

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ANDERSON ROBERTO SELL
ELEOMAR HAMANN
LUÍS EDUARDO NOLASCO**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
AUTOMÁTICO DE ARMAZENAMENTO:
TRANSELEVADOR DIDÁTICO**

**ANDERSON ROBERTO SELL
ELEOMAR HAMANN
LUÍS EDUARDO NOLASCO**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
AUTOMÁTICO DE ARMAZENAMENTO:
TRANSELEVADOR DIDÁTICO**

JOINVILLE, 2013

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ANDERSON ROBERTO SELL
ELEOMAR HAMANN
LUÍS EDUARDO NOLASCO**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
AUTOMÁTICO DE ARMAZENAMENTO:
TRANSELEVADOR DIDÁTICO**

**Submetido ao Instituto Federal
de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina
como parte dos requisitos de
obtenção do título de Tecnólogo
em Mecatrônica Industrial.**

**Orientador: Jeferson Luiz
Curzel, Msc**

JOINVILLE, 2013

Sell, Anderson Roberto.

Transelevador Didático. Sell, Anderson Roberto. Hamann, Eleomar; Nolasco, Luís Eduardo – Joinville Instituto Federal de Santa Catarina, 2013. 96 f.

Trabalho de Conclusão de Curso-Instituto Federal de Santa Catarina, 2013. Graduação: Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Modalidade: Presencial. Orientador: Jeferson Luiz Cruzel, Msc.

1. Transelevador Didático, 2. CLP, 3. Elipse Scada, 4. Armazém Automatizado

I. PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE ARMAZENAMENTO: TRANSELEVADOR DIDÁTICO

PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE ARMAZENAMENTO: TRANSELEVADOR DIDÁTICO

**ANDERSON ROBERTO SELL
ELEOMAR HAMANN
LUÍS EDUARDO NOLASCO**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 23 de Dezembro de 2013.

Banca Examinadora:

**Prof. Jeferson Luiz Curzel, Msc
Orientador**

**Prof. Valter Vander de Oliveira, Msc
Avaliador**

**Prof. Stefano Romeu Zeplin, Msc
Avaliador**

DEDICATÓRIA

A Deus, nossos familiares, amigos, professores e colegas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por nos conduzir para o caminho do aprendizado, dedicação e persistência.

Aos nossos pais pelo amor, exemplo e educação.

Às nossas esposas e familiares por todo o apoio e paciência.

Ao Núcleo Pedagógico e aos outros setores do IFSC que através da sua estrutura proporcionaram as condições favoráveis à nossa capacitação.

Aos professores que nos ensinaram, não só pelo desenvolvimento do conteúdo das disciplinas, mas principalmente pela postura. Especialmente ao professor Valter Vander de Oliveira por sua disponibilidade, colaboração, orientação e auxílio na fabricação mecânica de várias peças.

Aos colegas e amigos que tiveram uma participação construtiva nessa etapa de nossa formação. Em especial ao colega André Franciscão, por sua colaboração numa parte da etapa de fabricação mecânica.

Ao nosso orientador, professor Jeferson Luiz Curzel, que nos incentivou, nos apoiou e revelou através de suas atitudes entusiasmo, dedicação, disposição e amor pelo que faz. Uma atividade desenvolvida com amor é realizada com qualidade.

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto e a implementação de um sistema automático de armazenamento educativo, denominado transelevador didático. Este é constituído de estrutura de perfis de alumínio que confere características de modularidade, flexibilidade de montagem, rigidez mecânica, bom acabamento e longa vida útil. O deslocamento nos eixos horizontal, vertical e transversal é realizado por motores DC com caixa de redução acoplada. A lógica de controle é executada por CLP com conexão com software supervisorio Elipse Scada. Este projeto viabilizará o uso didático principalmente na unidade curricular de programação em CLP, no IFSC do Campus de Joinville ou em exposições externas. O transelevador poderá ser integrado a outros sistemas, tais como robôs, esteiras, manipuladores pneumáticos e outros dispositivos mecânicos, tendo assim um grande conjunto automatizado, proporcionando uma ótima ferramenta didática para o ensino da automação.

Palavras-Chave: Transelevador Didático, CLP, Elipse Scada, Armazém Automatizado.

ABSTRACT

This work presents the project and implementation of an educational warehouse automated system, called didactic stacker crane or transelevator. The structure is composed by aluminium profile which gives modularity, assembly flexibility, properly mechanical hardness, long lifetime and good product finishing. DC motors with gear reduction box coupled provide the horizontal, vertical and transversal motion. The logic control is executed by PLC and is connected to the supervisory software Elipse Scada. This project will make possible the didactics use, mainly in PLC curricular unit, in the IFSC Joinville Campus or in external expositions. It still will be able to connect the stacker crane to others systems, like robots, conveyor belts, pneumatics manipulators and other mechanicals devices, getting a wide automated assembly, allowing an excellent educational tool to automation teaching.

Keywords: Didactic Automated Warehouse System, PLC, Elipse Scada, Automated Warehouse

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	18
FIGURA 2 – ESPAÇO HORIZONTAL OCUPADO	21
FIGURA 3 – ESPAÇO VERTICAL OCUPADO.....	21
FIGURA 4 – TRANSELEVADOR DA MECALUX	23
FIGURA 5 – DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO.....	24
FIGURA 6 – ESTRUTURA DE UM MOTOR CC OU DC	25
FIGURA 7 – MOTOR DC COM REDUÇÃO	26
FIGURA 8 – MOTOR DC BOSCH COM REDUÇÃO.....	26
FIGURA 9 – LARGURA DE PULSO DO PWM.....	27
FIGURA 10 – CLP SIEMENS S7-200.....	29
FIGURA 11 – CHAVE “FIM DE CURSO”	30
FIGURA 12 – ESQUEMA DA CHAVE FIM DE CURSO	30
FIGURA 13 – ESQUEMA DE UM SNUBBER.....	31
FIGURA 14 – DIAGRAMA GENÉRICO DE UM SENSOR ÓPTICO	32
FIGURA 15 – SENSOR DE BARREIRA	32
FIGURA 16 – SENSOR RETRO REFLEXIVO.....	33
FIGURA 17 – SENSOR DIFUSO	33
FIGURA 18 – CONFIGURAÇÕES TÍPICAS DE SENSORES DIGITAIS.....	34
FIGURA 19 – SENSOR ÓPTICO USADO NO PROJETO.....	35
FIGURA 20 – DIAGRAMA DE UM SENSOR INDUTIVO	36
FIGURA 21 – DIAGRAMA CONCEITUAL DE UM ENCODER	37
FIGURA 22 – ENCODER ROTATIVO E LINEAR RESPECTIVAMENTE	37
FIGURA 23 – ENCODER INCREMENTAL.....	38
FIGURA 24 – ESTRUTURA TÍPICA DE UM TRANSPONDER	39
FIGURA 25 – ETIQUETA CIRCULAR RFID	40
FIGURA 26 – APLICAÇÃO DE RFID EM POSTOS DE PEDÁGIO	41
FIGURA 27 – PRINCIPAIS ELEMENTOS DO RELE.....	42
FIGURA 28 – RELE ACOPLADOR 24 VCC.....	42
FIGURA 29 – RELE DE ESTADO SÓLIDO 6-36VCC.....	43
FIGURA 30 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO RELE	43
FIGURA 31 – GEOMETRIA PERFIL ALUMÍNIO EXTRUDADO.....	46
FIGURA 32 – ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO	47
FIGURA 33 – EIXO LINEAR	48
FIGURA 34 – ROLAMENTO LINEAR – VISTA EXPLODIDA	48
FIGURA 35 – <i>Pillow Block</i>	49
FIGURA 36 – GUIA TELESCÓPICA	50
FIGURA 37 – ENGRENAGEM CILÍNDRICA DE DENTES HELICOIDAIS.....	51
FIGURA 38 – CREMALHEIRA E PINHÃO	52
FIGURA 39 – CONJUNTO CORRENTE E PINHÃO	53
FIGURA 40 – PEÇA DESENVOLVIDA NO SOLIDWORKS – 3D CAD	54
FIGURA 41 – CONJUNTO MONTADO NO SOLIDWORKS – 3D CAD.....	54
FIGURA 42 – DIAGRAMA FUNCIONAL.....	57
FIGURA 43 – MODOS EXECUÇÃO DO SOLIDWORKS	59
FIGURA 44 – ESTRUTURA DO TRANSELEVADOR - EIXO HORIZONTAL.....	60

FIGURA 45 – MANCAL - EIXO HORIZONTAL.....	60
FIGURA 46 – ESTRUTURA DO TRANSELEVADOR - EIXO VERTICAL.....	61
FIGURA 47 – EIXO VERTICAL COM COMPONENTES	62
FIGURA 48 – ESTRUTURA DO TRANSELEVADOR - EIXO TRANSVERSAL.....	63
FIGURA 49 – EIXO TRANSVERSAL COM COMPONENTES.....	64
FIGURA 50 – ARMAZÉM COM MINI PALETES	64
FIGURA 51 – ARMAZÉM COM DIMENSÕES	65
FIGURA 52 – TRANSELEVADOR COMPLETO MODELADO.....	67
FIGURA 53 – FOTO DO TRANSELEVADOR.....	68
FIGURA 54 – DIAGRAMA ELÉTRICO EIXO X – MOTOR (M1)	70
FIGURA 55 – DIAGRAMA ELÉTRICO EIXO Y – MOTOR (M2)	71
FIGURA 56 – DIAGRAMA ELÉTRICO EIXO Z – MOTOR (M3).....	73
FIGURA 57 – CHAVE DE FIM DE CURSO DOS EIXOS “X E Y”.	76
FIGURA 58 – MOTOR DE MOVIMENTAÇÃO - EIXO “X”	76
FIGURA 59 – MOTOR DE MOVIMENTAÇÃO - EIXO “Y”	77
FIGURA 60 – PAINEL ELÉTRICO.....	77
FIGURA 61 – APLICATIVO ELIPSE.....	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1– TIPOS DE ARMAZENAGEM MANUAIS	19
TABELA 2– TIPOS DE ARMAZENAGEM AUTOMATIZADOS	20
TABELA 3– MOVIMENTAÇÃO LINEAR E CARROSSEL DE TRANSELEVADORES	25
TABELA 4– MOTOR DC COM REDUÇÃO.....	26
TABELA 5 – DADOS SENSOR DE POSIÇÃO ELETROMECHANICO	31
TABELA 6 – TIPOS DE SENSORES ÓPTICOS.....	32
TABELA 7 – QUADRO GERAL DE SENSORES.....	34
TABELA 8 – CÓDIGO DE CORES DOS FIOS PARA CONEXÃO DE SENSORES.....	35
TABELA 9 – LISTA DE MATERIAIS E CUSTO	66
TABELA 10 – TIPOS DE SENSORES	91
TABELA 11 – TABELA DE LIGAÇÃO DE SENSORES	91
TABELA 12 – CABO DEDE INTERLIGAÇÃO DO CLP AO TRANSELEVADOR	92

