

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE ELETRÔNICA E MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

WEVERTON CORDEIRO ESTALK
EUGENIO SASSE PASCELE

**AUTOMAÇÃO DO DISPOSITIVO DE MONTAGEM DE EIXO
TRASEIRO VEICULOS 4X4**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2016

WEVERTON CORDEIRO ESTALK
EUGENIO SASSE PASCELE

**AUTOMAÇÃO DO DISPOSITIVO DE MONTAGEM DE EIXO
TRASEIRO VEICULOS 4X4**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Luiz Carlos de Abreu Rodrigues

CURITIBA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

EUGENIO SASSE PASCELE
WEVERTON CORDEIRO ESTALK

AUTOMAÇÃO DO DISPOSITIVO DE MONTAGEM DE EIXO TRASEIRO VEÍCULOS 4X4

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 30 de novembro de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Msc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Schneider
UTFPR

Prof. Dr. Celso Salamon
UTFPR

Prof. Dr. Luiz Carlos de Abreu Rodrigues
Orientador - UTFPR

RESUMO

PASCELE, Eugenio Sasse; ESTALK, Weverton Cordeiro. **Automação do dispositivo de montagem de eixo traseiro veículos 4x4**. 2016. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Departamentos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este Trabalho tem como objetivo apresentar uma solução desenvolvida para uma indústria automotiva no estado do Paraná. Nesta indústria, a entrada de um novo veículo exigiu o aumento da cadência da linha de montagem de eixos traseiros 4x4. Para atender esta nova demanda, dispositivos de montagem deveriam ser instalados, porém se a linha não fosse reestruturada, haveria necessidade de mais operadores. Outro problema seria o aumento da frequência de montagem, o que causaria impacto na ergonomia, já em estado ruim. Para impedir tais problemas, a solução desenvolvida e descrita neste trabalho implantou uma nova organização do espaço produtivo assim como a automação dos dispositivos utilizados pelos operadores. Foram criados cinco postos de trabalho, no lugar dos dois anteriores, e a mão de obra necessária é de três pessoas, duas a menos do que a proposta inicial. Com isto, houve ganhos em termos de custos de produção. Além disso, a automatização dos equipamentos proporcionou uma melhoria na condição ergonômica da linha, diminuindo riscos de intervenções do sindicato.

Palavras chave: Indústria automotiva. Linha de produção. Automação. Condições ergonômicas.

ABSTRACT

PASCELE, Eugenio Sasse; ESTALK, Weverton Cordeiro. **Automation of device to 4x4 vehicles rear axle assembly.** 2016. 43 f. Graduation work for the Mechatronics Industrial Technology Course, offered by the Departments of Electronics and Mechanics, Federal University of Technology. Paraná. Curitiba, 2016.

This project aims to present a solution made within an automotive industry in the state of Paraná. In this industry, the entry of a new vehicle required an increase in cadence of the 4x4 rear axles assembly. To answer this new demand, assembly devices should be installed, but if the line was not restructures, there would be a need for more operators. Another problem would be the increase of the mounting frequency, which would have ergonomic impacts, already in bad condition. To avoid such problems, the solution developed and described in this work implemented a new workspace organization, as well as the automation of the devices used by operators. Were created five work stations, rather than the previous two, and the manpower required is three people, two less than the initial proposal. With this, there were gains in terms of production costs. In addition, the automation of the equipment provided an improvement in the ergonomic condition of the line, reducing the risks of syndicate intervention.

Keywords: Automotive industry. Production line. Automation. Ergonomic conditions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Dispositivo antigo, com eixo 4x4 montado (autoria própria).	10
Figura 2: Eixo traseiro de veículo 4x4 (autoria própria).	12
Figura 3: Ilustração de um exemplo de um AGV (Fonte: IMAM Consultoria, 2016).	13
Figura 4: Exemplos de veículos guiados por trilhos (Fonte: IMAM Consultoria, 2016).	14
Figura 5: Funcionamento de motores CC (Fonte: SANTOS; Marco Aurélio da Silva, 2016).	15
Figura 6: Conjunto eixo traseiro completo (Fonte: autoria própria).	17
Figura 7: Fluxograma de implementação (Fonte: autoria própria).	18
Figura 8: Dispositivo de montagem (Fonte: autoria própria).	19
Figura 9: Ilustração dos dispositivos no trilho (Fonte: autoria própria).	19
Figura 10: Comparativo em 3D do dispositivo – antigo x projeto (Fonte: autoria própria).	22
Figura 11: Reforço estrutural destacado em azul (Fonte: autoria própria).	23
Figura 12: 3D da estrutura de suporte com o conjunto motriz (Fonte: autoria própria).	24
Figura 13: Esquema de funcionamento do sistema de alavanca do suporte (Fonte: autoria própria).	24
Figura 14: Estrutura dos <i>bumpers</i> sensoriais (Fonte: autoria própria).	25
Figura 15: Conjunto motriz (Fonte: autoria própria).	26
Figura 16: Informações motor BOSCH (Fonte: Catálogo BOSCH).	26
Figura 17: Sensor indutivo (Fonte: Catálogo PEPPERL+FUCHS).	27
Figura 18: Sensor ultrassônico (Fonte: autoria própria).	27
Figura 19: Ilustração de modo de funcionamento do <i>Bumper</i> (Fonte: Catálogo Rockwell).	29
Figura 20: Imagem do <i>bumper</i> instalado no dispositivo (Fonte: autoria própria).	29
Figura 21: Ligação elétrica do <i>bumper</i> (Fonte: manual do sensor).	30
Figura 22: Botoeira superior (Fonte: autoria própria).	31
Figura 23: Botoeira inferior (Fonte: autoria própria).	32
Figura 24: Fluxograma para CLP do dispositivo (Fonte: autoria própria).	33
Figura 25: Painel do dispositivo montado com os respectivos componentes (Fonte: autoria própria).	34
Figura 26: Esquemático e foto do sistema de carga instalado (Fonte: autoria própria).	35
Figura 27: Carregador Modelo K-02 150A 24V (Fonte: Catálogo JL).	36
Figura 28: Imagem do sistema de movimentação dos carrinhos (Fonte: autoria própria).	37
Figura 29: Painel anexado ao carrinho (Fonte: autoria própria).	38
Figura 30: Foto dos sensores ultrassônicos e o <i>bumper</i> de contato (Fonte: autoria própria).	38
Figura 31: Teste de disponibilidade do dispositivo (Fonte: autoria própria).	39
Figura 32: Carregadores dos carrinhos (Fonte: autoria própria).	40

Figura 33: Trilhos com os pontos fixos de recarga instalados (Fonte: autoria própria).....41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Sequência de operação normal nos postos.....	20
Quadro 2: Sequência de operação com retoque nos postos.	21
Quadro 3: Componentes <i>bumper</i> Rockwell.	28
Quadro 4: Alimentação do carregador de baterias.	36
Quadro 5: Características do carregador.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. CONTEXTO	9
1.2. PROBLEMA	9
1.3. JUSTIFICATIVA.....	11
1.4. OBJETIVOS	11
1.4.1. Objetivo geral.....	11
1.4.2. Objetivos específicos.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. AGV E RGV.....	13
2.2. CONJUNTO MOTOREDUTOR.....	14
2.2.1. Motores de corrente contínua	15
2.3. MICROELETRÔNICA.....	15
3. METODOLOGIA	17
3.1. O PRODUTO	17
3.2. ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO	18
3.3. DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO PROCESSO.....	19
3.4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	22
3.4.1. Projeto em 3D.....	22
3.4.2. Projeto da estrutura mecânica	23
3.4.3. Projeto do conjunto motriz	25
3.4.4. Projeto dos sensores.....	27
3.4.5. Projeto da interface com usuário.....	30
3.4.6. Projeto do painel elétrico	32
3.4.7. Projeto do sistema de carga.....	35
3.5. CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO FÍSICO	37
3.5.1. Construção do dispositivo.....	37
3.5.2. Teste do protótipo	38
3.6. INSTALAÇÃO	40
4. CONCLUSÃO	42
5. REFERÊNCIAS	43
ANEXO A – Desenho de conjunto de tração.	44

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Entende-se por automação o ato de tornar automática uma atividade ou processo através da aplicação de técnicas e conceitos, visando à redução da interferência humana e conseqüentemente a maior velocidade nas operações, aumento de produtividade, maior segurança, confiabilidade e reduzindo perdas do processo (Significados, 2016).

Com o objetivo de demonstrar todo conhecimento adquirido durante anos no curso de mecatrônica, será desenvolvido um projeto em uma situação real, na qual se deverá, no que diz respeito à automação, abranger as diversas áreas dessa graduação, sendo elas, mecânica, elétrica, programação, processos industriais e gerenciamento de projeto. Trata-se de desenvolver, fabricar, testar, instalar e validar uma automação em uma nova linha auxiliar que foi criada dentro de uma montadora, para o processo de montagem do eixo traseiro de veículos 4x4. Foi criado um sistema de fácil adaptação nos dispositivos no qual são montados esses eixos traseiros, e que deverão ser movimentados entre os postos de trabalho de maneira independente um ao outro e interagindo com os operadores, dessa forma, dando maior produtividade a esse processo e à fábrica como um todo. Pretende-se eliminar os atuais postos críticos ergonomicamente, aumentando a sua capacidade produtiva.

