crítico: por isso são bastante utilizados em almoxarifados. A ponte rolante é o equipamento mais utilizado entre todos. Exemplos: Pontes rolantes e pórticos. c) Sistemas de Manuseio entre Pontos sem Limites Fixos: O mais versátil dos sistemas. Exemplos: Carrinhos, paleteiras. Empilhadeiras. Os andarilhos ditos inteligentes podem também ser utilizados como elementos para prestar assistência sensorial para o paciente. Normalmente, estes equipamentos avançados têm

sensores de visão, ultrassom ou infravermelhos capazes de detectar obstáculos estáticos e dinâmicos. O sistema de controlo auxilia o utilizador a evitar, quer seja por som, alertas de vibração ou diretamente nos atuadores do dispositivo, momentaneamente, alterando o caminho introduzido pelo utilizador. Esta função é geralmente projetada para ajudar utilizadores com problemas visuais ou para ajudar a deslocar em ambientes com múltiplos obstáculos (SILVA, 2012).

## 2.2 Transporte de veículos guiados automaticamente

O AGV é um veículo elétrico, programado e guiado por intermédio de sensores ópticos, rádio frequência ou laser (KIM e TANCHOCO, 1999 apud SOUZA e ROYER, 2013), que oferece segurança e velocidade em operações ininterruptas. Ele pode transportar caixas, carrinhos ou *pallets*.

Outras vantagens, segundo os autores citados, é que ele favorece as condições ambientais, não gera ruído, funciona com baterias, reduz o custo de mão de obra, dá maior flexibilidade ao manuseio e ao transporte de materiais, gera melhor organização da programação do processo, melhora a utilização dos espaços disponíveis e auxilia no controle de inventários.

De acordo com Hammond (1986 apud SOUZA e ROYER, 2013), além do aumento da produtividade, outro fator de destaque para o AGV é o controle de segurança, pois ele tem um sistema de velocidade contínua programada e por ser equipado por sensores ópticos em todos os lados, evita colisões com qualquer tipo de obstáculo, inclusive pessoas.

Segundo Sartor, Martins e Cury (1997), o projeto de um AGV deve considerar aspectos tecnológicos, estruturais e de gerenciamento, pois essas definições influenciam de forma substancial no resultado a ser atingido.

### 2.2.1 Segurança do Transporte de Veículos Guiados Automaticamente

Para garantir a integridade do AGV e do meio envolvente (pessoas, produtos que transportam e máquinas), os AGVs dispõem de dispositivos de segurança.

- I. Detecção de colisões — Os AGVs possuem sensores de obstáculos (Laser Range Finders) que detectam objetos no seu campo de alcance e calculam a distância até estes. O AGV irá reduzir a velocidade ou até parar para prevenir colisões. Além disso, podem usar para-choques que quando acionados garantem a parada instantânea do AGV em caso de o sensor de obstáculos não ter atuado;
- II. Sinal Áudio/Visual — Os AGVs são equipados com um conjunto de dispositivos de sinalização, tais como sinais de luzes piscando ou alertas sonoros que indicam o estado do AGV ou avisam os trabalhadores da sua presença;
- III. Controle Manual — Os AGVs dispõem de a possibilidade acionar um botão de emergência para a parada brusca do AGV.

### 2.2.2 Método De Deslocamento Em Indústria

Ao iniciar a trajetória, dois sensores de rota opto-acopladores identificarão uma linha preta na plataforma, fazendo que o carrinho permaneça na rota estabelecida, até completar todo o percurso.

Durante a trajetória, o veículo encontrará bifurcações. Nessas situações, no chão serão colocadas fitas (faixas na cor branca acima da plataforma preta) indicando qual bifurcação do percurso o sensor opto-acoplador estará avaliando. A partir desta avaliação o AGV saberá por qual trajetória da bifurcação deverá seguir.

Os pontos de paradas serão identificados através de blocos no chão na cor preta (acima da fita citada acima). Após o sensor fotodiodo identificar a parada estabelecida, o AGV deverá parar, e só voltará a funcionar após içar a carga.

Para evitar colisões com pessoas ou qualquer objeto encontrado durante o caminho, sensores de segurança por laser ou ultrassom devem identificar a presença do mesmo. A movimentação só retorna a sua trajetória depois de normalizada a situação. O veículo em escala não possui este dispositivo, pois ele não é foco do estudo atual.

O controle de todo o processo será feito através de um micro controlador, que receberá as informações dos sensores e converterá internamente o sinal para digital. Após o tratamento do sinal o micro controlador processará as informações recebidas e enviará um comando para acionar os motores, conforme a necessidade de uso dos mesmos.