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<u>Sigla/Símbolo</u>	<u>Significado Original</u>	<u>Tradução</u>
2D	Duas Dimensões	---
3D	Três Dimensões	---
A	Ampere	A
AS/RS	<i>Automated Storage / Retrieval Systems</i>	Sistemas Automáticos de Armazenagem e Recuperação
C x L x A	Comprimento x Largura x Altura	---
CC	Corrente Contínua	---
CLP	Controlador Lógico Programável	---
DC	<i>Direct Current</i>	Corrente Contínua
DC	<i>Direct Current</i>	Corrente Contínua
E/S	Entrada/Saída	---
FIFO	<i>First In / First Out</i>	Primeiro a entrar / último a sair
IHM	Interface Homem-Máquina	---
IP	<i>Internacional Protection</i>	Grau de Proteção
KB	<i>Kilo Bytes</i>	---
kg	<i>Kilogram</i>	Quilograma
kgf.cm	Kilogramforce centimeter	Quilograma força. Centímetro
kHz	<i>Kilo Hertz</i>	Quilohertz
LIFO	<i>Last In / First Out</i>	Último a entrar / primeiro a sair
mA	Miliampere	---
mm	Milímetro	---
N.m	Newton. metro	---
NA	Normalmente Aberto	---
NF	Normalmente Fechado	---
nm	Nanometro	---
<i>Pillow Block</i>	Mancal composto de bloco de alumínio com rolamento linear	---
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	Modulação por Largura de Pulso
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>	Identificação por rádio frequência
rpm	Rotação por minuto	---

SCADA	<i>Supervisory Control and Data</i>	Sistema Supervisório e Aquisição de Dados
<i>set points</i>	Pontos de ajuste	---
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>	Unidade de Manutenção de Estoque
V	Volts	---
Vca	Volts em corrente alternada	---
Vcc	Volts em corrente contínua	---
W	Watts	---

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4 DIVISÃO DO TRABALHO.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	18
2.2 PRINCIPAIS SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO.....	19
2.3 TRANSELEVADOR	20
2.4 TIPOS DE TRANSELEVADORES	23
2.5 COMPONENTES DO PROJETO	25
2.5.1 MOTOR DC OU CC COM REDUÇÃO	25
2.5.2 CIRCUITO PWM.....	27
2.5.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	28
2.5.3.1 CLP S7-200	28
2.5.4 SENSORES	29
2.5.4.1 CHAVE FIM DE CURSO	30
2.5.4.2 SENSORES ÓPTICOS.....	31
2.5.1.1 SENSOR INDUTIVO	36
2.5.1.2 ENCODER.....	36
2.5.1.3 RFID.....	38
2.5.1.4 RELÉS.....	41
2.5.1.4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO.....	43
2.5.1.4.2 RELÉS DE TEMPO (TEMPORIZADOR)	43
2.5.1.4.3 RELÉS PROTETORES	44
2.6 SOFTWARE DE SUPERVISÃO – ELIPSE SCADA	45
2.7 ESTRUTURA E COMPONENTES MECÂNICOS	46
2.7.1 PERFIL DE ALUMÍNIO EXTRUDADO	46
2.7.2 EIXOS E ROLAMENTOS LINEARES COM <i>Pillow Block</i>	47
2.7.3 GUIA TELESCÓPICA	49
2.7.4 ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA MECÂNICA .	50
2.7.4.1 ENGRENAGENS.....	50
2.7.4.1.1 ENGRENAGENS CÔNICAS	51
2.7.4.1.2 CREMALHEIRA	51
2.7.4.2 CORRENTES	52
2.7.5 SOFTWARE DE MODELAGEM DE PARTES MECÂNICAS – SOLIDWORKS.....	53

3. DESENVOLVIMENTO.....	55
3.1 CONCEITO DO PROJETO.....	55
3.1.1 REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	55
3.1.2 DIAGRAMA FUNCIONAL E BRAINSTORMING	57
3.2 ESTRUTURA MECÂNICA.....	58
3.2.3 SolidWorks	58
3.3.3 Detalhamento da estrutura mecânica	59
3.3.3.1 COMPONENTES DO EIXO HORIZONTAL	60
3.2.2.1 COMPONENTES DO EIXO VERTICAL	61
3.3.3.2 COMPONENTES DO EIXO TRANSVERSAL.....	63
3.3.3.3 COMPONENTES DO ARMAZÉM	64
3.3.3 Lista de materiais	65
3.3.3 Fabricação das peças	66
3.3.3 Montagem Mecânica	67
3.3 ESTRUTURA ELÉTRICA	69
3.3.3 Fase conceitual – Projeto.....	69
3.3.3 Levantamentos dos componentes	74
3.3.3 Montagem elétrica do projeto.....	74
3.3.3.1 PROBLEMAS NA PARTE ELÉTRICA	78
3.4 SISTEMA DE CONTROLE	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
OPORTUNIDADES DE MELHORIA	81
REFERÊNCIAS.....	83
ANEXO A	86
ANEXO B	89
ANEXO C	91
ANEXO D	92

1. INTRODUÇÃO

Segundo Rosário (2009, p.18), a automatização está ligada à realização de movimentos automáticos, repetitivos e mecânicos, implicando em ação cega sem correção, enquanto que um sistema de automação comporta-se como um operador humano que pensa e executa a ação mais apropriada a partir do uso das informações sensoriais. A palavra automação se destacou com o surgimento da máquina de comando numérico em 1949/50, criada para realizar operações programadas sem a intervenção direta de um operador. Essa tecnologia abriu amplas expectativas de mudanças no processo produtivo.

A partir dessa evolução, todos os ramos da indústria tiveram impacto significativo na automatização dos seus processos, dentre elas a área de logística. Ela proporciona ferramentas que permitem dinamismo na distribuição de produtos e competitividade das empresas, pois devido as exigências de mercado estão constantemente provocadas a obter uma distribuição ágil e flexível.

A forma de movimentação de materiais de um armazém é um dos parâmetros estratégicos para atender as exigências de mercado. Um sistema de armazenamento e busca automatizada é um importante componente para aumento da eficiência em movimentação e logística de mercadorias. Este também aumenta o nível de segurança para o trabalhador, reduz o tempo de deslocamento de materiais, facilita o gerenciamento e integram os sistemas de controle de estoque dando agilidade, flexibilidade e tempo de resposta, incomparáveis ao sistema manual. Outro benefício indireto é a verticalização do espaço de um armazém, que proporciona a redução de custos, tópico muito importante dentro de uma organização.

Neste trabalho de conclusão de curso será apresentado o projeto de um transelevador didático, que visa a mostrar o funcionamento dessa nova tecnologia que vem sendo empregada nas grandes organizações, e que no futuro serão mandatórias para aqueles que buscam eficiência e agilidade nas suas operações.

1.1 Justificativa

Conforme observa Rocha (2001, p.58), a adoção de sistemas logísticos eficientes se torna um elemento chave para as empresas, pois pode contribuir tanto para a redução dos custos logísticos, que compõem uma parte significativa dos demais custos de um produto, quanto na identificação de problemas que possam afetar a rentabilidade da empresa e/ou nível de serviço prestado aos seus clientes.

Uma forma que está sendo adotada para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios é a implantação de sistemas automatizados de armazenamento, dentre eles há o transelevador. Além de melhorar o sistema de armazenamento dos produtos e materiais, viabiliza o gerenciamento e controle do estoque, eliminando erros e custos da operação manual. Com essa automação a mão de obra passa a ser especializada e exige profissionais qualificados que possam desenvolver e/ou corrigir eventuais problemas dos transelevadores.

O Tecnólogo em Mecatrônica, que é um profissional especializado, tem o desafio de atuar em áreas que ainda possuem algumas barreiras entre si, como a mecânica, eletroeletrônica e programação que são componentes da automação. O projeto do transelevador é uma das oportunidades de praticar esse desafio de integração de várias áreas da tecnologia.

1.2 Objetivos

O projeto tem como objetivo desenvolver um sistema automatizado de armazenamento didático. Este permitirá o trabalho e estudo em diversas unidades curriculares, integrando as áreas de mecânica e elétrica dos cursos técnicos e tecnológicos do IFSC, aproximando a teoria e a prática nas mais diversas áreas.

O desenvolvimento será feito com base em equipamentos existentes na indústria, porém em uma escala reduzida. Será montada toda a estrutura mecânica, a estante de prateleiras,

paletes, sistema elétrico e softwares de controle, simulando um sistema industrial.