1.2. PROBLEMA

Atualmente, a cadência de veículos 4x4 é de apenas três veículos por horas. Dessa forma, para respeitar a cadência da linha e o engajamento do operador, torna-se necessário apenas dois dispositivos e um operador, sem a necessidade de movimentação automática dos dispositivos (ou seja, há um posto de trabalho apenas e 100% manual).

Com a chegada de novos projetos, o desafio dessa montadora foi aumentar a produção de veículos 4x4 de três para dez veículos por hora; sendo necessário, a fim de respeitar a cadência da linha, não mais apenas um posto de montagem, mas uma linha inteira auxiliar de montagem do eixo 4x4 ao lado da linha principal. Desse modo, com objetivo de atingir maior produtividade e melhor ergonomia dos cinco novos postos, foi proposto automatizar o dispositivo apresentado na figura 1 de forma que ele se movimente e interaja entre os postos e os operadores, respeitando as demandas de processo e layout. Esta opção também representava um custo consideravelmente menor que outros conceitos de automação (como esteiras), normalmente mais utilizados dentro de indústrias automotivas.



Figura 1: Dispositivo antigo, com eixo 4x4 montado (autoria própria).

Como haverá cinco postos de trabalho, haverá cinco unidades deste dispositivo automatizado. A automação dos dispositivos de montagem deverá fazer com que se movam entre os postos de maneira independente um ao outro, interagindo com os operadores, respeitando as condições de segurança, não colidindo com o outro dispositivo à sua frente, ou com qualquer pessoa que acesse o circuito.

1.3. JUSTIFICATIVA

Desenvolver um sistema prático de automatização de essa nova linha auxiliar de produção, com movimento automatizado dos dispositivos, fazendo com que a mesma tenha um melhor desempenho, pois buscou-se reduzir a quantidade de valor não agregado ao processo, assim reduzindo o número necessário de operadores para respeitar o tempo de ciclo do processo; desse modo, diminuindo os custos de produção dos veículos 4x4.

Existirão ganhos ergonômicos também, pois os operadores não terão mais a necessidade de empurrar os dispositivos de um lugar ao outro, que possuem peso estimado de 350 kg (carrinho carregado com peças).

1.4. OBJETIVOS

Neste tópico, apresenta-se os objetivos geral e específicos do projeto.

1.4.1. Objetivo geral

Desenvolver um sistema de movimentação inteligente para cinco dispositivos que são utilizados na montagem do eixo traseiro dos veículos 4x4 (figura 2), em uma montadora de veículos. Eles serão movimentados entre os postos de trabalho, possuindo interação com os operadores, respeitando o ciclo da linha de montagem.

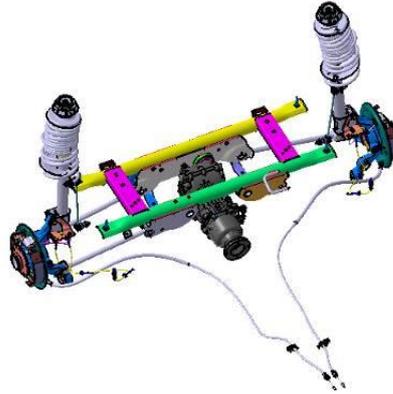


Figura 2: Eixo traseiro de veículo 4x4 (autoria própria).

1.4.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos eram:

- Analisar o processo utilizado atualmente, buscando encontrar soluções para a melhoria;
- Desenvolver e projetar automação para os dispositivos de montagem;
- Criar sistema, que permita a interação do processo e dispositivos com os operadores;
- Implantar o dispositivo projetado;
- Avaliar resultados obtidos com a implantação das melhorias;
- Validar automação com todos responsáveis dessa montadora.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica deste trabalho.

2.1. AGV E RGV

AGV é a sigla usada para Automatically Guided Vehicle, ou seja, veículo guiado automaticamente. Consiste basicamente em dispositivos capazes de se locomover de forma relativamente independente, em trajetos pré-definidos, sem que haja necessidade de intervenção humana em sua operação regular. São veículos cada vez mais aplicados na área industrial, executando principalmente funções de transporte de materiais, tanto dentro de processos de fabricação quanto em áreas de expedição (IMAM Consultoria, 2016).



Figura 3: Ilustração de um exemplo de um AGV (Fonte: IMAM Consultoria, 2016).

Existem algumas variedades de AGVs, no que se diz respeito à forma de navegação e orientação, aplicação desejável e interação com demais meios de produção/transporte. Dentro destas opções, apresenta-se o veículo guiado por trilhos

(Rail Guided Vehicle, ou RGV), onde o trecho a ser percorrido é definido por trilhos fixos, instalados nos pontos de interesse do utilizador (IMAM Consultoria, 2016).



Figura 4: Exemplos de veículos guiados por trilhos (Fonte: IMAM Consultoria, 2016)

2.2. CONJUNTO MOTOREDUTOR

Mesmo com a constante evolução das tecnologias empregadas nas indústrias, os motores elétricos continuam sendo a principal fonte de propulsão para diversos tipos de dispositivos. Este fato pode ser justificado pela combinação de vantagens no que diz respeito ao uso da energia elétrica, de baixo custo, limpeza e simplicidade de comando, assim como as características dos motores, de construção simples, grande versatilidade e custo reduzido (SANTOS; Marco Aurélio Da Silva, 2016).

Esta grande versatilidade de aplicação se deve também ao uso de acessórios que permitem adaptações em termos de torque e velocidade originais do motor. Pode-se citar como exemplo, motores de corrente contínua, que em muitos casos têm uma tensão de trabalho baixa, grande rotação e baixo torque, o que poderia limitar seu uso em determinadas aplicações. Nesta situação, a associação a um redutor pode ser a solução ideal (BRAGA; Newton C., 2015).

2.2.1. Motores de corrente contínua

Motores de corrente contínua ou CC, como o próprio nome já diz, utilizam-se de alimentação com corrente contínua para produzir energia mecânica. Sua grande aplicação nas mais diversas áreas se deu principalmente por permitir controle sobre a velocidade de rotação, mesmo com seu preço elevado em relação aos motores CA (corrente alternada). Situação esta que vem mudando devido à evolução de componentes eletrônicos que permitem o controle também das versões de corrente alternada.

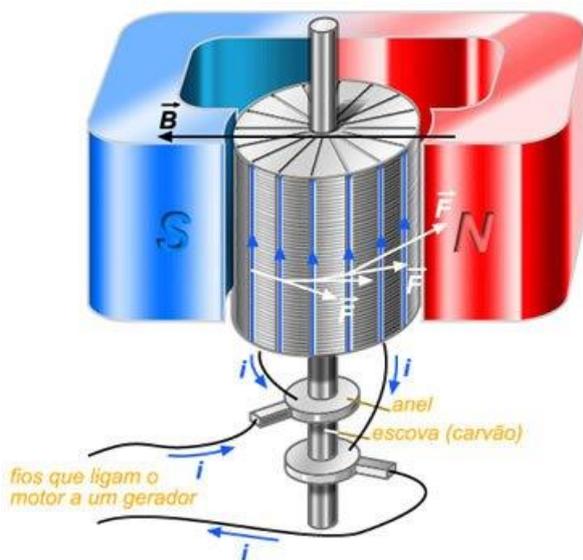


Figura 5: Funcionamento de motores CC (Fonte: SANTOS; Marco Aurélio da Silva, 2016).

2.3. MICROELETRÔNICA

A microeletrônica pode ser definida como a parte da eletrônica focada na miniaturização dos componentes e conseqüentemente dos circuitos integrados. Engloba os aspectos relevantes da engenharia para fabricação e projeto de circuitos e sistemas integrados, no que diz respeito ao desenvolvimento de novos materiais e dispositivos avançados para produção, envolvendo desde processos físico-químicos até construção de softwares de apoio (SWART; Jacobus W., 2015).

O crescimento da microeletrônica se deve principalmente à grande utilização nas áreas da informática, telecomunicação, controles de processos industriais e bens de consumo no geral, que cada vez exigem maior portabilidade e facilidade de uso.

Sobre os circuitos integrados, existem dois tipos básicos mais comumente encontrados. Os digitais, mais conhecidos atualmente, possuem um nível maior de abstração das grandezas envolvidas e são feitos para trabalhar com sinais lógicos (processadores e memórias). Já os analógicos, são elaborados para processar, criar ou analisar sinais de tensão e corrente, através de componentes físicos do sistema, exigindo uma atenção mais detalhada do projetista (Ravazi, 2010).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto.

3.1. O PRODUTO

O produto eixo traseiro 4x4, é utilizado nos veículos com tração traseira, e seu peso montado é de aproximadamente 100 kg. O conjunto é formado por:

- 01 Berço traseiro;
- 02 Elementos de cubo de roda;
- 01 Transmissão traseira;
- 02 Torres de amortecedor;
- 04 Braços de ligação;
- 02 Transmissões de movimento.