### 2.3 Transporte de veículos por trilho (VLT)

Segundo Alouche (2012), a denominação veículo leve sobre trilhos não é a mais adequada, pois vem da tradução de *light rail transit* (LRT), o que não representa bem as funções destes veículos, e cita como exemplo o monotrilho, que é considerado um VLT, porém utiliza pneus para se deslocar. Destaca ainda que, pela tecnologia, o VLT pode ser: o bonde, o monotrilho, o bonde que circula em vias parcialmente segregadas, e ainda o bonde que anda em corredor segregado. E, ainda segundo o Alouche (2012), quando a via do bonde é totalmente segregada, o veículo se torna um metrô leve.

Já Lerner (2009) vê dificuldade em distinguir entre o sistema do bonde moderno e o de VLT:

É difícil distinguir entre um sistema de bonde moderno e um VLT ou “light rail”. No caso dos bondes, os veículos geralmente circulam pelas ruas e partilham o espaço com o tráfego comum, como no caso de Milão, ou precisam esperar nos cruzamentos, como no caso dos bondes modernos da França, os quais, mesmo possuindo “canaletas” exclusivas, ainda compartilham o espaço dos cruzamentos. (LERNER, 2009)

Através de revisão bibliográfica, será apresentado um conceito dos transportes de carga por VLT, do início até a sua eliminação quase por total no cenário nacional de transporte, mas que ainda perduram por movimentador de cargas determinantes no ambiente fabril. Para fundamentar a escolha por um transporte sustentável também nas indústrias que necessitam, levaremos alguns conceitos e medições. Ademais, serão salientados alguns impactos negativos do transporte: o uso indiscriminado de energia poluente, a geração de poluição sonora, a ocorrência de acidentes, e o consumo não sustentável, e será ainda apresentada a importância em um arranjo físico de transporte de cargas em determinados fins como forma de atenuar os prejuízos causados pelo uso excessivo do transporte de cargas em grandes toneladas. Serão também apresentadas experiências de sucesso na implantação do VLT, onde o veículo de transporte é realidade e se insere de maneira harmoniosa no meio das indústrias, valorizando a identidade das mesmas. E ainda é apresentado o projeto preliminar do VLT em alguns casos do ambiente fabril, e que já oferece, mesmo em estudo preliminar, características que diferenciam o VLT dos outros meios de transportes já em funcionamento.

O transporte VLT, por sua enorme importância para o desenvolvimento do mundo, e pela existência, cada vez maior, de grandes e médias capacidades de movimentação, vem sendo cada vez mais estudado e valorizado. A percepção do impacto causado pelos transportes na qualidade de vida, principalmente da população em ambiente fabril, faz com que áreas como a Engenharia de transporte, por exemplo, utilizem o estudo da mobilidade de movimento como estruturador da construção de logísticas.

### 2.3.1 Transporte De Veículos Por Trilho (VLT)

A movimentação de material em VLT, ou transporte por trilho, tem como objetivo as linhas ou células de produção de uma fábrica, bem como transportar o material em processamento, quando este processamento implica a realização de operações que são desempenhadas em postos de trabalho diferentes (Russomano, 1976, p. 191), transporte este que é, habitualmente, efetuado por operários semiqualeificados, sob as ordens do movimentador, que é quem lhes transmite o que vai ser transportado, de onde e para onde vai ser transportado (Russomano, 1976, p. 195). A movimentação de material tem também como função a emissão de guias de remessa que deverá ser entregue ao fiel de armazém, juntamente com os produtos acabados (Russomano, 1976, p. 193).

A movimentação de material por trilhos se limita movimentos em linha, como também executa essa função tendo o auxílio do operador manual ou por motor. As atividades de apoio à produção e as outras atividades não devem ser vistas como um número isolado e independente de procedimentos, devendo ser integradas num sistema de atividades de modo a maximizar a produtividade total de uma instalação ou armazém. Conforme figura de movimentação de cargas.

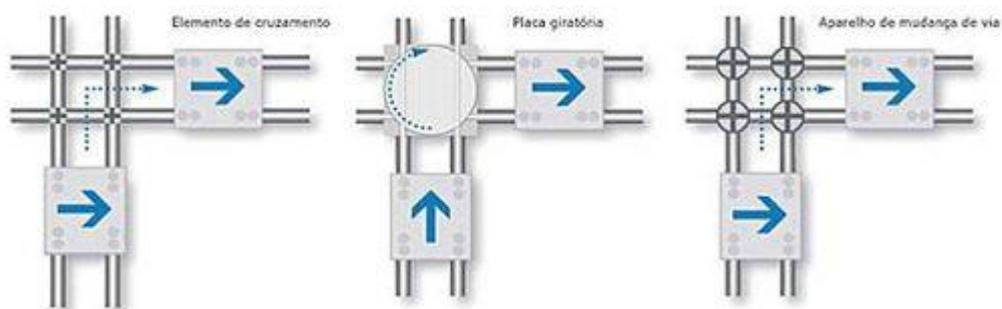


FIGURA 2 – Movimento do VTL  
Fonte: Autoria própria.