1.3 Objetivos Específicos

O trabalho será desenvolvido conforme os seguintes passos:

- Análise dos transelevadores existentes no mercado;
- Concepção e detalhamento do projeto mecânico;
- Fabricação dos componentes;
- Montagem da estrutura do transelevador e sistema elétrico;
- Desenvolvimento do programa básico de CLP e supervisório;
- Discussão dos resultados obtidos.

1.4 Divisão do Trabalho

Neste capítulo, foram descritos os objetivos e a justificativa do projeto. No capítulo 2 será descrito a revisão bibliográfica empregada neste trabalho. No capítulo 3 tratará o desenvolvimento do projeto e no capítulo 4 os resultados obtidos. E por último no capítulo 5 têm-se a conclusão e algumas sugestões para futuros trabalhos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Movimentação de Materiais

Análogo ao que diz Bowersox e Closs (2010, p.348), a eficiência geral de um depósito de materiais ainda é muito dependente da mão-de-obra, já que a movimentação de materiais é uma atividade predominantemente manual. A tecnologia de automação está se desenvolvendo com intensidade para aumento da produtividade e integração com outras atividades logísticas. Ela está focada nos fluxos de entrada e saída de materiais e produtos.

As operações realizadas nos depósitos são de movimentação e armazenagem. Movimentação compreende recebimento, manuseio interno e expedição. O *Cross Docking* é o processo em que a carga vai direto do recebimento para expedição, a seleção do pedido é feita imediatamente após o recebimento, sem ir para estocagem. No recebimento é feita a descarga que pode ser manual ou através de esteiras. Cargas unitizadas¹ reduzem o tempo dessa fase. O manuseio interno é toda movimentação interna de cargas, fase onde a mão de obra é mais utilizada. A separação de pedidos é a montagem de um número de itens estocados, conforme a solicitação do cliente. “A expedição consiste basicamente na verificação e carregamento das mercadorias nos veículos” (BOWERSOX; CLOSS, 2010, p.350). Na figura 1 mostra um fluxograma do processo.

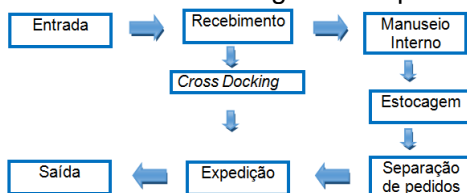


FIGURA 1 – Diagrama simplificado de movimentação de materiais
Fonte: Os autores

¹unitização: “... agrupamento de caixas numa carga única, formando um só volume, para manuseio ou transporte.” (BOWERSOX e CLOSS, p.368)

O principal objetivo do manuseio é a separação das cargas conforme as necessidades dos clientes.

2.2 Principais Sistemas de Armazenamento

Os sistemas de armazenamento dividem-se em manual e automatizado, com características relacionadas ao tipo de material e equipamento, conforme ilustrado nas tabelas 1 e 2.

Armazenamento Manual		
Equipamento	Tipo de material	Características
Estante: porta-paletes convencionais	Carga de paletes	Boa densidade de armazenagem e segurança
Prateleiras de acesso normal	Carga de paletes	Empilhadeiras de garfo, com acesso às cargas em uma direção. Boa densidade de armazenagem
Prateleiras de entrada livre	Carga de paletes	Acesso das empilhadeiras nas duas direções
Prateleiras a grande altura	Carga de paletes	Densidade muito alta de armazenagem
Prateleiras de cantilêver	Cargas longas ou rolos	Armazenamento de formatos incomuns, longos (vergalhões, tubos...)
Estruturas de empilhamento de paletes	Peças frágeis ou de formato especial	Podem ser desmontadas, quando fora de uso. Permite empilhamento de cargas difíceis
Prateleiras de empilhamento	Peças de formas especiais ou suscetíveis de quebra	Podem ser empilhadas quando fora de uso

TABELA 1– Tipos de armazenagem manuais
Fonte: Bowersox e Closs (2010, p.360)

Armazenamento Automatizado		
Equipamento	Tipo de Material	Características
Cargas unitizadas AS/RS	Paletes e volumes com variedade de tamanhos	Alta densidade de armazenagem e controle por computador
Carrinhos de percurso fixo	Paletes e outras cargas	Alta densidade de armazenagem e melhor uso para grandes quantidades e poucos SKUs
AS/RS para pequenas cargas	Peças pequenas	Alta densidade de armazenagem e controle por computador e maior flexibilidade
Carrosséis horizontais	Peças pequenas	Fácil acesso às peças
Carrosséis verticais	Peças pequenas e ferramentas	Alta densidade de armazenagem

TABELA 2– Tipos de armazenagem automatizados
 Fonte: Bowersox e Closs (2010, p.361)

2.3 Transelevador

A função de armazenamento ocorre muitas vezes de modo ineficiente nos aspectos de recursos humanos, controle de materiais e espaço no chão de fábrica, de acordo com Groover (2011, p.257). O desempenho dos sistemas de armazenamento convencional e automatizado é medido pela taxa de transferência, capacidade de armazenamento, acessibilidade, confiabilidade e densidade de armazenamento. Essas características justificarão o investimento e o custo operacional dos sistemas de armazenamento. A diferença de eficiência entre o espaço horizontal e o vertical ocupado é ilustrada nas figuras 2 e 3.



FIGURA 2 – Espaço horizontal ocupado

Fonte: <http://wonderful.toponday.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2013/06/Amazon-warehouse.jpg>. Acesso em 26/10/2013

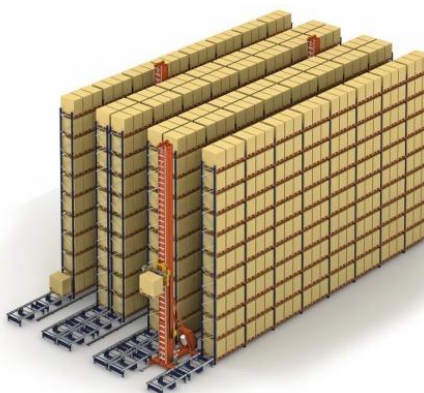


FIGURA 3 – Espaço vertical ocupado

Fonte: <http://www.mecalux.pt/armazens-automatizados-para-paletes/transelevador-trilateral-automatizado>. Acesso em 30/10/2013

O transelevador também pode ser chamado de Sistema Automatizado de Armazenagem e Recuperação (*Automated Storage & Retrieval System* - AS/RS). Existem variadas definições sobre o que é um transelevador. Podemos citar algumas delas:

“Os transelevadores são máquinas criadas para o armazenamento automático de paletes. Movem-se ao longo dos

corredores do armazém executando as funções de entrada, colocação e saída das mercadorias” (MECALUX, 2012).

Uma transação típica de armazenagem consiste dos seguintes elementos: (1) pegar a carga na estação de entrada, (2) movimentar-se até a localização do armazenamento, (3) colocar a carga no local e (4) voltar para estação de entrada. Uma transação de recuperação consiste de: (1) mover-se até o local do armazenamento, (2) pegar o item armazenado, (3) mover-se para estação de saída e (4) descarregar na estação de saída (GROOVER, 2011, p.259).

A taxa de transferência é somatória do tempo de transação de armazenagem ou recuperação que podem ocorrer num mesmo ciclo ou em ciclos diferentes de comando. Esse agendamento de comando é flexibilizado por um sistema de armazenamento automatizado, conforme a demanda.

Conforme a fabricante Scheffer Logística, o transelevador é um equipamento de movimentação e armazenagem de cargas que pode operar em três modos: manual, semi-automático e automático. Este funciona por meio de softwares de controle, sem a necessidade de operadores embarcados, sendo indicados para armazenagem de alto giro, em corredores estreitos e a grandes alturas, separando e armazenando a carga com segurança e precisão.

Permite o manuseio automatizado de cargas unitizadas em armazém vertical de altura muito elevada. É a combinação de equipamentos, controles, informações e sistemas que se comunicam automaticamente, com velocidade e precisão. De acordo com Bowersox (2010, p.357) o sistema básico de AS/RS é constituído de estantes de armazenagem, equipamento de armazenagem e separação, sistemas de entrada/saída e sistema de controle. A maioria necessita de guias no solo e no topo, para manter estabilidade vertical, para movimentação nos eixos X, Y e Z. Possuem velocidade horizontal entre 100 e 130 metros por minuto e a velocidade vertical pode alcançar 35 metros por minuto. A função principal desse sistema é a rápida armazenagem ou retirada de materiais. A figura 4 mostra um

transelevador com destaque para o movimento transversal (eixo z).



FIGURA 4 – Transelevador da Mecalux

Fonte: <http://www.mecalux.pt/armazens-automatizados-para-paletes/transelevador-trilateral-automatico>. Acesso em 30/10/2013

2.4 Tipos de transelevadores

Os tipos de máquinas para armazenamento de paletização projetados de acordo com características de capacidade de carga, dimensões, altura da construção e tempos de ciclos (compassos de entradas/saídas de cargas).

Os transelevadores manuais possuem uma cabine para um operador executar tarefas como preparação de pedidos, diretamente dos paletes, prateleiras, caixas ou gavetas. Poderão existir dispositivos auxiliares para movimentação de cargas pesadas.

Os semi-automáticos possuem operadores a bordo e controles automatizados, como computador que aumenta a eficácia operacional. As operações correntes, de separação e localização de material podem ser monitoradas no vídeo do computador.

Os automáticos permitem a triplicação da capacidade de manipulação e movimentação de paletes, maior rapidez e

segurança. Essas características são viabilizadas pela velocidade de deslocamento tanto na vertical quanto na horizontal. Um software de gestão registra a posição dos materiais armazenados através de código de barras ou *RFID* (*Radio Frequency Identification* - Identificação por Radiofrequência). Um sistema típico de armazenamento automatizado é ilustrado na figura 5.