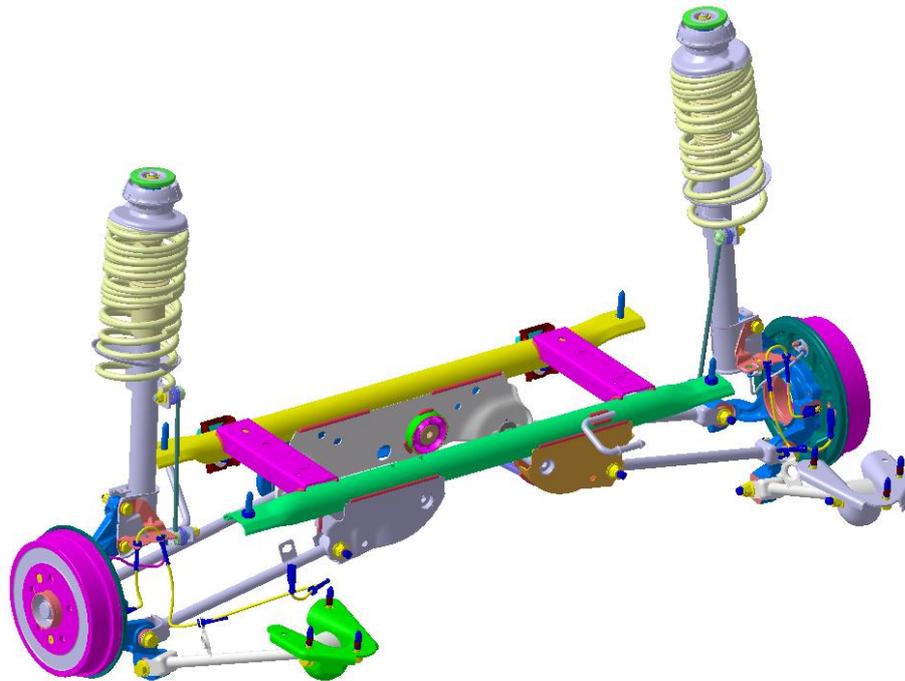


Figura 6: Conjunto eixo traseiro completo (Fonte: autoria própria).

O conjunto todo é montado durante o circuito da linha auxiliar, dividida em cinco postos de trabalho. Considerando a automação, serão necessários apenas três operadores para montagem do conjunto, já que não existirá mais o valor não agregado de movimentação de cada operador entre os postos, que antes tinham que empurrar os dispositivos de aproximadamente 400kg.

3.2. ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

A implementação de um dispositivo dentro dessa montadora, deve respeitar um fluxo de validação, e todo projeto foi aprovado por diferentes setores que são envolvidos no processo, sendo eles, Fabricação, Manutenção, Segurança do trabalho e Ergonomia.

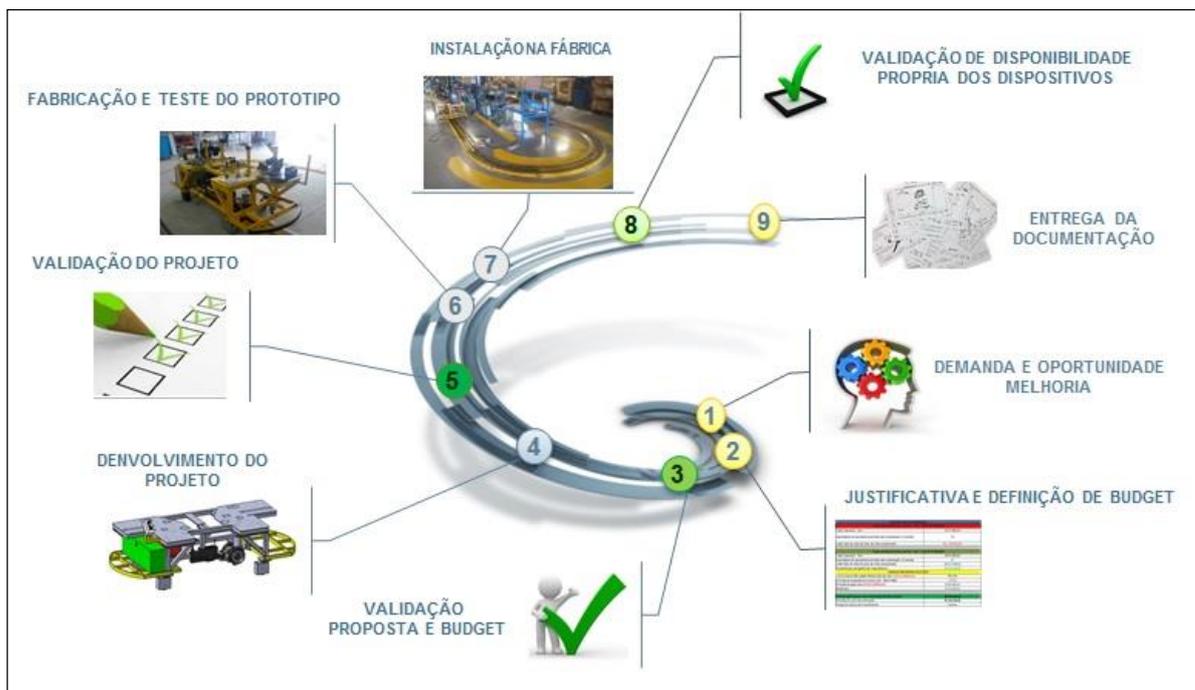


Figura 7: Fluxograma de implementação (Fonte: autoria própria).

3.3. DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO PROCESSO

Os dispositivos de montagem (figura 8) irão se deslocar em sentido anti-horário por um trilho (figura 9). Os dispositivos serão tracionados através de moto- redutor acoplado a Rodízio tracionado, que irão percorrer o trilho e terão cinco pontos de operação. Além dos pontos de operação, o dispositivo ainda poderá parar em outros três pontos para retoque, se for necessário. O dispositivo irá avançar quando o operador pressionar o botão de validação para ir até o próximo ponto de operação, ou, se for necessário, o operador acionará outro botão para que o dispositivo avance para o ponto de retoque, e dali ele irá continuar o ciclo. Cada dispositivo também terá a opção do uso manual, se acaso ele tiver uma falha; o operador poderá comanda-lo manualmente avançando ou recuando ao posto seguinte ou para o anterior.

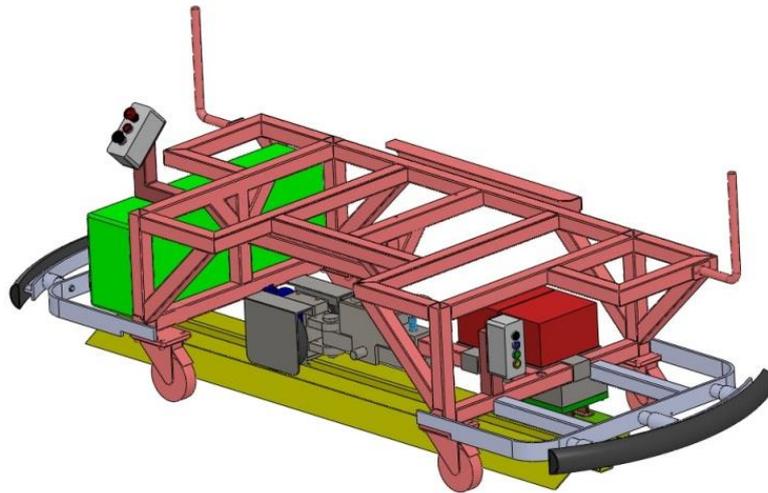


Figura 8: Dispositivo de montagem (Fonte: autoria própria).

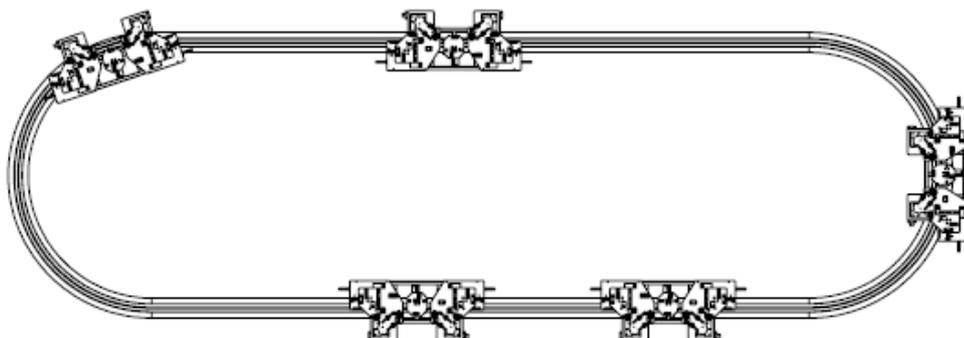


Figura 9: Ilustração dos dispositivos no trilho (Fonte: autoria própria).

O quadro a seguir apresenta o resumo das etapas do processo de funcionamento da linha auxiliar.