Além da movimentação de material por trilho ter em conta o tempo, o espaço, e a abordagem de sistemas, deve também ter em conta outro aspecto, o ser humano. Quer seja uma operação simples, que envolva a movimentação de poucos materiais, que seja uma operação complexa que envolva um sistema automatizado, as pessoas fazem sempre parte da movimentação de material.

#### 2.4 Arranjo Físico (*Leiaute*)

O projeto e o planejamento do arranjo físico das áreas que compõem o sistema de manufatura também são muito importantes na busca pelo aumento da produtividade, da qualidade e da redução de custos.

Esse arranjo define o relacionamento físico entre as várias atividades do sistema produtivo.

O arranjo físico é a disposição das máquinas e dos equipamentos e serviços de suporte em uma área determinada, de forma a minimizar o volume de transporte de materiais no fluxo produtivo industrial.

Ele se refere ao “planejamento do espaço físico e representa a disposição de máquinas e equipamentos necessários à produção dos produtos/serviços da empresa” (CHIAVENATO, 2014).

Chiavenato (2014), juntamente com vários outros autores, classificam o arranjo físico em 04 (quatro) categorias principais:

- 1) Arranjo físico por processo ou funcional, onde as máquinas são agrupadas por função, por exemplo: todos os tornos ficam juntos;
- 2) Arranjo físico em linha ou por produto, que é o que lida com grandes lotes de produção e com máquinas para fins específicos. Ele representa cada tipo de operação desde a entrada da matéria-prima, no início, até a saída do produto acabado ao final, indicando todas as etapas percorridas (trajetória do produto);
- 3) Arranjo físico de posição fixa ou posicional, no qual o produto permanece em uma posição fixa durante o seu processo de fabricação, devido ao seu tamanho e/ou peso;
- 4) Arranjo físico de processo contínuo, que é usado para produtos líquidos, gasosos ou em pó. Nesse tipo de arranjo, o produto flui fisicamente pelo sistema.

### 2.4.1 Tipos de arranjo físico

Depois que o tipo de processo foi selecionado, o tipo básico de arranjo físico deve ser definido. O tipo de arranjo físico é a forma geral do arranjo de recursos produtivos da operação e é, em grande parte, determinado pelo tipo de produto, tipo de processo de produção e volume de produção.

Existem quatro tipos básicos de arranjo físico:

- ✓ Arranjo posicional ou por posição fixa;
- ✓ Arranjo funcional ou por processo;
- ✓ Arranjo linear ou por produto;
- ✓ Arranjo de grupo ou celular.

A Unidade de Planejamento e Controle de Produção (PCP) solicitante deve disponibilizar uma equipe de trabalho na reconfiguração da rota dedicada ao processo de logística no chão de fábrica, com um gerente de projeto que será o ponto de contato com a equipe de montagem.

### 2.4.2 Norma regulamentadora 11

A Norma Regulamentadora 11 (NR11), que determina o transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais - estabelece os requisitos de segurança a serem observados nos locais de trabalho, no que se refere ao transporte, à movimentação, à armazenagem e ao manuseio de materiais, tanto de forma mecânica quanto manual, objetivando a prevenção de infortúnios laborais.

### 2.4.3 Norma regulamentadora 15

A Norma Regulamentadora 15 (NR15), que determina as atividades e operações insalubres, dispõe os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa é exploratória, pois visa à análise da movimentação de carga utilizando um modelo de plataforma motorizada seguidora de linha, com braço mecânico para içar cargas em ambientes fabris, tema pouco conhecido e explorado, contra um sistema feito da literatura em seus conceitos e informações técnicas e adaptadas a um chão de fábrica.

Esse tipo de pesquisa permite que as próximas pesquisas possam ser concebidas com maior compreensão e precisão (GIL, 2012).

Quanto à natureza, a pesquisa foi aplicada, já que gerará conhecimentos úteis à solução de problemas reais (GIL, 2012) do setor industrial.

Inicialmente a pesquisa terá o caráter bibliográfico, visto que se baseiam em material já publicado a respeito do tema (GIL, 2012), tais como livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

A pesquisa assumirá o caráter de estudo e análise, pois o fenômeno estudado é amplo e complexo e precisa ser estudado no contexto onde ocorre (YIN, 2001), ou seja, no local onde será aplicada a nova tecnologia.