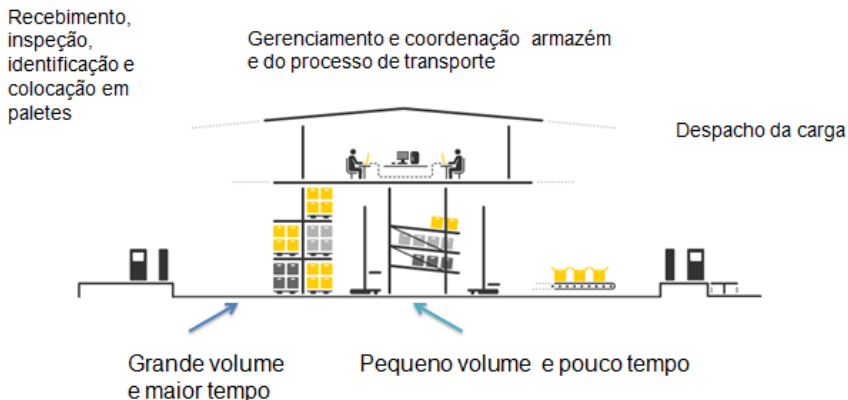


FIGURA 5 – Diagrama simplificado de um sistema automatizado

Fonte: http://www.dhl-discoverlogistics.com/cms/en/course/tasks_functions/warehouse/stations.jsp. Acesso em 07/09/2013

Quanto ao tipo de movimentação, o transelevador pode ser linear ou carrossel, conforme demonstrado na tabela 3:

Característica	AS / RS	Carrossel
Estrutura de armazenamento	Sistemas de estantes para suportar paletes ou prateleiras para caixas	Cestos suspensos por transportador aéreo ou trole
Movimentos	Lineares do transelevador	Rotação dos transportadores aéreos em trilho oval
Operação de armazenamento e recuperação	O transelevador se desloca até os compartimentos na estrutura de estantes	O transportador gira para trazer os compartimentos para estações de carga / descarga
Reaplicação da capacidade de	Corredores múltiplos, com estrutura de estante e	Carrosséis múltiplos, circuito oval e caixas

armazenamento	transelevador	suspensas
---------------	---------------	-----------

TABELA 3– Movimentação Linear e Carrossel de Transelevadores

Fonte: Groove, 2011

2.5 Componentes do Projeto

2.5.1 Motor DC ou CC com redução

O motor CC (corrente contínua) ou DC (*direct current*) transforma energia elétrica em mecânica com o uso das forças de atração e repulsão geradas por eletros-ímã e ímãs permanentes. As variações da intensidade de corrente serão determinadas pela velocidade e pela força. A estrutura de um motor CC pode ser visualizada na figura 6.

Quando há necessidade de mais força e movimento mais lento, é necessário o uso da redução, já que as velocidades de motores CC pequenos são normalmente elevadas.

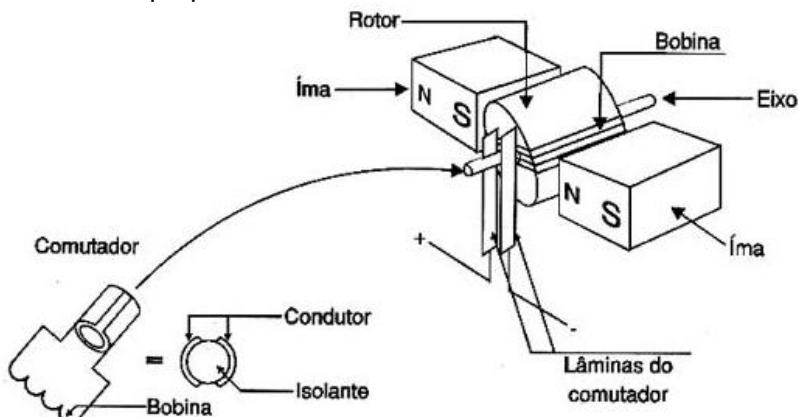


FIGURA 6 – Estrutura de um motor CC ou DC

Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>

Foram utilizados os motores da figura 7 para o movimento horizontal e transversal e da figura 8 para o movimento vertical na construção do projeto.



FIGURA 7 – Motor DC com redução

Fonte: www.neoyama.com.br

Tensão		Sem carga	
Operação	12 V a 30 Vcc	Rotação	Corrente
Nominal	24 Vcc	35 rpm	90 mA

Máximo rendimento		Partida	
Rotação	Torque	Potência	Corrente/Torque
29 rpm	5,5 kgf.cm	7,18 W	3,2 A / 33 kgf.cm

TABELA 4– Motor DC com redução

Fonte: www.neoyama.com.br**24 V 46 W**

U_N	24 V
P_N	46 W
n_N	45 rpm
I_N	5,0 A
$I_{MAX.}$	18,6 A
M_N	10 N.m
M_A	48 N.m
i	63:1
Rot.	L / R
S	S1
IP	IP 44
kg	1,100 kg
Ⓜ	F 006 WM0 310

FIGURA 8 – Motor DC Bosch com redução

Fonte: Fabricante Bosch:

2.5.2 Circuito PWM

O controle da velocidade de pequenos motores CC é viável através de um circuito PWM (*Pulse Width Modulation* - Modulação por Largura de Pulso). A velocidade depende da carga mecânica acoplada e pode ser controlada através da alteração da tensão aplicada ao motor, com variação da corrente através de suas bobinas. De acordo com a relação entre o tempo de condução (T_1) e corte (T_2) do pulso, o motor terá maior ou menor energia aplicada, de acordo com a figura 9.

Cada pulso mantém a tensão máxima nominal e com a variação de sua largura, varia a velocidade.

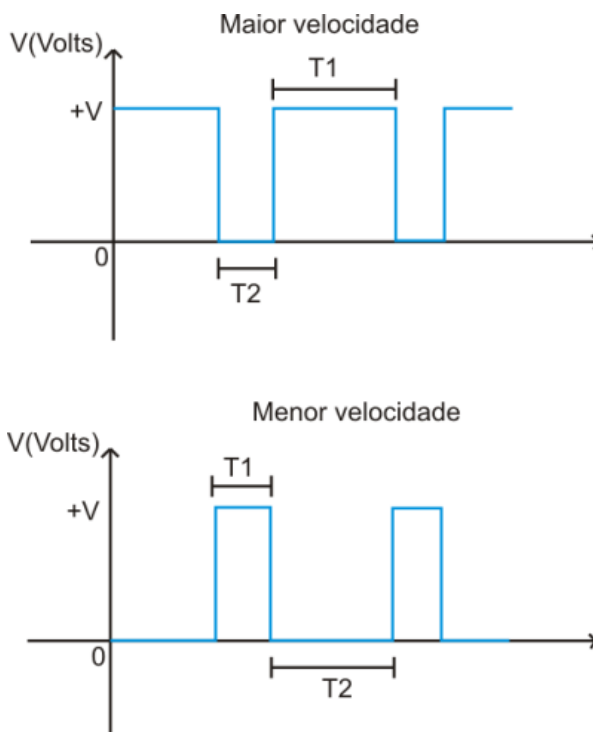


FIGURA 9 – Largura de pulso do PWM

Fonte: http://www.arnerobotics.com.br/electronica/Microcontrolador_PIC_pratica_1.htm

2.5.3 Controlador Lógico Programável

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo de componentes eletrônicos com memória programável, que lê e executa instruções, interagindo com o sistema que deve ser controlado (PRUDENTE, 2007, p.01). É utilizado em larga escala na indústria, sendo que suas principais vantagens são: maior confiabilidade, flexibilidade, menor consumo de energia, facilidade de reprogramação se comparado aos sistemas eletromecânicos.

“... os CLPs podem operar de forma isolada ou integrada, conectados a uma rede própria ou através de um sistema supervisório” (ROSÁRIO, 2009, p.48).

O CLP pode executar diversas operações dentro do sistema de automação. Possuem funções de lógica Booleana, contadores, temporizadores, operações matemáticas além de se comunicar com outros dispositivos como sensores, atuadores e transdutores.

Dependendo da aplicação e do modelo utilizado poderá controlar inúmeras entradas e/ou saídas (E/S). Por ser modular o CLP permite o uso de cartões de expansão que possibilita funcionalidades adicionais como aumento do número E/S (digitais ou analógicas), de comunicação ou outros especiais.

O ambiente de programação utiliza software dedicado para tal função, onde a linguagem LADDER (*Relay Ladderlogic* - lógica de contatos de rele) é a mais utilizada, pois é a representação lógica da sequência elétrica de operações (GEORGINI, 2011 p.50).

2.5.3.1 CLP S7-200

A série S7-200 de micro CLPs, ilustrada na figura 10, pode controlar uma variedade de dispositivos para atender as necessidades de automação. Ele monitora as entradas e altera as saídas, conforme controle do programa. Este pode incluir lógica Booleana, contadores, temporizadores, além de comunicação com outros dispositivos inteligentes. O desenho

compacto, configuração flexível e um conjunto de instruções torna o S7 200 uma boa solução de controle para uma variedade de aplicações. A CPU 224xp, presente no CLP do IFSC, conforme (CURZEL, 2009), possui as seguintes características: 12 a 16 KB de memória de programa, 10 KB para memória de dados, tensão de alimentação de 24 Vcc, quatorze entradas digitais, dez saídas digitais(transistor - 0,75 A), duas entradas e uma saída analógicas, velocidade (1000 instruções) de 0,22µs; 4 entradas rápidas de 30KHz; 2 saídas rápidas de 100KHz e uma porta de comunicação RS-485, fonte de alimentação e um potenciômetro integrado.



FIGURA 10 – CLP Siemens S7-200

Fonte: <http://plc-trade.com/es/mpn/6es7274-1xf00-0xa0/>

2.5.4 Sensores

Conforme mencionado por CAPELLI (2007, p.129), os sensores são dispositivos que constituem toda a base da automação. A função dos sensores é detectar e sinalizar uma condição de mudança. A detecção pode ser discreta, presença ou ausência de um objeto ou analógica, grandeza mensurável, como cor, tamanho ou distância.