ETAPAS DO FUNCIONAMENTO NORMAL
01. O operador realiza a montagem da primeira etapa do eixo traseiro
02. Operador aciona o botão de validação.
03. Dispositivo se desloca para o próximo posto.
04. Sensor de posição é acionado
05. Dispositivo para.
06. O operador realiza a montagem da segunda etapa do eixo traseiro.
07. Operador aciona o botão de validação.
08. Dispositivo se desloca para o próximo posto.
09. Sensor de posição é acionado.
10. Dispositivo para.
11. O operador realiza a montagem da terceira etapa do eixo traseiro.
12. Operador aciona o botão de validação.
13. Dispositivo se desloca para o próximo posto.
14. Sensor de posição é acionado.
15. Dispositivo para.
16. O operador realiza a montagem da quarta etapa do eixo traseiro.
17. Operador aciona o botão de validação
18. Dispositivo se desloca para o próximo posto.
19. Sensor de posição é acionado.
20. Dispositivo para.
21. Com a ajuda de uma assistência o operador transporta o eixo para a borda de linha.

Quadro 1: Sequência de operação normal nos postos (Fonte: autoria própria).

Neste outro quadro, o processo de funcionamento com retoque, em ocasiões que for necessário.

FUNCIONAMENTO COM RETOQUE

- 01.** O operador realiza a montagem da primeira etapa do eixo traseiro
- 02.** Operador aciona o botão de retoque.
- 03.** Dispositivo se desloca para o posto de retoque.
- 04.** Sensor de posição é acionado
- 05.** Dispositivo para.
- 06.** O operador realiza o retoque no processo.
- 07.** Operador aciona o botão de validação.
- 08.** Dispositivo se desloca para o próximo posto.
- 09.** Sensor de posição é acionado.
- 10.** Dispositivo para.
- 11.** O operador realiza a montagem da segunda etapa do eixo traseiro.
- 12.** Operador aciona o botão de validação.
- 13.** Dispositivo se desloca para o próximo posto.
- 14.** Sensor de posição é acionado.
- 15.** Dispositivo para.
- 16.** O operador realiza a montagem da terceira etapa do eixo traseiro.
- 17.** Operador aciona o botão de validação.
- 18.** Dispositivo se desloca para o próximo posto.
- 19.** Sensor de posição é acionado.
- 20.** Dispositivo para.
- 21.** O operador realiza a montagem da quarta etapa do eixo traseiro.
- 22.** Operador aciona o botão de retoque.
- 23.** Dispositivo se desloca para o posto de retoque.
- 24.** Sensor de posição é acionado.
- 25.** Dispositivo para.
- 26.** O operador realiza o retoque no processo.
- 27.** Operador aciona o botão de validação.
- 28.** Dispositivo se desloca para o próximo posto.
- 29.** Sensor de posição é acionado.
- 30.** Dispositivo para.
- 31.** Com a ajuda de uma assistência o operador transporta o eixo para a borda de linha.

Quadro 2: Sequência de operação com retoque nos postos (Fonte: autoria própria).

3.4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O Desenvolvimento foi dividido nas etapas de projeto 3D, estrutura mecânica, conjunto motriz, sensores, interface com o usuário, painel elétrico e sistemas de carga de baterias.

3.4.1. Projeto em 3D

O Projeto foi concebido inicialmente em *software* 3D CATIA V5, a fim de verificar os dimensionais de cada componente, e as modificações necessárias na estrutura do dispositivo já existente.

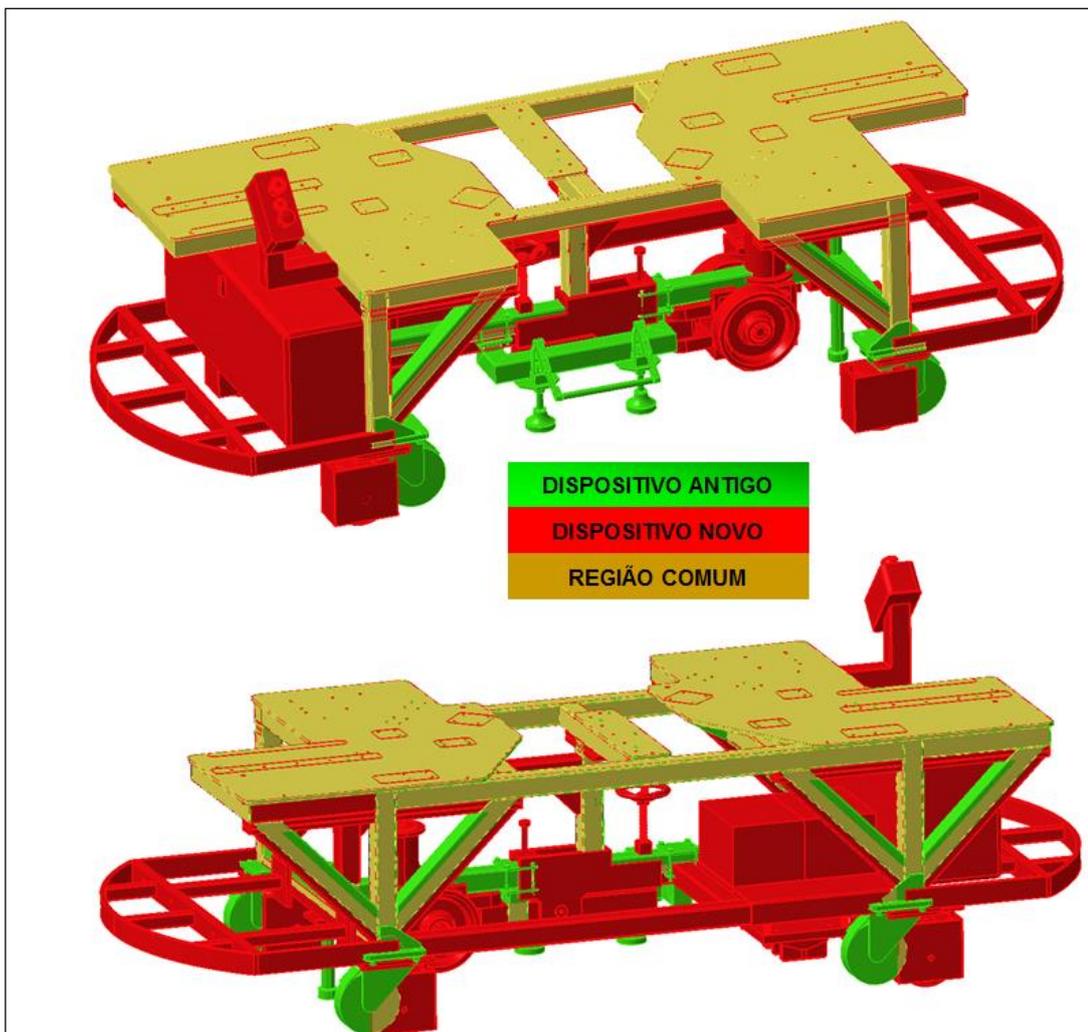


Figura 10: Comparativo em 3D do dispositivo – antigo x projeto (Fonte: autoria própria).

3.4.2. Projeto da estrutura mecânica

A estrutura do dispositivo foi alterada para suportar os componentes envolvidos na automação, sendo essas modificações:

1. Reforço da estrutura (Região tubular);
2. Inserção de estrutura para suporte do moto-redutor e rodízios;
3. Suporte para painel de botoeiras de validação;
4. Criação de suporte para 2 baterias veiculares 12Volts;
5. Criação de estrutura para suporte de *bumpers* sensoriais e sensores ultrassônicos;
6. Espaçamento de rodízios.

A estrutura inicial foi reforçada com tubos quadrados de parede 3 mm espessura, a fim de suportar as bandejas para bateria e o sistema de suporte do moto-redutor.

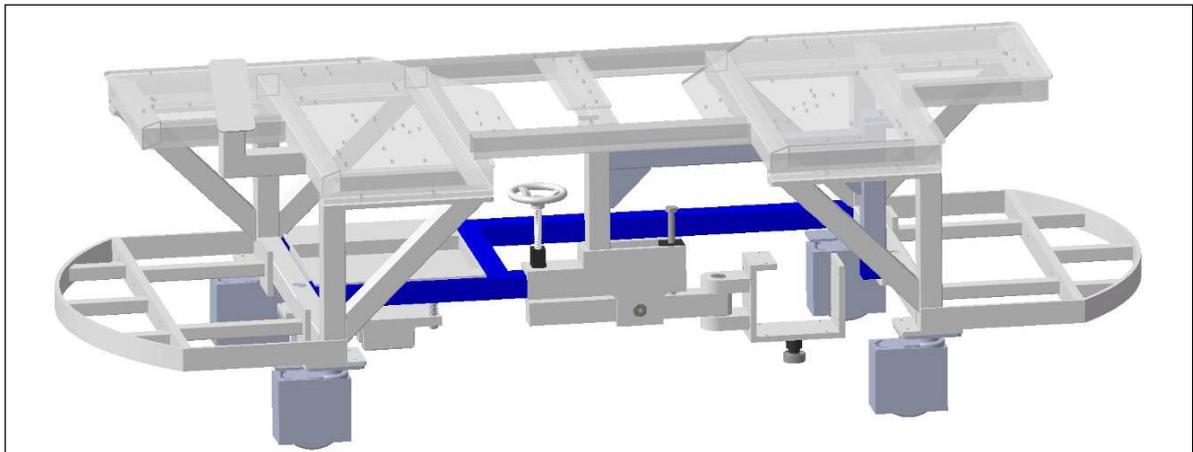


Figura 11: Reforço estrutural destacado em azul (Fonte: autoria própria).