Nos tempos atuais busca-se que máquinas e robôs realizem as tarefas rotineiras e/ou insalubres. A movimentação de peças e produtos em ambiente fabril é importante tarefa em layouts que possuem dinamismo muitas vezes inviabiliza a utilização de trilhos e esteiras.

A estratégia de utilizar veículo seguidor de linha é uma tática pouco explorada na literatura e nas indústrias da região. Este trabalho utiliza microcontrolador no protótipo de veículo de transporte em escala na maquete industrial para estudo de melhores rotas, otimizações, eficiência energética, robustez.

Com relação ao desenvolvimento do protótipo em escala (Goettems, 2016), foi construído um robô semiautônomo terrestre com duas rodas de tração para o transporte de cargas e utilizará navegação por seguidor de linhas pintadas no chão de fábrica.

Essas linhas são as trajetórias previamente demarcadas por uma faixa de contraste de cores.

O sistema de detecção será formado por um conjunto de sensores de luz infravermelha e a decisão será tomada de acordo com o algoritmo seguidor de parede (*wall follower*), denominado como regra da mão esquerdo-direita.

Como um seguidor de linha é “aquele que tem a capacidade de detectar uma linha desenhada no chão por meio do contraste entre a cor desta linha e a cor do restante do piso”

(GOMES et al, p, 8) e ele deve segui-la de forma precisa é preciso conseguir um sensor capaz de detectar o defasamento da rotação dos motores.

Os motores de movimentação do braço de içar a carga possuem caixa de redução e *encoders*, que é um sensor preso a um objeto em rotação, de forma a medi-la.

Esse dispositivo indicará o ângulo absoluto que se encontra a saída da caixa de redução.

Então, será utilizado um encoder em cada eixo dos motores para medir sua defasagem em graus e, conseqüentemente, a diferença de tensão vezes tempo que deve ser aplicada ao motor para se atingir um objetivo.

Com isso, por intermédio de um controle de tensão será diminuída a rotação mais rápida para regular essa defasagem. O que no presente estudo, é feito com o PWM.

Ao iniciar a sua trajetória, 02 (dois) sensores de rota opto-acopladores identificarão a linha preta na plataforma, fazendo com que o AGV permaneça na rota estabelecida, até completar todo o percurso.

Na trajetória o veículo encontrará bifurcações e, nesse caso, haverá identificação, no chão, com fita isolante (compondo as faixas na cor preta sobre a plataforma branca), indicando qual bifurcação do percurso o sensor opto-acoplador avaliará. A partir desta avaliação o AGV saberá por qual trajetória da bifurcação deverá seguir.

Os pontos de paradas serão identificados através de blocos no chão na cor branca (acima da fita isolante). Após o sensor opto-acoplador identificar a parada estabelecida, o AGV deverá parar e só voltará a funcionar após o acionamento de um botão, o que será feito pelo usuário.

Para evitar colisões com qualquer objeto encontrado durante o caminho, pode ser colocado no AGV implementado na indústria um sensor laser de 360° para identificar a presença de obstáculos. O AGV só retorna a sua trajetória após a retirada do objeto.

O controle de todo o processo será feito através de um microcontrolador, que receberá as informações dos sensores e converterá internamente o sinal para digital.

Após o tratamento do sinal, o microcontrolador processará as informações recebidas e enviará um comando para acionar os motores proporcionalmente a necessidade de uso dos mesmos. O cálculo da tensão média entregue pelo PWM é realizado em escala pela tensão eficaz da bateria.

### 3.1 Elaboração de modelo em maquete em escala

Tendo a compreensão dos elementos que influenciam a rotina de projeto de chão de fábrica e o impacto da movimentação de carga neste ambiente, pode-se utilizar a técnica de elaboração de maquete em escala.

Para verificação dos itens de segurança, tempos, energia e confiabilidade a maquete tem que reproduzir o mais fielmente possível os elementos encontrados no ambiente fabril.

Uma situação hipotética foi montada para aplicar os conceitos e é apresentada na Figura 3. A escala utilizada é de 9 para 1 tendo em vista o tamanho de um carro ou de 10 para 1 para uma empilhadeira pequena.