Algumas das especificações dos sensores são: a distância sensora nominal, ou seja, distância entre objeto e superfície sensora; histerese, diferença entre os pontos de ativação e desativação do sensor; a repetibilidade, detecção do mesmo

objeto com a mesma distância em várias leituras e frequência de comutação, velocidade relativa do sensor.

Os tipos mais citados nas literaturas são os sensores de posição eletromecânicos, ópticos, encoders, indutivos, magnéticos, capacitivos, de proximidade e ultra-sônicos. Descreveremos aqueles que serão utilizados no nosso projeto.

2.5.4.1 Chave Fim de Curso

Os sensores de posição eletromecânicos geralmente possuem pelo menos um contato NA (normalmente aberto) e um NF (normalmente fechado). Composto de uma alavanca principal com rolo que aciona um cilindro ligado ao contato móvel que abre ou fecha o circuito. A alavanca e o cilindro possuem molas de compressão e os contatos possuem mola de pressão. A principal aplicação é para indicar o “fim de curso” de uma parte móvel qualquer. As figuras 11 e 12 mostram o aspecto físico e diagrama interno deste tipo de sensor.



FIGURA 11 – Chave “fim de curso”

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Microswitch.jpg>
e <http://www.jbv.com.br/produto/fim-de-curso-fm1308-236>

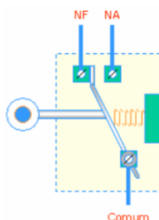


FIGURA 12 – Esquema da chave fim de curso

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%20001%20-%20Sensores%20industriais.pdf>

A tabela 5 fornece algumas das características de um sensor de posição.

Capacidade dos contatos	Até 250V/6A
Precisão	0,01 a 0,1mm
Freqüência máxima de operação	De 60 a 400 manobras por minuto
Vida útil	10 milhões de manobras
Grau de proteção	IP00 até IP67

TABELA 5 – Dados sensor de posição eletromecânico

Fonte: Capelli (2009, p.165).

Para evitar danos aos contatos em circuitos de alta velocidade, tensão ou corrente, podem ser utilizados circuitos de proteção (*snubber*) compostos por capacitor e resistor, circuito RC (figura 13) ou ainda diodo em antiparalelo (*dumper*) com a carga ou combinação de ambas as proteções. Suas indicações são para situações de alta corrente de manobra, baixo número de manobras, alta robustez mecânica e elétrica, dentre outras.

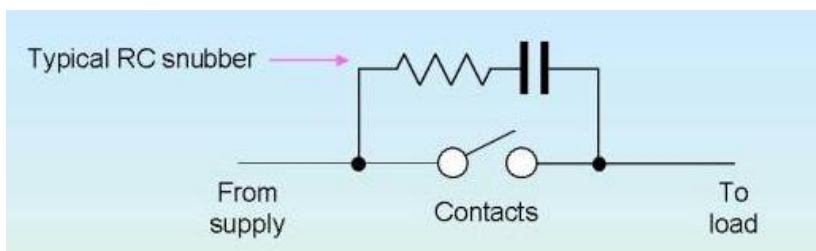


FIGURA 13 – Esquema de um snubber

Fonte: http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/991215.htm

2.5.4.2 Sensores Ópticos

O sensor óptico baseia-se na transmissão e recepção da luz infravermelha, comprimento de onda acima de 780nm. Essa luz, gerada por um trem de pulsos, com freqüência variante conforme o sensor pode ser refletido ou interrompido por objeto a

ser detectado. O sensor óptico é composto por fonte e detector de luz, lentes, circuito lógico e saída, ilustradas na figura 14.



FIGURA 14 – Diagrama genérico de um sensor óptico

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%20001%20-%20Sensores%20industriais.pdf>

Algumas das características dos tipos de sensores ópticos são citadas na tabela 6 e ilustradas nas figuras 15, 16 e 17.

Barreira direta	Objeto interrompe feixe de luz entre emissor e receptor separados
Retro reflexivo	Objeto interrompe a luz refletida por um refletor. Emissor e receptor no mesmo invólucro
Difuso	Similar ao anterior, o próprio objeto funciona como refletor
À fibra óptica	Sensor difuso ou por barreira direta pode ser construído com fibra óptica

TABELA 6 – Tipos de Sensores Ópticos

Fonte: CAPELLI (2009, p.165)

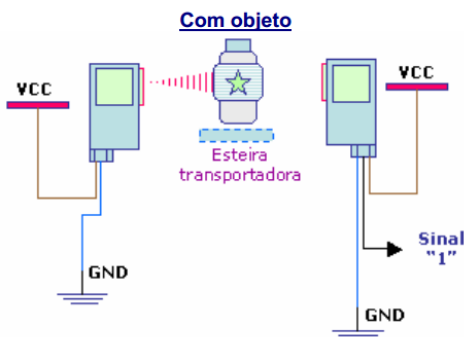


FIGURA 15 – Sensor de barreira

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%20001%20-%20Sensores%20industriais.pdf>. Acesso em 24/10/2013.

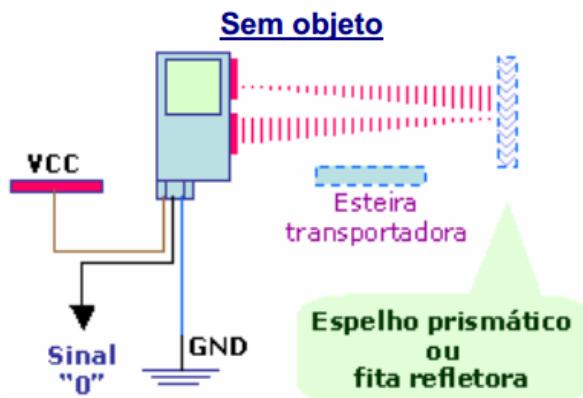


FIGURA 16 – Sensor retro reflexivo

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%200001%20-%20Sensores%20industriais.pdf>. Acesso em 24/10/2013

No nosso projeto foi utilizado o sensor retro reflexivo com fita refletora.

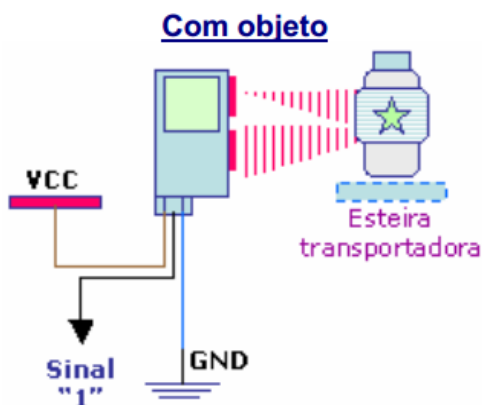


FIGURA 17 – Sensor difuso

Fonte: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%200001%20-%20Sensores%20industriais.pdf>. Acesso em 24/10/2013

A tabela 7 mostra as vantagens dos sensores com e sem contato com objeto móvel. A figura 19 ilustra um sensor óptico.

Característica	Sensor	Vantagens
Contato com objeto alvo	Chave fim de curso; Encoder	Normalmente não são alimentados. Podem suportar maiores correntes
Sem contato com objeto alvo	Óptico ou Fotoelétrico; Indutivo; Capacitivo Ultrassônico; Magnético	Sem partes móveis Maior velocidade de resposta; Maior flexibilidade

TABELA 7 – Quadro Geral de Sensores

Fonte: Autores

A partir da definição da aplicação beneficiada pelo uso de sensores, devemos considerar os parâmetros abaixo para seleção do sensor:

- 1 Alimentação disponível: mais comum é de 24Vcc; saída positiva – PNP carga com terminal negativo fixo e o positivo chaveado; saída negativa – NPN –carga com terminal positivo fixo e negativo chaveado.
- 2 Requisitos de saída/carga: eletromecânica (relé, chave) ou estado sólido (transistor, triac); 2 (conexão em série com a carga) ou 3 (série ou paralelo), conforme figura 18
- 3 Características do alvo: tamanho, material, cor, opacidade;
- 4 Condições ambientais favoráveis ao tipo de sensor.

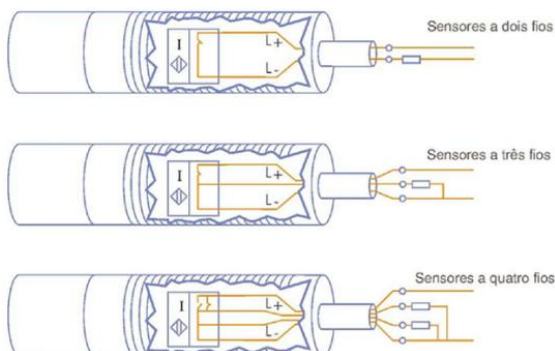


FIGURA 18 – Configurações típicas de sensores digitais

Fonte: Apostila do curso de sensores da Saber Eletrônica - 2010

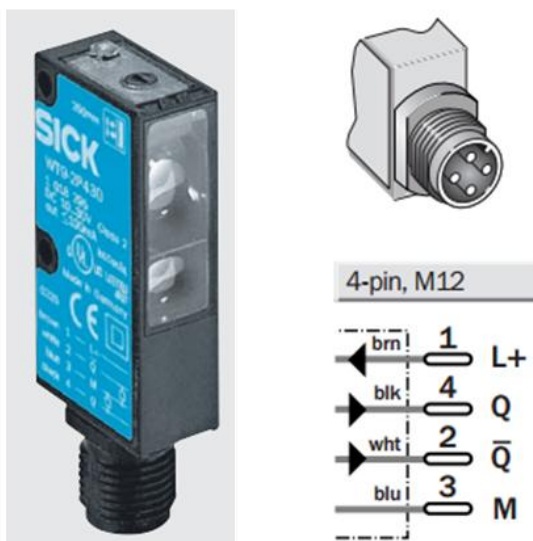


FIGURA 19 – Sensor óptico usado no projeto
 Fonte: <http://www.lpc-uk.com/sick/W9.pdf>

Conforme cita Capelli (2008, p.178), a norma europeia EN50044 e a internacional IEC 757 informa o código de cores dos fios para conexão de sensores, conforme tabela 8:

Função	Cor	Designação
Positivo da alimentação	Marrom	BN
Negativo da alimentação	Azul	BU
Saída	Preto	BK
Saída oposta	Branco	WH

TABELA 8 – Código de cores dos fios para conexão de sensores
 Fonte: CAPELLI (2008, p.178)

2.5.1.1 Sensor Indutivo

São sensores de proximidade e dispositivos de estado sólido, fabricados para detectarem objetos metálicos.