O suporte do moto-redutor é constituído de 16 itens (desenho de conjunto ANEXO A), o qual tem a função de suportar o moto-redutor, fixo por parafusos, guiar dispositivo junto ao trilho, e um sistema de alavanca para retirar o pino guia do trilho, a fim de facilitar a retirada do dispositivo do circuito caso seja necessária intervenção no mesmo, de modo a não parar com o fluxo.

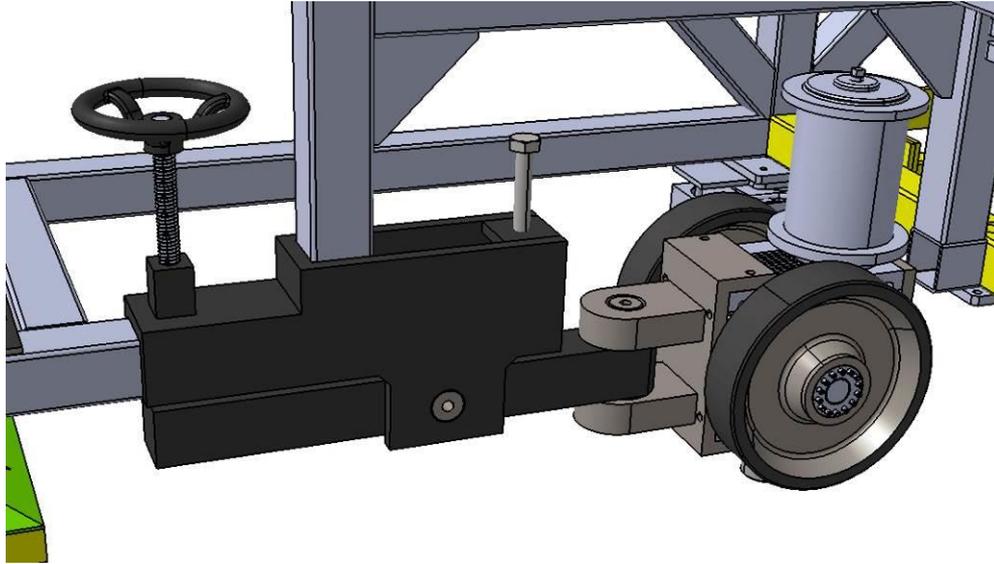


Figura 12: 3D da estrutura de suporte com o conjunto motriz (Fonte: autoria própria).

O suporte central do mecanismo é fabricado em aço SAE 1020 com espessura de 12,70 mm. Foi inserido um pino de aço SAE 4340, o qual tem função de fazer um eixo com um braço oscilante. Assim, dessa forma, se houver necessidade de “desindexar” o pino guia do trilho, será somente necessário girar o volante.

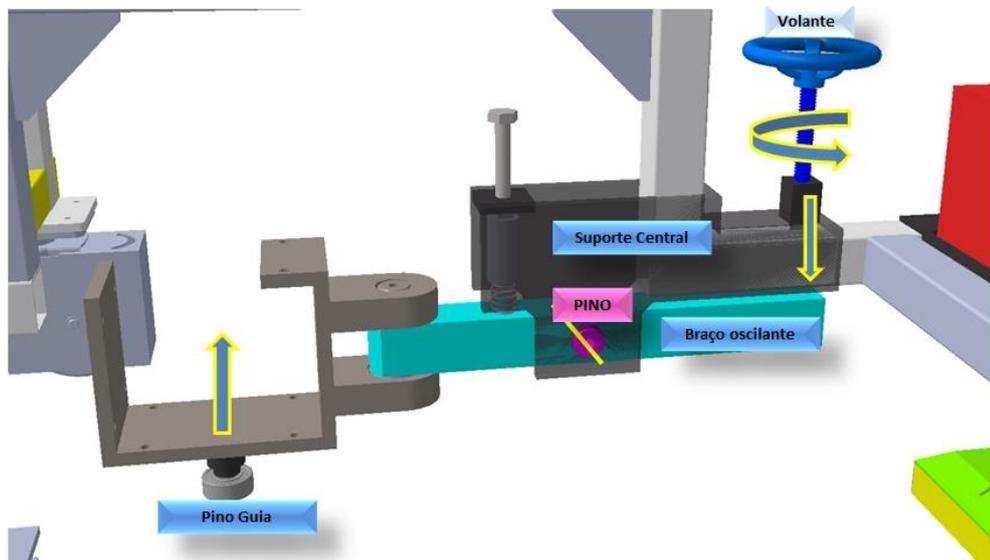


Figura 13: Esquema de funcionamento do sistema de alavanca do suporte (Fonte: autoria própria).

Os dispositivos possuem estruturas para suportar outros elementos da automação, dentre eles, dois suportes para os *Bumpers* e sensores ultrassônicos, e

uma bandeja de baterias, posicionada nos tubos de reforço, para sustentar duas baterias veiculares com aproximadamente 17 kg cada.

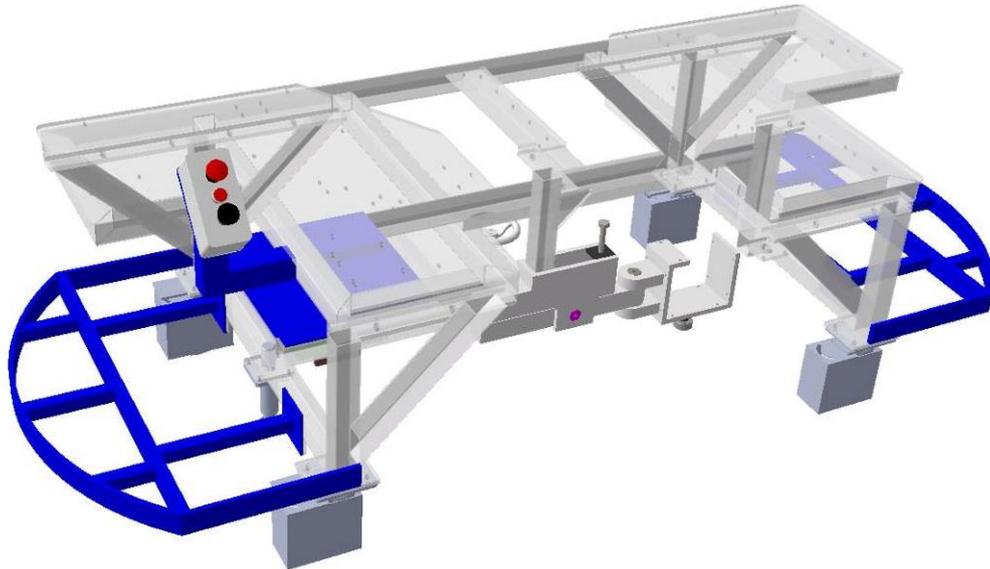


Figura 14: Estrutura dos *bumpers* sensoriais (Fonte: autoria própria).

3.4.3. Projeto do conjunto motriz

Para o movimento dos dispositivos foi utilizado um sistema, com um redutor BOSCH MR-6 1:30 GPA 24V sem eixo de saída, com um eixo passante e dois rodízios, um em cada lado, buscando distribuir a superfície de tração do dispositivo, trazendo menor esforço ao motor.

3.4.4. Projeto dos sensores

Em cada dispositivo existe um sensor indutivo NBN30-L2-A2-V1 que monitorará sua posição. Quando esse sensor passar por uma fita metálica ou suporte metálico indicará que o dispositivo deverá parar naquela posição e permanecer. Quando o operador concluir a operação deverá acionar o botão de validação, para que o dispositivo possa avançar para o próximo posto.



Figura 17: Sensor indutivo (Fonte: Catálogo PEPPERL+FUCHS).

Para proteção anti-colisão serão instalados dois sensores ultrassônicos PEPPERL + FUCHS UC4000-L2-E6-V15 com 30 cm de range, que monitorarão a presença de algum obstáculo na frente do dispositivo. Caso haja, os sensores irão atuar fazendo com que o dispositivo pare imediatamente, ao ser retirado o obstáculo o dispositivo continuará seu trajeto.



Figura 18: Sensor ultrassônico (Fonte: autoria própria).