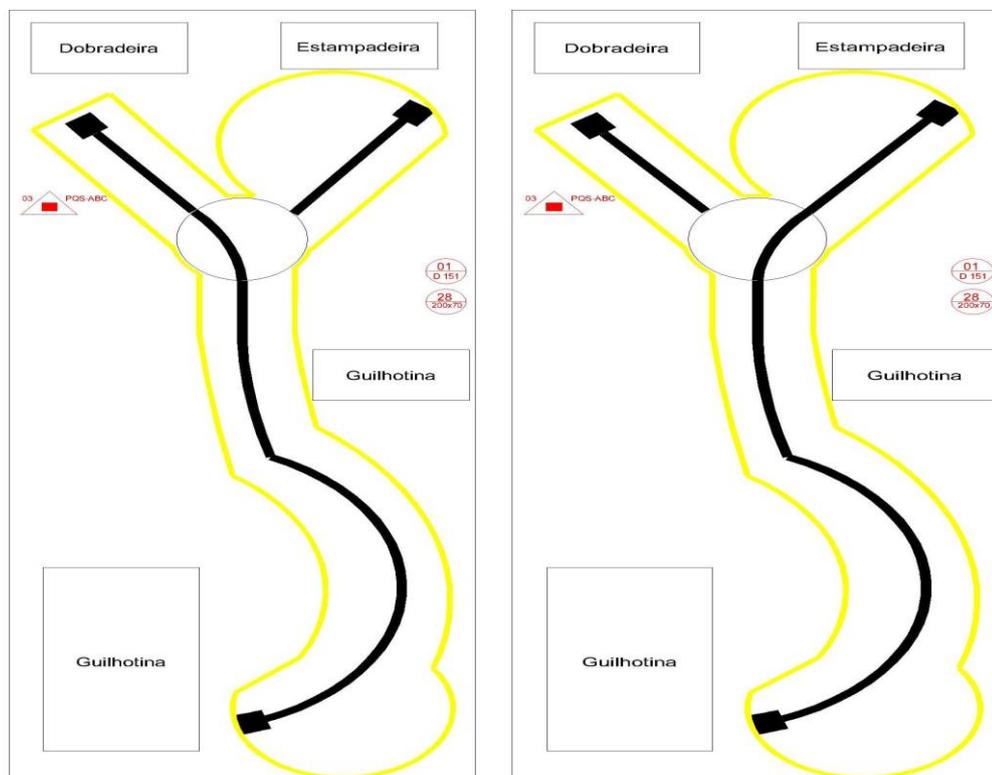


FIGURA 3 - Layout de Chão de Fábrica com via entre dobradeira e guilhotina para a Maquete  
Fonte: Autoria própria.

Quando o Planejamento e Controle da Produção (PCP) verifica que é necessária a mudança na rotina de logística da empresa pode-se rapidamente deslocar a linha para outra posição e o fluxo de carga se modificará.

### 3.2 Montagem protótipo

Para o teste de movimentação de cargas montou-se o modelo do veículo da Figura 4 e na 5 a fotografia do protótipo do veículo içando uma carga (Goettems, 2016).

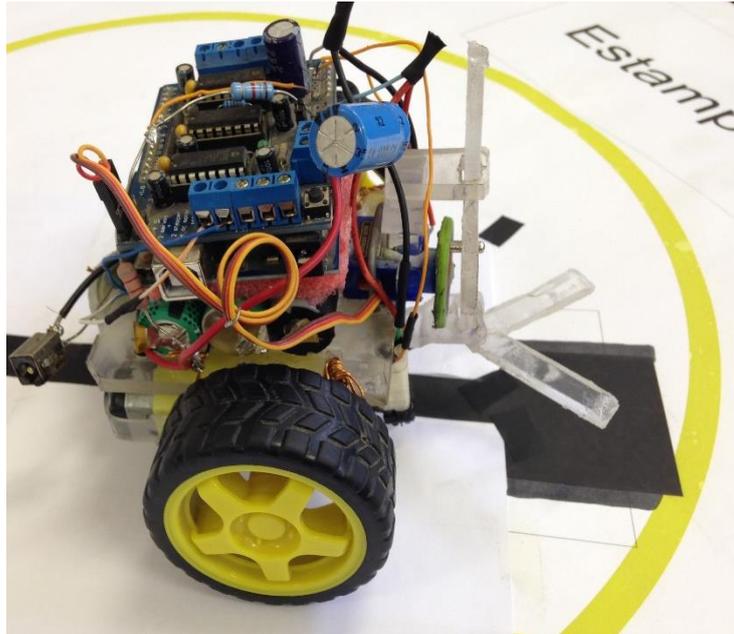


FIGURA 4 – Plataforma com braço mecânico.  
Fonte: Goettems, 2016.