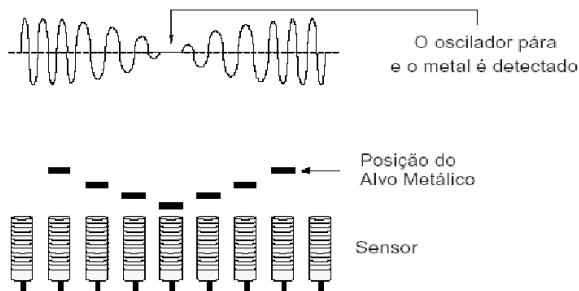


FIGURA 20 – Diagrama de um sensor indutivo

Fonte: Apostila de Sensores do professor Jeferson L Curzel - IFSC- Joinville
– 2010_02 – parte 2

À medida que um objeto metálico atinge o campo eletromagnético, gerado pelo sensor, correntes de superfície são geradas no objeto, de acordo com o digrama da figura 20.. Isto provoca uma perda de energia do circuito oscilador que gera um sinal para comutar a saída. Depois que o alvo se afasta do campo eletromagnético, a energia do oscilador se restabelece e o sensor volta a sua condição normal.

Esse tipo de sensor é estruturado por um conjunto de núcleo de bobina e ferrite, oscilador (sinal senoidal), circuito acionador e circuito de saída (sinal digital).

Não são afetados por ambientes úmidos ou sujos, não possuem desgaste mecânico, sem zona cega, mas podem ser afetados por campos eletromagnéticos fortes.

2.5.1.2 Encoder

É um sensor de posicionamento de eixos ou velocidades de rotação de motores. Produz uma saída digital como resposta

ao movimento. Podem ser rotativos ou lineares, vide figura 21 e 22.

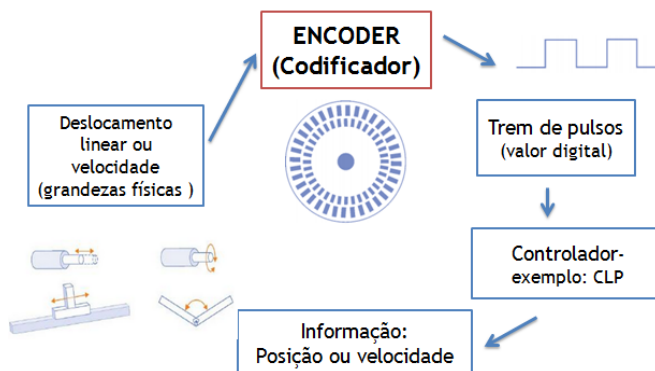


FIGURA 21 – Diagrama Conceitual de um Encoder
Fonte: Autores

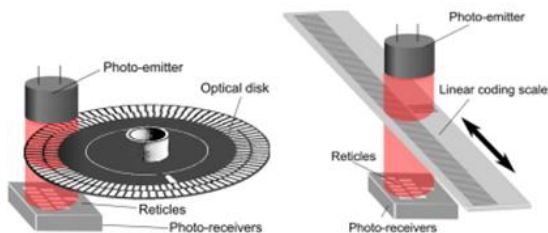


FIGURA 22 – Encoder rotativo e linear respectivamente
Fonte: http://www.exxelia.com/fichiers/catalogues/20120927_111559_hb_v34.pdf

O elemento básico possui um disco codificado com segmentos opacos e transparentes ou dentes ou furos. Esse disco é conectado ao eixo que ao girar faz com que as linhas opacas e transparentes passem entre o emissor e detector de luz, modulando o feixe luminoso. No caso do indutivo, a alternância da parte metálica inteira e vazada (dente) provocará uma variação de energia do campo eletromagnético.

O encoder pode ser absoluto ou incremental. Este gera um número específico de pulsos por revolução (PPR) com o mesmo espaçamento. Cada dente corresponde a um ângulo conhecido.

Requer um ponto de referência inicial. Para definir o sentido de rotação são necessários dois fotos sensores. Assim dois canais A e B defasados de 90° possibilitam a identificação do sentido, dependendo de qual canal é detectado antes, o sentido será conhecido (figura 23).

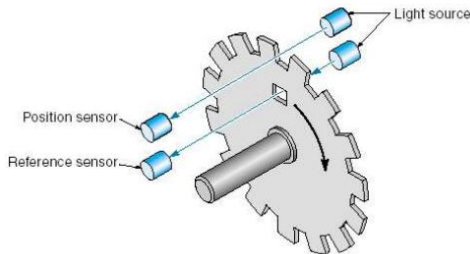


FIGURA 23 – Encoder incremental

Fonte: Apostila de Sensores do professor Jeferson L Curzel -IFSC- Joinville
– 2010_02 – parte 1

Os encoders podem ser ópticos ou magnéticos. Este utiliza a conversão do campo magnético em corrente ou tensão. Os mais comuns são os encoders indutivos, magneto-resistivo e efeito hall

2.5.1.3 RFID

A tecnologia de RFID (*Radio Frequency Identification* – identificação por radio frequência) é a denominação genérica para as tecnologias que utilizam a frequência de rádio para captura de dados. Sendo que existem diversos métodos de identificação, entretanto a mais comum é armazenar um número de série que identifique uma pessoa, animal, equipamento, componente, documento ou um objeto, ou qualquer outra informação em um microchip de silício. Esta tecnologia permite a captura automática de informações, para identificação de objetos com dispositivos eletrônicos, conhecidos como etiquetas eletrônicas, tags, RF tags, transponders, leitores com antenas, computadores ou outro tipo de controlador na qual emitem sinais de radio frequência para leitores que assim conseqüentemente captam estas informações.

O RFID armazena as informações do componente ou qualquer outro item mencionados, em formato EPC (*Electronic Product Code*), onde é um numero que permite rastreá-lo de maneira segura, onde suas leitoras podem ler o sinal EPC a distancia, sem a necessidade de contato ou campo visual. Há informações de que a mesma existe desde a década de 40 e veio para complementar à tecnologia de código de barras, pois ela é uma tecnologia de transformação que pode ajudar a reduzir desperdício, limitar roubos, gerir inventários, simplificar a logística e aumentar a produtividade. Uma das maiores vantagens dos sistemas baseados em RFID é o fato de permitir a codificação em ambientes difíceis, complicados e em produtos onde o uso de código de barras não é eficaz.

Esta etiqueta, figura 25, também denominada de microchip, Transponder (transmissor + receptor), *RF Tag*, ou simplesmente *Tag*, responde aos sinais de radiofrequência de um Leitor, enviando de volta informações quanto a sua localização e identificação, através de um chip, um circuito eletrônico e uma antena (todos em um único conjunto).

Um *transponder*, conforme figura 24, pode ser dividido em três partes básicas: um substrato, onde encontramos o chip e outros componentes eletrônicos; a antena, que é conectada ao chip e o encapsulamento, normalmente em PVC, Epóxi, Resina, etc.

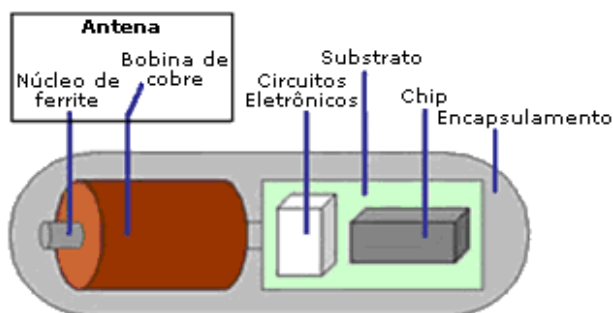


FIGURA 24 – Estrutura típica de um Transponder

Fonte: Teleco – Inteligência em Telecomunicações



FIGURA 25 – Etiqueta circular RFID

Fonte: Neoyama Automação

O principal componente do Transponder é o chip que, além de realizar o controle e a comunicação com o Leitor, possui a memória onde são armazenados os dados.

Considerados os sucessores dos sistemas de código de barras porque permitem a produtores/fornecedores rastrear itens em lote, reduzindo desta forma o tempo e os custos operacionais, entre outras vantagens:

Capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para os Tags:

- Verificar e melhorar a eficiência de processos;
- Tags são fabricados em diversos formatos e tamanhos, podendo ser encapsulados e aplicados em etiquetas inteligentes (**smartlabels**) e em cartões;
- Melhorar a eficiência em controle de inventário;
- Durável e reutilizável;
- Reduzir perdas, roubos e falsificações;
- Detecção e leitura sem necessidade da proximidade da leitora;
- Durabilidade dos Tags com possibilidade de reutilização;
- Contagens instantâneas de estoque, facilitando os sistemas empresariais de inventário;
- Precisão nas informações de armazenamento e velocidade na expedição;
- Rapidez na localização de itens em áreas de armazenagem;
- Controlar pós-venda e garantia;
- Aumentar a satisfação e fidelidade do cliente.

No Brasil é amplamente utilizada para o pagamento de pedágios e em alguns setores de suprimentos e logística, no controle de documentos, em bibliotecas, controle de acesso de

pessoas, patrimônio e segurança, em linhas de montagem industriais entre outras, conforme figura 26.