O *bumper* (do inglês pára-choque) é um sensor de contato, composto por borrachas condutivas que tem o comprimento do perfil e são terminados com um resistor conhecido. Quando o perfil for deformado, uma borracha condutiva entra em contato com a outra e gera uma queda de resistência geral. Então, no caso dos sensores ultrassônicos não atuarem e o dispositivo chegar a colidir com algum objeto, o mesmo irá parar imediatamente. Caso o *bumper* ou o botão de emergência forem acionados, haverá a necessidade de acionar o botão de reset para que o dispositivo continue o percurso. A pressão necessária é de 10 Newtons (2,25lbs), por isso foi definida a utilização do modelo comercial Rockwell R440FE0110N05.

O sistema SAFEDGE consiste em três partes:

1. 01 trilho C: que é usado para montar o perfil *safedge*.
2. 01 perfil de borracha: que contém a superfície de detecção.
3. 01 unidade de controle (rele de segurança 440F-C251D): que verifica o funcionamento do perfil e as interfaces com sistema de controle.

Componentes do *Bumper*:

Quantidade	Código	Descrição
1	R440FE0110N05	BORRACHA SENSORA P/PROTEÇÃO 0110N 5MM 5M
1	R440FR1212	TRILHO DE ALUMINIO PARA PERFIL SAFEDGE
1	R440FA1305	CONECTOR E CABO DE 5M PARA CONEXAO DE PERFIL SAFEDGE
2	R440FA1302S	TAMPA DE FECHAMENTO PARA EXTREMIDADE DE PERFIL SAFEDGE
1	R440FA1308	RESISTOR PARA TERMINACAO DE PERFIL SAFEDGE EM SERIE
1	R440FC251D	UNIDADE DE CONTROLE PARA BARREIRA SENSORA 230VAC

Quadro 3: Componentes *bumper* Rockwell (Fonte: autoria própria).

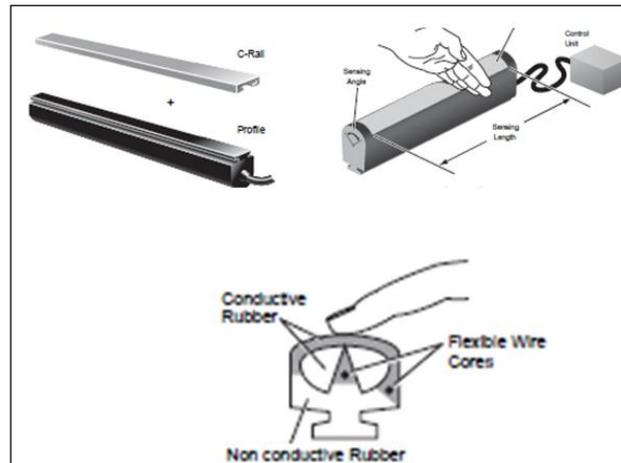


Figura 19: Ilustração de modo de funcionamento do *Bumper* (Fonte: Catálogo Rockwell).



Figura 20: Imagem do *bumper* instalado no dispositivo (Fonte: autoria própria).

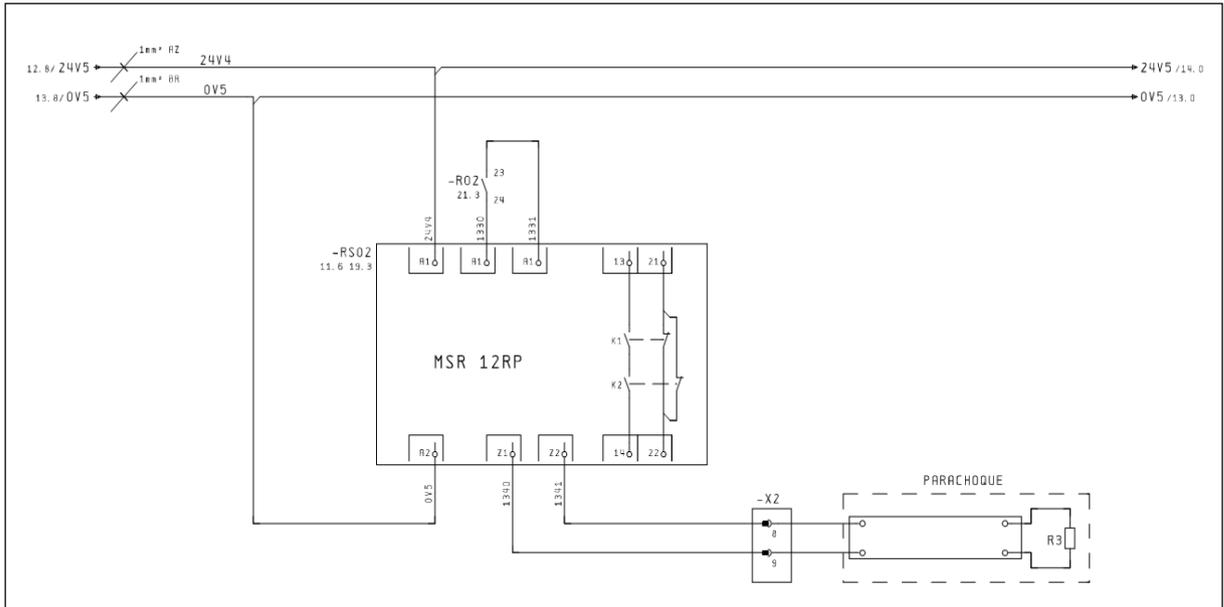


Figura 21: Ligação elétrica do bumper (Fonte: manual do sensor).

3.4.5. Projeto da interface com usuário

Na parte superior do dispositivo estão localizados as Botoeiras de Operação. A botoeira superior é composta pelo botão de validação, botão de retoque, Botão de retroceder e botão de emergência.

- Botão “tipo soco” Ø40 mm (Botão de validação)
- Botão de pressão completo azul embutido Ø22 retorno por mola 1NA (Botão retoque)
- Botão de pressão completo preto embutido Ø22 retorno por mola 1NA (Botão de retorno)
- Botão de Emergência Tipo Cogumelo Vermelho de Ø40mm, também na parte superior com livre acesso, o mesmo é monitorado por rele de segurança; controle classe 4, conforme recomendado NR12.

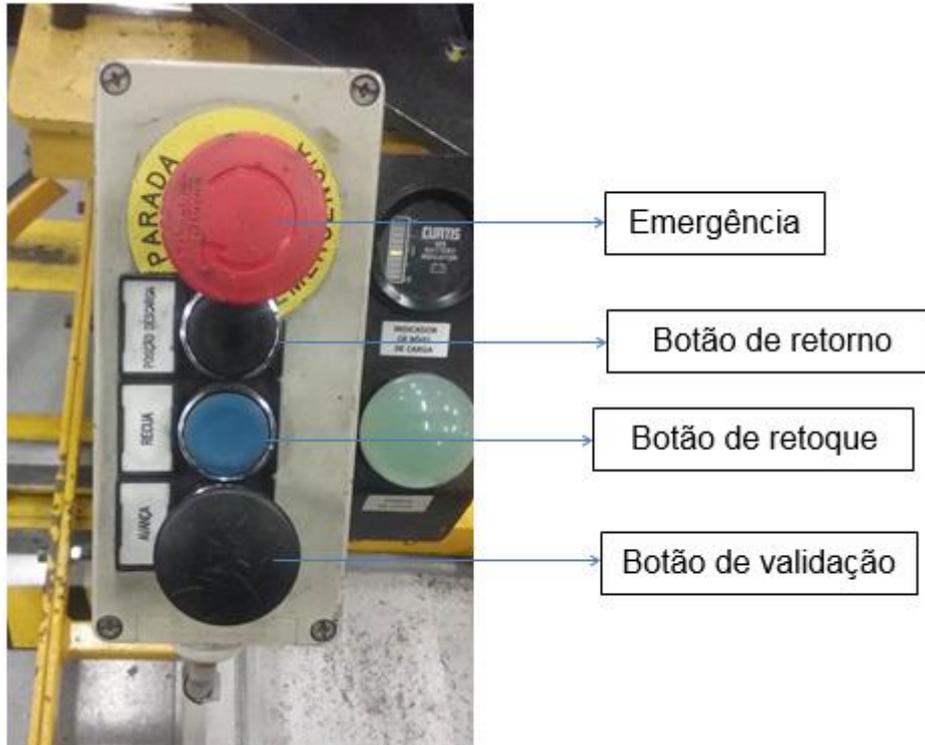


Figura 22: Botoeira superior (Fonte: autoria própria).

A botoeira inferior, utilizada para operação em manual é composta por um botão vermelho de rearme, e dois botões que comandam os movimentos a frente ou para traz (avanço e recuo).

Botoeira comandos Manuais:

- Botão Reset/Rearme (Botão luminoso à impulsão)
- Botão Avanço (Botão de pressão completo verde embutido Ø22 retorno por mola 1NA).
- Botão Recuo (Botão de pressão completo amarelo embutido Ø22 retorno por mola 1NA).



Figura 23: Botoeira inferior (Fonte: autoria própria).