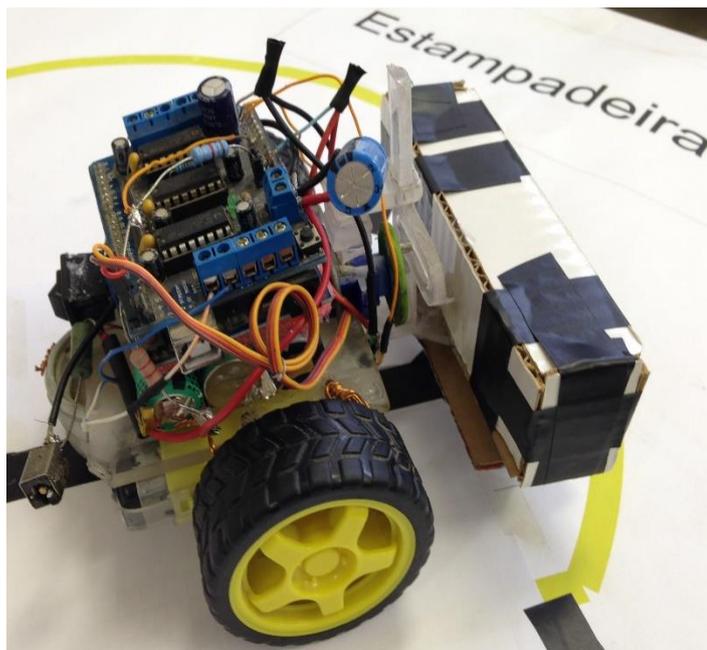


FIGURA 5 – Plataforma com braço mecânico com carga.  
Fonte: Goettems, 2016.

### 3.3 Implantação de um sistema AGV no processo industrial

O projeto foi desenvolvido em um protótipo numa empresa fictícia de equipamentos agrícola. O AGV é utilizado no transporte de peças agrícolas. O trabalho proposto expõe os benefícios desta nova tecnologia ao processo industrial, proporcionando agilidade, organização e segurança ao processo de transporte de carga. Conforme o estudo realizado foi possível obter um retorno rápido do investimento, calculando movimentação e custo de implantação, além disso, considerando os ganhos de processo e de insumos.

## 4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Após a energização do sistema, ele verifica os níveis de branco do solo e calibra a malha de controle pela tensão da bateria. O loop é executado sempre pegando a carga na primeira posição e a entregando na segunda do Layout da Figura 3.

### 4.1 Relação Consumo por Capacidade de Carga do Veículo

O volume de carga levantada é de 338 cm<sup>3</sup>, dados levantados após feitas as devidas medidas de comprimento, altura e largura da caixa que representa a carga.

Capacidade de carga içada: 338cm<sup>3</sup>.

Autonomia de bateria: 2 horas.

3 células de Lítio íon 2 Ah.

$2\text{Ah}/2\text{h} = 1\text{A}$ .

$1\text{A}/338\text{cm}^3 = 2,95\text{mA}/\text{cm}^3$ .

### 4.2 Autonomia Mínima das Baterias para uma Aplicação

A autonomia do protótipo é de aproximadamente 2 horas. Teste realizado iniciando o sistema e cronometrando o tempo até o esgotamento total das baterias. Foram utilizadas 3 células de

Lition ion 2 Ah no protótipo, levando em consideração a escala de 1:9, temos uma autonomia de 18 horas de pleno trabalho.

#### 4.3 Velocidade desenvolvida

A sintonia do algoritmo foi visando que a velocidade desenvolvida pelo protótipo seja de entorno de 2 km/h. Onde foi coletado os dados de tempo de 1,81s em que a plataforma percorre um metro.

#### 4.4 Inércia magnética e ruído

A inércia magnética do motor é muito maior que o período do PWM não apresentando ondulação perceptível de torque nessa frequência. O protótipo apresentou baixo nível de ruído que deve ser mensurado no andamento do trabalho, bem como peso da peça, formato da peça, fragilidade da peça, fluxo e tempos de produção e controle.

#### 4.5 Resultados do AGV e AVL

Os resultados obtidos com a implementação do novo sistema de movimentação de materiais pode ser mensurado através de um conjunto de aspectos positivos que foram identificados. A Tabela 2 mostra o custo do sistema utilizado anteriormente, o qual era composto basicamente por empilhadeiras.

TABELA 2  
Custos com o Sistema de Movimentação de Materiais Anterior (AVL).

<b>Custo com empilhadeiras</b>	<b>Considerações por ano</b>	<b>Total anual</b>
Mão de obra	2 pessoas	R\$ 93.600,00

Locação	2 equipamentos	R\$ 43.200,00
Causa trabalhista	3 processos	R\$ 20.000,00
Erro humano	Indisciplina e colisões	R\$ 87.600,00
Combustível	Gasolina	R\$ 27.200,00
		R\$ 271.600,00

O custo atual, obtido através do sistema de movimentação de materiais que utiliza o AGV, é apresentado na Tabela 3. Através da comparação do custo anual anterior e atual pode-se acompanhar o ganho obtido através do sistema com o AGV. Através dos dados apresentados, observa-se que o retorno do investimento é inferior a um ano.

TABELA 3  
Custos com o Sistema de Movimentação de Materiais Atual.