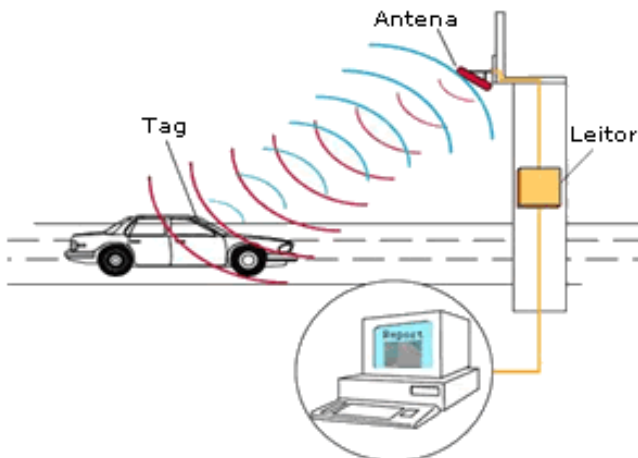


FIGURA 26 – Aplicação de RFID em postos de pedágio

Fonte: Teleco –Inteligência em Telecomunicações

2.5.1.4 Relés

São dispositivos comutadores eletromecânicos, sendo elementos importantíssimos nos circuitos de automação e controle, possibilitando a combinação de lógicas de comando, bem como em muitos casos auxiliando na divisão dos circuitos. Normalmente os mais básicos são constituídos de um contato NA ou NF, ou ainda a combinação de ambos conhecidos como SPDT (*Single Pole-Double Throw*) que é composto basicamente por um terminal comum, um contato normalmente aberto (NA) e um contato normalmente fechado (NF) – reversíveis; além dos contatos de excitação da bobina. A característica importante deste tipo de componente eletroeletrônico é que os terminais das bobinas podem operar com extra baixa tensão, como 5V; 12V ou 24V (alternada ou continua), enquanto os contatos dependendo de sua especificação podem operar com tensões maiores como

127 ou 220Vca. A partir do conceito apresentado anteriormente surgiram os circuitos comando e potência (manobras), segue:

- Circuito de comando: este circuito é responsável pela interface entre o operador ou dispositivo, operando com baixas correntes e/ou tensões.

- Circuito de potência: circuito responsável pelo acionamento das cargas, tais como: motores, resistências de aquecimento, ventiladores, exaustores, entre outras. Onde neste podem circular correntes elevadas e atingir tensões de até 760 V.

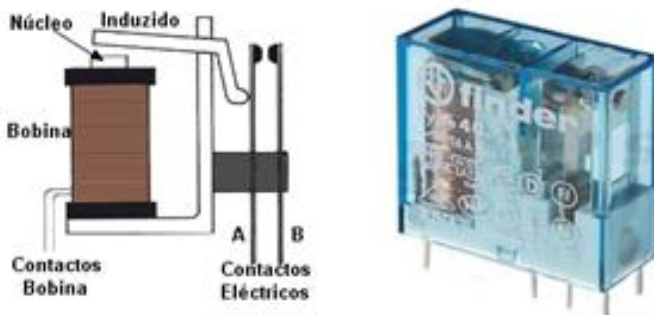


FIGURA 27 – Principais elementos do relé

Fonte: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/179/37>

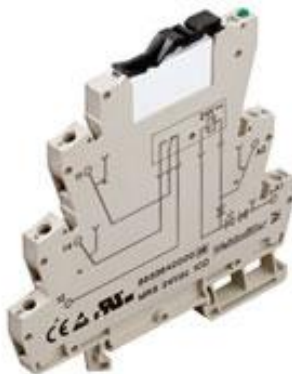


FIGURA 28 – Relé acoplador 24 Vcc

Fonte: <http://catalog.weidmueller.com/procat/Group>



FIGURA 29 – Relé de estado sólido 6-36Vcc

Fonte: <http://www.metaltext.com.br/produto/prz/prz-interface-a-rele>

2.5.1.4.1 Princípio de funcionamento

O funcionamento do relé permite três formas básicas:

- Fig.1 - O relé fecha o circuito entre os terminais A e B.
- Fig.2 - O relé abre o circuito entre os terminais A e B.
- Fig.3 - O relé comuta a tensão que entra no terminal A **comutando** entre o terminal B e C.

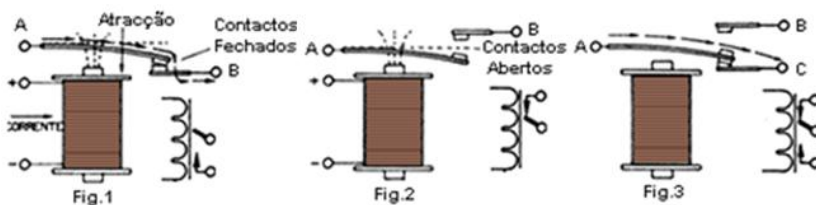


FIGURA 30 – Princípio de funcionamento do relé

Fonte: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/179/37>

2.5.1.4.2 Relés de Tempo (temporizador)

Dispositivo capaz de medir o tempo, sendo um tipo de relógio especializado, pode ser usado para controlar a sequência

de um evento ou processo; podem ser mecânicos, eletromecânicos ou digitais. Utilizados no controle de determinado período, geralmente de curta duração, sendo aplicados especialmente em automação de máquinas e processos industriais como partidas de motores, quadros de comando, fornos industriais, injetoras, entre outros. Segundo a WEG (Catálogo de Relés Eletrônicos – 2011), conforme o modo de operação, os principais modelos são:

- Retardado na energização: após a energização do Relé, inicia-se a contagem do tempo ajustado pelo operador (normalmente existe um botão com esta finalidade). Decorrido este período, ocorrerá à comutação dos contatos, os quais permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.

Retardado na desenergização: atua os contatos imediatamente na ativação/energização, porém os mesmos só retornam ao repouso após a desativação, após tempo de retardo ajustado ter decorrido.

- Cíclico: energizando o Relé, os contatos de saída são acionados e desacionados ciclicamente. Conta normalmente com dois botões de ajuste, sendo que um determina o tempo em que os contatos permanecem acionados, enquanto que outro determina o tempo em que os contatos permanecem desacionados.

- Estrela-Triângulo: quando energizado os contatos de saída “Partida Estrela” (Y) comutam instantaneamente, permanecendo acionados durante o período ajustado. Geralmente após o tempo de 100ms os terminais “Partida Triângulo” (D) serão então acionados e permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.

- Pulso na Energização: após a energização do Relé, os contatos de saída são comutados instantaneamente e permanecem acionados durante o período ajustado.

2.5.1.4.3 Relés Protetores

São dispositivos eletrônicos que protegem os sistemas trifásicos contra falta de fase ou falta de neutro (selecionável), inversão da sequência de fase ou ambas as funções integradas

sem um mesmo produto. Sempre que houver uma oscilação mudança brusca no sistema o relé comutará sua saída para interromper a operação do circuito em que está monitorando ou processo a ser protegido.

2.6 Software de supervisão – Elipse Scada

É um sistema supervisor e de aquisição de dados que utiliza software para monitorar e supervisionar as variáveis, e dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores (*drives*) específicos sejam os mesmos sensores, motores, atuadores, e demais itens encontrados nos diversos processos industriais. O mesmo pode assumir topologia mono-posto, mestre escravo, cliente-servidor ou múltiplas funções.

O termo SCADA é proveniente do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*.

Segundo a ELIPSE (2012), o software é totalmente configurável pelo usuário, permite a monitoração de variáveis em tempo real, através de gráficos e objetos que estão relacionados com as variáveis físicas de campo. Também é possível fazer acionamentos e enviar ou receber informações para equipamentos de aquisição de dados. Além disso, através de sua exclusiva linguagem de programação, o Elipse *Basic*, é possível automatizar diversas tarefas a fim de atender as necessidades específicas de sua empresa.

O módulo básico denominado Elipse *View*, é indicado para aplicações não muito complexas, geralmente básicas; como a interface, entre o operador e determinada aplicação, controle de máquinas ou processos. Permitindo a observação das variáveis do sistema, utilizando animações, programação de *set points*, controle de acesso, além de funções especiais para IHM (Interface Homem Máquina).

Sua comunicação pode ser realizada via drivers, objetos na tela do computador ou monitor, além da visualização dos diversos alarmes que podem ser ativados.

2.7 Estrutura e componentes mecânicos

A estrutura das máquinas é desenvolvida para servir de superfície de montagem para todos os demais componentes. Este conjunto de estrutura e componentes forma o equipamento. Esses componentes podem ser divididos em subsistemas como: sistema de movimentação e transmissão de potência, conjunto elétrico e eletrônico, sensores e atuadores, entre outros.

Para que os subsistemas possam funcionar adequadamente, a estrutura da máquina precisa ter boa rigidez mecânica, baixa manutenção, facilidade na fabricação e na montagem das peças. Existem várias técnicas e soluções para um bom desenvolvimento de uma estrutura. No comércio são encontradas várias soluções de peças e conjuntos mecânicos que facilitam o desenvolvimento de uma solução robusta, com fácil manutenção e geralmente com um custo menor. As peças encontradas podem ser perfis de aço ou alumínio, guias deslizantes, rolamentos, correntes, acessórios de fixação mecânica, entre uma infinidade de opções.

2.7.1 Perfil de alumínio extrudado

É uma barra de alumínio produzido pelo processo de extrusão. A vantagem desse processo, que ele produz várias barras com geometria distintas. Os perfis são empregados em diversas áreas como a linha moveleira, a construção civil e na automação industrial. Este último geralmente utiliza perfis estruturais, que devido ao desenho de sua seção transversal, torna um componente leve, com alta resistência mecânica (figura 31).