3.4.6. Projeto do painel elétrico

Para alimentar e controlar o sistema de movimentação do carrinho, foi instalado um painel fixo no mesmo, composto pelos seguintes componentes:

- CLP

Foi utilizado um conjunto Siemens composto por:

CPU módulo de interface IM151-8F PN/DP;

2 Módulos de alimentação 6ES7138-4CA01-0AA0;

2 Módulos de entradas digitais 6ES7131-4BF00-0AA0;

Módulo de saídas digitais 6ES7132-4BF00-0AA0;

Módulo de saídas digitais 6ES7135-4FB01-0AB0.

A programação do CLP foi executada pela equipe de automação da indústria automotiva, dentro dos padrões de construção exigidos. Por tanto, está incluído no escopo deste trabalho somente a definição dos componentes necessários, assim como o fluxograma de funcionamento do dispositivo.

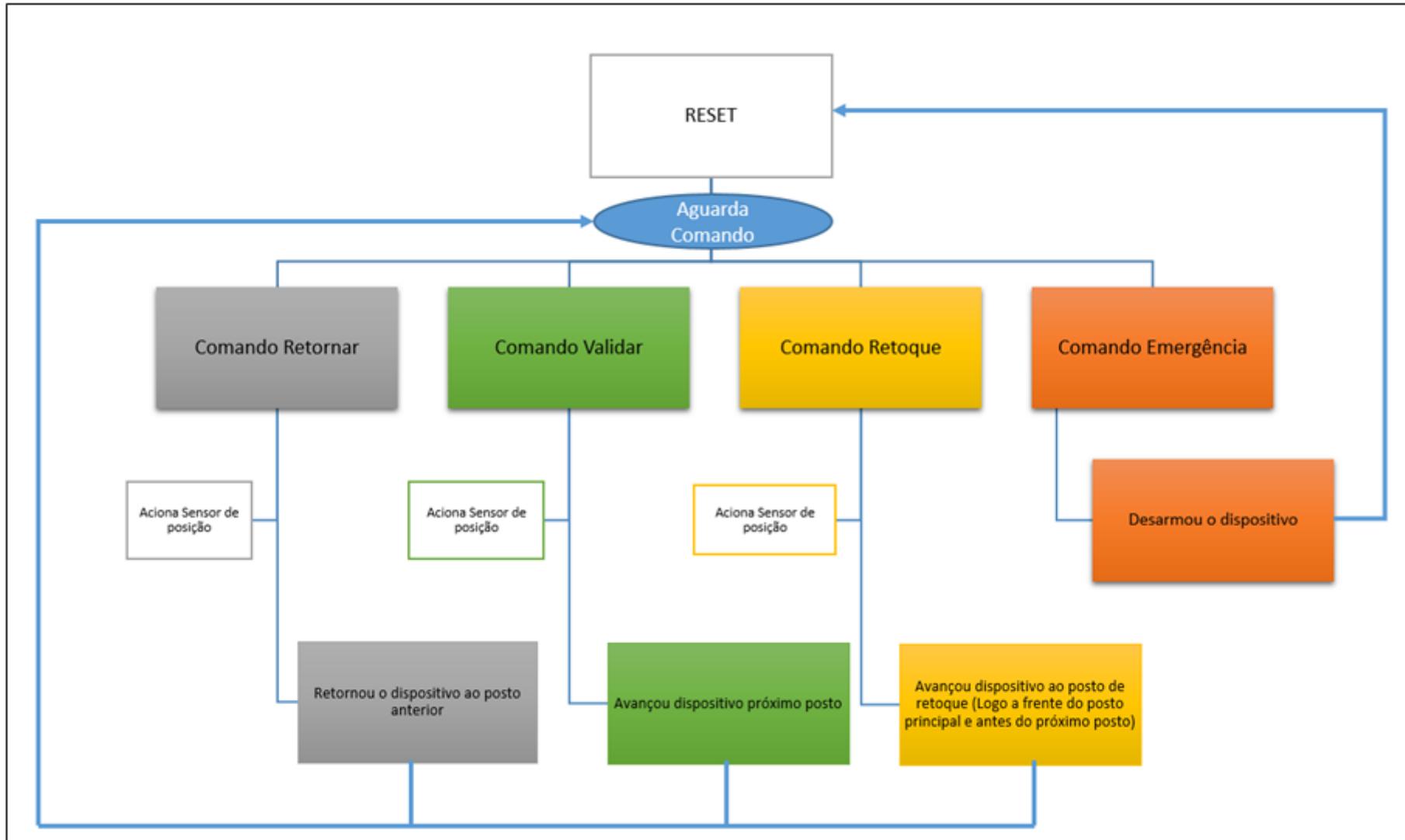


Figura 24: Fluxograma para CLP do dispositivo (Fonte: autoria própria).

- **DRIVE**

O motor é controlado pelo drive do fabricante CURTIS, modelo 1210 Multimodo. Ele é programado por meio de um acessório do próprio fabricante.

- **Disjuntores**

Foram selecionados disjuntores do tipo curva C, por questão de padrões de instalações da empresa onde foi implantado o equipamento. São três unidades de 4A utilizados para alimentação do sistema e uma de 20A dedicado ao uso do motor de movimentação do carrinho.

- **Relés de segurança**

Foram associados dois relés de segurança. Um da marca Schneider, com função de parada de emergência e outro pertencente ao sistema de sensores de *bumpers* da marca SAFEDGE.

Um outro relé de contato simples foi utilizado para uma necessidade de inibição do avanço do motor.

- **Contatores**

Contatores da marca Schneider 24V e 25A, para utilização na alimentação do motor de movimentação e na liberação para carregamento das baterias.

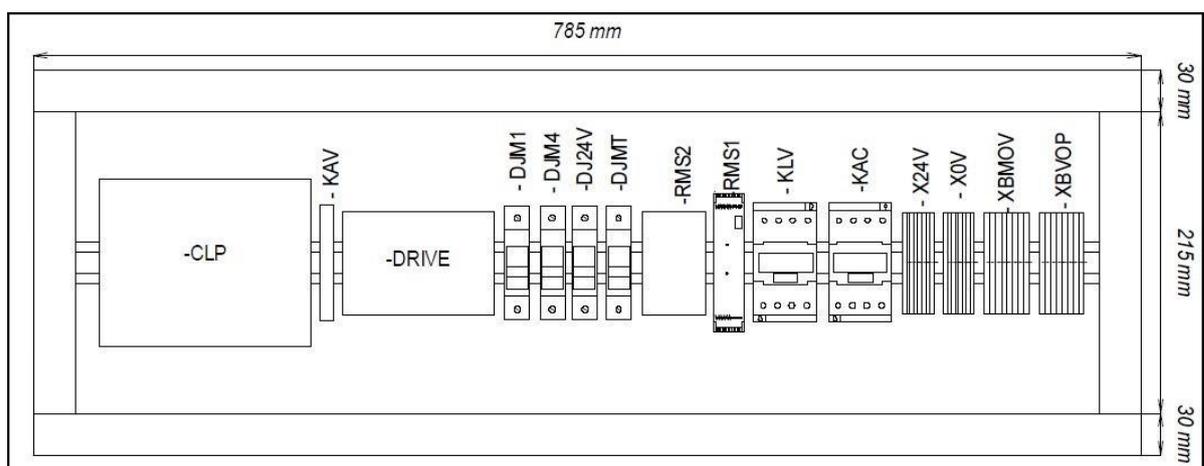


Figura 25: Painel do dispositivo montado com os respectivos componentes (Fonte: autoria própria).

3.4.7. Projeto do sistema de carga

O carregamento da bateria de cada dispositivo será através um conector tipo escova, que será feito em cada ponto de operação, no trilho ficará a parte fixa do conector e no dispositivo ficarão as escovas de cobre, quando o carrinho parar, as escovas ficarão em contato com a parte fixa onde há chapas de cobre iniciando assim a recarga, quando o dispositivo se movimentar ele deixará livre o carregador para o próximo dispositivo. No circuito existem cinco carregadores um para cada dispositivo.

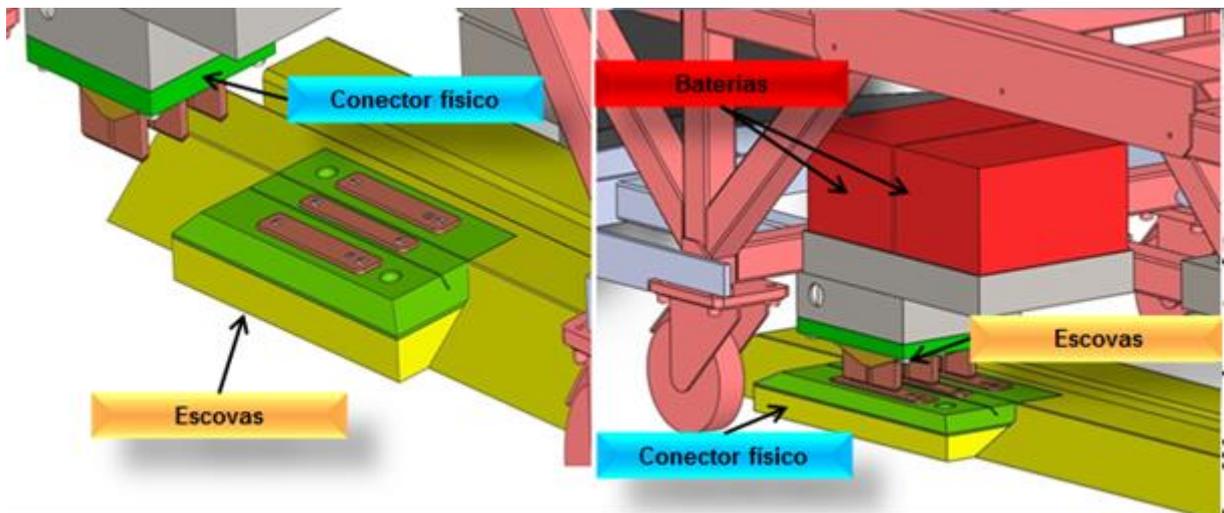


Figura 26: Esquemático e foto do sistema de carga instalado (Fonte: autoria própria).