<b>Custo com AGV</b>	<b>Considerações por ano</b>	<b>Total anual</b>
Equipamentos	Leasing	R\$ 199.200,00
Manutenção	Preventiva	R\$ 14.400,00
Combustível	Baterias	R\$ 8.400,00
Infraestrutura	Instalação	R\$ 20.000,00
		R\$ 242.000,00

Apesar de esta análise considerar apenas os ganhos econômicos, considerando para isto os ganhos de processo e de insumos, salienta-se que os ganhos relacionados às questões de segurança também são relevantes. Com a implantação do novo sistema, a possibilidade de acidentes de trabalho foi praticamente eliminada. Este aspecto, além de impactar economicamente na empresa (custos de afastamento de mão de obra, custo de substituição de funcionários, etc.), também acaba influenciando na autoestima dos funcionários e tendo impacto na produtividade dos mesmos.

A necessidade constante de diminuir ou eliminar custos do processo produtivo, bem como reduzir a presença humana em locais de riscos, tem propiciado que empresas busquem e invistam em tecnologia, e neste sentido o uso de veículos guiados automaticamente (AGV's) tem aumentado.

Para se obter um melhor aproveitamento do sistema, é importante que se realize previamente a análise do processo e o planejamento do sistema, com objetivo de se encontrar a rota adequada que proporcionará melhores resultados na implantação do AGV.

Com o trabalho realizado neste estudo de caso, concluiu-se que esta tecnologia apresenta diversos benefícios, como redução de custos, agilidade, eficiência e segurança. O custo de aquisição deste equipamento é bastante alto, no entanto, percebe-se que o retorno deste investimento pode ser recuperado em um espaço curto de tempo. No caso do estudo realizado neste trabalho, o tempo de retorno do investimento ficou inferior a um ano. Observou-se que o sistema reduz bastante o número de acidentes do trabalho, já que devido aos sensores do equipamento AGV, o mesmo trava ao perceber qualquer risco de colisão.

No mercado atual, cada vez mais competitivo, é de extrema importância que cada empreendimento busque continuamente a melhoria e a implantação de novas tecnologias, pois muitas vezes a inércia de um empreendimento pode resultar na perda de mercado e na respectiva falência.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo do estudo foi alcançado, uma vez que foi possível identifica-los usando modelos matemáticos de análise por envoltória dos dados empregados quão eficientes foram os resultados. As ineficiências ocorridas na utilização de transporte por trilhos nos processos de *inputs* e na geração de *outputs* para modelagem de serviços considerados pôde ser estimada, bem como a escolha de arranjos físicos e leiaute que poderiam servir como *benchmarks* para os sistemas de cargas classificados como ineficientes.

A pesquisa possibilitou ainda a classificação das ineficiências das indústrias, como ineficiências técnicas e ineficiências de escala. Esse fator torna-se interessante à medida que umas indústrias que opere de fato na sua escala de produção mais eficiente necessitam corrigir tão somente a maneira pela qual gerencia o uso de seus recursos logísticos.

O estudo demonstrou que as indústrias de um modo geral operaram de maneira mais eficiente em relação a outras indústrias que utilizam o conjunto considerado de cargas, devido a estes operarem em sua escala mais produtiva.

Desconsiderando-se o fator de escala, por meio da aplicação de ferramentas de qualidade, constatou-se que além destas unidades as indústrias locais atingiram a chamada eficiência técnica.

As indústrias que utilizam os seguidores de linha merecem especial destaque devido aos mesmos operarem em uma escala muito próxima da escala eficiente; considerando-se a orientação para *outputs*. Essas condições indicam a possibilidade de melhorias direcionadas a melhor utilização de recursos.

A aplicação de ferramentas de qualidade orientada para *inputs* possibilitou ainda a indicação como modelos para o futuro dos arranjos físicos e melhoria dos custos e tempo associada à mudança ao longo do tempo em seu leiaute.

Importante considerar as projeções fornecidas pela análise do desempenho orientada aos inputs e aos outputs em especial. Os valores obtidos por meio destes modelos indicam valores a ser buscados com base em valores observados para outras unidades, e consideram as dificuldades introduzidas pelas diferentes escalas de produção.

Com a pesquisa realizada foi possível compreender a complexidade do controle e da definição dos elementos que influenciam na velocidade, robustez, eficácia e segurança na movimentação de cargas em situações industriais permitindo poupar tempo, energia e espaço na logística empresarial.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Podem ser citadas aplicações de outros modelos de análise com o protótipo *AVG*, que considera os excessos de *inputs* e as faltas de *outputs* diretamente na função objetivo; o modelo *Slacks-based measure of efficiency* (*SBM*), que mede o grau de ineficiência relacionado com os excessos de *inputs* e faltas de *outputs* por meio de um escalar de forma similar ao modelo *AVG*; ou o modelo *VLT*, que supõe um conjunto de possibilidades de transportes.

Outra sugestão é a investigação das condições de transportes destas indústrias em um futuro próximo, como forma de avaliar a existência de melhorias ou deteriorações no desempenho dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

ASHO. **O Que é Ruído?** 2015. Disponível em: < <http://www.asho.com.br/artigo/o-que-e-ruído/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

ANDRADE, Daniel Spillere. **Projeto: robô seguidor de linha**. Florianópolis: UFSC, 2013.

BAGGIO, Mônica Line Kruze; MONTICELLI, Nelma Aparecida Magdalena; CAMPOS, Victoria de Souza. **Manual para Revisão e Melhoria de Processos**. Campinas: UNICAMP, 2015. Disponível em:  
<[http://www.ccuec.unicamp.br/ccuec/sites/default/files/tutoriais/Revisao\\_Processos/3\\_Revisao\\_Processos\\_Manual.pdf](http://www.ccuec.unicamp.br/ccuec/sites/default/files/tutoriais/Revisao_Processos/3_Revisao_Processos_Manual.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2015.

BRASIL. **Norma Regulamentadora 15 (NR15)**. Disponível em:  
<<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm> >. Acesso em: 20 out. 2015.

BRITO, Eliseu Silveira. **Aplicativo para Modelamento 3D de Layout Celular com Base em Tecnologia de Grupo**. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

CAMPOS, Eneida Rached. **Metodologia de Gestão por Processos**. Campinas: UNICAMP, 2007.

COLMANETTI, Marcelo Silveira. **Modelagem de Sistemas de Manufatura Orientada pelo Custeio das Atividades e Processos**. São Carlos: USP, 2001.

Duman, S.; Maden, D.; Guvenc, U. **Determination of the PID controller parameters for speed and position control of DC motor using Gravitational Search Algorithm** IEEE, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos e pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Otávio de Souza Martins; et al. **Robô Seguidor de Linha para Competições**. **Revista Científica IFMG - Campus Formiga**, Formiga, v. 2, n. 2, p. 07-11, jul.-dez. 2014.

Disponível em: <file:///C:/Users/HP/Downloads/122-585-3-PB.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2015.

JAIN, Tushar; SHARMA, Ramkesh; CHAUHAN, Shubham. Applications of Line Follower Robot in Medical Field. **International Journal o Research**, v. 1, p. 409-412, 11 dec. 2014.

HIRZEL, Timoty. **PWM**. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

HONDA, Flávio. **Motores de corrente contínua**: guia rápido para uma especificação precisa. Siemens, 2006.

MENEGUELE, Bruno Eduardo de Oliveira; FERREIRA, Fernando Padilha; ARCANJO, Vinícius da Silva. **Robô explorador de labirintos 2D**. Curitiba: UTFP, 2011.

MOURA, Reinaldo. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 5. ed. São Paulo: Imam, 2005.

PIERI, Edson Roberto. **Curso de Robótica Móvel**. Florianópolis: UFSC, 2002.

REAES, Paulo Antonio; FERREIRA, João Carlos Espíndola. Avaliação da Manufatura Celular Virtual através de Simulação e Projeto de Experimentos com Abrangente Gama de Fatores. **In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, 09-11 out. 2007.

RÍPOLI, Ricardo; et al. **Veículo Automático para Transporte**. São Paulo: FATEC, 2000.

SARTOR, Carla; MARTINS, Carlos; CURY, José Eduardo. **Escalonamento de Ordens em Sistemas de Transporte por AGV**: estudo de um caso. 1997. Disponível em: <[http://fei.edu.br/sbai/SBAI1997/ARTIGOS/III\\_SBAI\\_36.pdf](http://fei.edu.br/sbai/SBAI1997/ARTIGOS/III_SBAI_36.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2015.

SOUZA, José; ROYER, Rogerio. **Implantação de um Sistema AGV – Veículo Guiado Automaticamente um Estudo de Caso**. **In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, out. 2013.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

SANTOS, Eduardo António da Silva. **Logística baseada em AGVs. Tese de mestrado**, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.

Sick Group. **Sensores de obstáculos a Laser**. Visitado a 03/06/16.

URL: [http://www.sick.com/group/EN/home/products/product\\_portfolio/optoelectronic\\_protective\\_devices/Pages/safetylaserscanners.aspx](http://www.sick.com/group/EN/home/products/product_portfolio/optoelectronic_protective_devices/Pages/safetylaserscanners.aspx)

BALLOU, Ronaldo H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª edição. São Paulo: Bookman, 2006. GROOVER, Mikell P. *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. 2ª edição. New Jersey, 2003. GRUPO LINX.