Figura 27: Carregador Modelo K-02 150A 24V (Fonte: Catálogo JL).

Tensão de entrada	Tensão de saída	Flutuação
MONOFÁSICO	24 V	28,8 V a 31,2 V
220 Volts		

Quadro 4: Alimentação do carregador de baterias (Fonte: autoria própria).

INFORMAÇÕES TÉCNICAS	PROTEÇÕES DO CARREGADOR
Desligamento automático;	Controle constante de frequência;
Acionamento automático por conexão de bateria;	Controle de Fases;
Sistema de equalização automática da bateria;	Controle de variação da rede;
Sistema de recarga em 4 estágios;	Controle dos tiristores para correção das fases da rede;
Sistema de retificação através de tiristor;	Fusível NH da saída;
Sistema de rede (RS - 485);	Disjuntores da rede;
Instrumento de Leitura - Digital;	Polaridade invertida;
Indicação do nível de carga através de led;	Falta de fase;
Controle e gerenciamento micro controlado;	Alarme sonoro de falhas;
Soft Start;	INDICAÇÃO DOS LEDS NO PAINEL

Status de alimentação de rede;	Nível de carga da bateria em %
Tempo de descanso programado;	Bateria carregada 100%
Histórico de operações e falhas;	Menu do display digital;
Placa de circuito impresso (SMD);	
Dessulfatação da bateria automática;	

Quadro 5: Características do carregador (Fonte: autoria própria).

3.5. CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO FÍSICO

3.5.1. Construção do dispositivo

O Fluxo de construção do dispositivo foi realizado conforme o desenvolvimento do projeto, salvo os itens comerciais que já foram comprados no início da parte da fabricação mecânica. O tempo para finalização foi de 2 meses.

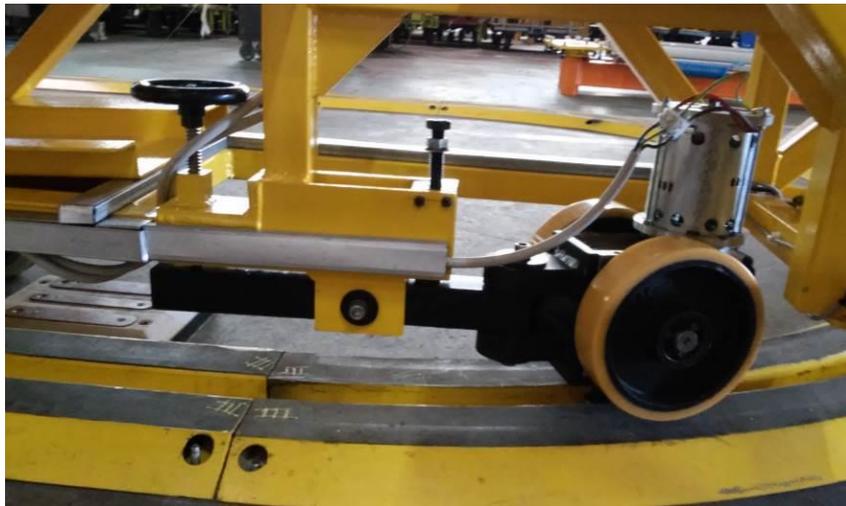


Figura 28: Imagem do sistema de movimentação dos carrinhos (Fonte: autoria própria).



Figura 29: Painel anexado ao carrinho (Fonte: autoria própria).



Figura 30: Foto dos sensores ultrassônicos e o *bumper* de contato (Fonte: autoria própria).

3.5.2. Teste do protótipo

Para teste foi feito n um circuito com trilho em dimensões menores que o circuito definido no projeto, afim de validar a disponibilidade e submeter os dispositivos a alguns testes, os pontos avaliados nesse período foram:

- Disponibilidade do dispositivo
- Verificação do movimento do dispositivo nas curvas
- Validação do sistema de sensores

- Validação do modo de interface.
- Recarga das baterias.

O dispositivo ficou em movimento constante durante 5 dias (120 horas), parando apenas para recargar, o equipamento nesse período não apresentou falhas, e não teve instabilidade ao passar pelas curvas, o conjunto motriz manteve aderência aos trilhos, sem patinar.



Figura 31: Teste de disponibilidade do dispositivo (Fonte: autoria própria).

Com os valores de disponibilidade e movimento do dispositivo já verificados, foi organizado uma aprovação junto aos demais validadores, sendo eles:

- Responsável de fabricação e operadores
- Responsável manutenção e mantentores
- Responsável Segurança do trabalho
- Responsável Ergonomia
- Responsável Processo da área impactada.

Durante esses dias além da verificação do funcionamento como todo do equipamento, como listado acima no item 3.5.2.2, foi simulado o processo de montagem do eixo, e por final o protótipo foi aprovado, desse modo possibilitando a construção dos outros quatros dispositivos restante previsto para atender cadencia.

3.6. INSTALAÇÃO

A instalação do equipamento na fábrica aconteceu na parada de produção do final de ano de 2014 e início de 2015 (22/12/14 até 08/01/15). O fluxo de instalação ocorreu da seguinte maneira:

1. Limpeza da área
2. Instalação dos trilhos
3. Instalação dos pontos fixo de recarga
4. Instalação dos carregadores
5. Passagem dos fios elétricos pelos trilhos
6. Inserção dos dispositivos no circuito
7. Teste de movimento dos dispositivos no circuito final
8. Ajustes.



Figura 32: Carregadores dos carrinhos (Fonte: autoria própria).



Figura 33: Trilhos com os pontos fixos de recarga instalados (Fonte: autoria própria).

4. CONCLUSÃO

Com a automação dos dispositivos foi possível realizar o aumento de cadencia necessário para entrada da nova diversidade de veículo 4x4, passando de 1 para 8 veículos/hora. Houve uma completa reestruturação dos postos de montagem, com ganhos de performance e ergonomia. Devido os dispositivos se moverem de maneira autônoma, quando acionados, a classificação ergonômica do posto antigo que era considerado VERMELHO (Ruim ergonomicamente), pois havia um esforço do operador de arrastar o dispositivo manualmente entre os postos, após esse projeto tornou o posto VERDE (satisfatório), desse modo reduzindo problemas trabalhistas e sindicais, além da saúde do operador.

Os dispositivos em automático também possibilitaram, melhoria de performance do posto pois reduz a zero o valor não agregado de deslocamento do dispositivo e do operador, custo direto para a usina, qual não é considerado como custo pago pelo cliente, desse modo o projeto atendeu as expectativas da fábrica, que impacta o objetivo macro da fábrica que se tornar uma das mais performantes do grupo.

O projeto foi validado pelas diferentes áreas envolvidas, atendeu à disponibilidade prevista no pré-projeto, durante o tempo de medição 99,7%.

5. REFERÊNCIAS

“Significado de Automação”; Significados BR. Disponível em <<https://www.significadosbr.com.br/automacao>>. Acesso em 19 de novembro de 2015.

“Fundamentos sobre veículos automaticamente guiados (AGV)”; IMAM Consultoria. Disponível em <<http://www.imam.com.br/consultoria/artigo/pdf/fundamentos-veiculos-automaticamente-guiados.pdf>>. Acesso em 21 de novembro de 2015.

"Vantagens – Sistemas de Movimentação AGV – Sistemas AGV"; TECHTON. Disponível em <http://tehtonagv.com.br/vantagens-sistemas-de-movimentacao-agv>>. Acesso em 21 de novembro de 2015.

SANTOS, Marco Aurélio Da Silva. "Eletricidade: Acionamento de Motores Elétricos"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/eletricidade-acionamento-motores-eletricos.html>>. Acesso em 08 de novembro de 2015.

SWART, Jacobus W. “Evolução de Microeletrônica a Microssistemas”; CCS e FEEC – UNICAMP. Disponível em <<http://www.ccs.unicamp.br/cursos/fee107/download/cap01.pdf>>. Acesso em 12 de dezembro de 2015.

RAVAZI, Behzad. “Fundamentos de microeletrônica”. São Paulo – SP: LTC, 2010.

ANEXO A – Desenho de conjunto de tração.