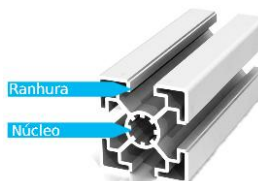


FIGURA 31 – Geometria perfil alumínio extrudado
Fonte: Catálogo Famak, 2010

Após processo de extrusão, os perfis recebem um tratamento térmico que melhora a resistência mecânica e posteriormente o tratamento por anodização, que garante um excelente acabamento, resistência à abrasão, corrosão, garantindo maior durabilidade.

Em conjunto com uma gama de acessórios de fixação, conforme a figura 32, os perfis se tornam modulares e permitem a montagem de infinitas configurações como: estações de trabalho, esteiras, dispositivos eletromecânicos entre outros.

Segundo a Famak (2010, p.01) perfis estruturais substituem com inúmeras vantagens os meios tradicionais de montagem que utilizam perfis de aço soldado, pois tem maior flexibilidade, durabilidade, menores custos no desenvolvimento, facilidade no transporte e instalação, além da possibilidade de reutilização.

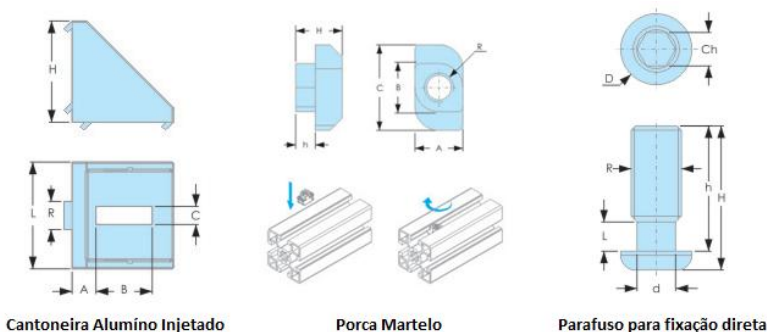


FIGURA 32 – Acessórios de Fixação

Fonte: Catálogo Famak, 2010

2.7.2 Eixos e rolamentos lineares com *Pillow Block*

Muitos equipamentos necessitam de movimentos retilíneos, precisos e que mantenha um paralelismo durante a movimentação. Para isso é necessário um mecanismo chamado de guia de deslizamento ou de rolamento. Ambos os guias possuem características de movimentação suave, repetição de posição, e baixo atrito. No comercio pode-se encontrar diversas

alternativas para movimentação linear como: rabo de andorinha, guias prismáticas, guia de mesa, guias lineares de esferas, entre outros. No projeto é importante escolher uma opção que atenda aplicação, eficiência e custo-benefício.

Uma alternativa de movimentação eficiente é com eixos e rolamentos lineares. Segundo a distribuidora OBR este conjunto permite avanços ilimitados de alto desempenho e precisão, com mínimo atrito. Rolamento de esferas lineares são sistemas ideais para aplicações que exigem alta rigidez / pré-carga, baixo atrito e custo baixo.

O eixo linear, ilustrado na figura 33, é produzido em aço com tratamento térmico o que aumenta a sua dureza superficial. O eixo geralmente é retificado, garantindo diâmetros com tolerância restrita. Essas características fazem com que o eixo tenha alta capacidade de carga com boa precisão.



FIGURA 33 – Eixo linear
Fonte: Catálogo Kalatec Automação

O rolamento linear, cujos componentes são mostrados na figura 34, é composto por um cilindro externo feito de aço, circuito onde circulam as esferas geralmente construídas em resina sintética (polyamida), esferas construídas em aço e duas vedações. As esferas recirculantes percorrem o circuito na qual fornece deslocamento ilimitado de baixo atrito, similar a um rolamento convencional.

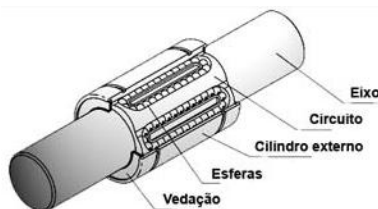


FIGURA 34 – Rolamento linear – Vista explodida
Fonte: Site RAC

A fim de facilitar o projeto de equipamentos, o rolamento linear pode ser montado em um bloco de alumínio. Onde este, através de interferência, faz a junção, criando assim um conjunto, chamado de *Pillow Block*, ilustrado na figura 34. Pode ser encontrado em dois tipos: rolamento aberto ou fechado.



Tipo fechado

Tipo aberto

FIGURA 35 – *Pillow Block*

Fonte: http://www.kalatec.com.br/rolamentos/SMA-Rolamento_linear_Pillow_Block.pdf

2.7.3 Guia telescópica

Outra opção para movimentação linear são as guias telescópicas. Produzidas geralmente em aço, utilizam um sistema de rolamentos de esferas, similar ao *pillow block*, onde permite o deslizamento suave e silencioso.

O mecanismo da guia telescópica pode ser considerado simples. Entretanto as vantagens são bastante evidentes, pois possuem alta capacidade de carga sob flexão reduzida, alta confiabilidade e longa vida útil. Esse mecanismo geralmente é

utilizado quando se tem pouco espaço de montagem. A figura 36 ilustra uma guia telescópica típica.

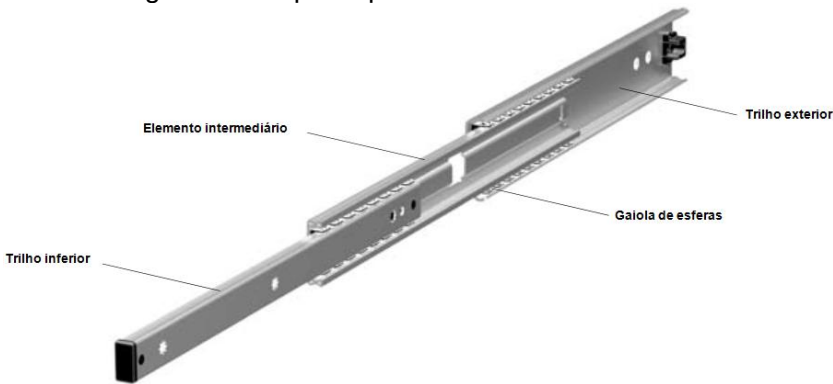


FIGURA 36 – Guia telescópica
Fonte: Catálogo Rollon

2.7.4 Elementos de transmissão de potência mecânica

Como descrito anteriormente, as guias de deslizamento ou rolamento tem função de garantir movimentos retilíneos, precisos. Entretanto as guias não conseguem fazer o deslocamento do conjunto mecânico sozinhas. Para isto é necessário escolher um mecanismo para transmissão de potência. Este tem por objetivo transferir ou transformar os movimentos e forças, com direções e valores distintos.

Existem vários meios de transmissão. Esta pode ocorrer por contato direto, como as engrenagens, ou por contato indireto, como as correias, polias e correntes.

2.7.4.1 Engrenagens

Para Shigley (2005, p.628) “As forças transmitidas entre engrenagens engranzadas fornecem momentos torcionais a eixos, para gerar movimento e transmissão de potencia, e criam forças e momento que afetam o eixo e seus mancais”. Portanto

as engrenagens têm objetivo de aumento de torque, controle e alteração da direção de movimento. Elas podem ser classificadas pelo formato e tipo de dente, sendo que cada tipo proporciona um mecanismo de transmissão diferente. As principais, segundo Shigley (2005) são as engrenagens cilíndricas de dentes retos, helicoidais, cônicas e sem fim ou também conhecidas como cremalheiras. Abaixo descreveremos apenas os tipos que serão utilizados no projeto.

2.7.4.1.1 Engrenagens cônicas

As engrenagens cônicas possuem formato cônico e são utilizadas quando o eixo arvore é concorrente, ou seja, se cruzam. Geralmente o ângulo é em torno de 90° , pois o mesmo admite uma variação (736). É utilizado para mudar a velocidade e direção da força.



FIGURA 37 – Engrenagem cilíndrica de dentes helicoidais

Fonte: <http://www.gearcmm.com/gear-measuring-machines-for-the-inspection-of-gear-geometry/>

2.7.4.1.2 Cremalheira

Mais uma alternativa para movimentação, entretanto neste caso conversão de movimento circular em movimento linear é a cremalheira e pinhão (figura 38). Consiste numa barra com

dentes retos ou helicoidais, na qual o pinhão, que é uma engrenagem cilíndrica, gira em cima da barra engrenada gerando deslocamento linear.

Segundo Witte (1998, p.94) a cremalheira é um par de engrenagens onde a roda maior trabalha infinitamente sobre o corte de um eixo sem fim, onde a rotação da coroa não muda com a translação da cremalheira.

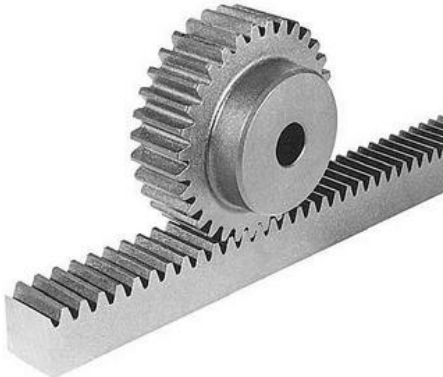


FIGURA 38 – Cremalheira e pinhão

Fonte: <http://www.gearcmm.com/gear-measuring-machines-for-the-inspection-of-gear-geometry/>

2.7.4.2 Correntes

A utilização das correntes para transmissão de potencia se torna viável quando as engrenagens ou correias não são possíveis, principalmente em grandes distancias entre eixos. Elas possuem alta eficiência de transmissão aliado a bom sincronismo, pois não há ocorrência de escorregamento, devido às engrenagens e pinhão, figura 39.

Opera em condições severas como altas temperaturas, umidade ou ambientes agressivos onde a correia não consegue operar. Entretanto suas desvantagens são o ruído e vibração que o sistema gera, bem como necessitam de lubrificação



FIGURA 39 – Conjunto corrente e pinhão

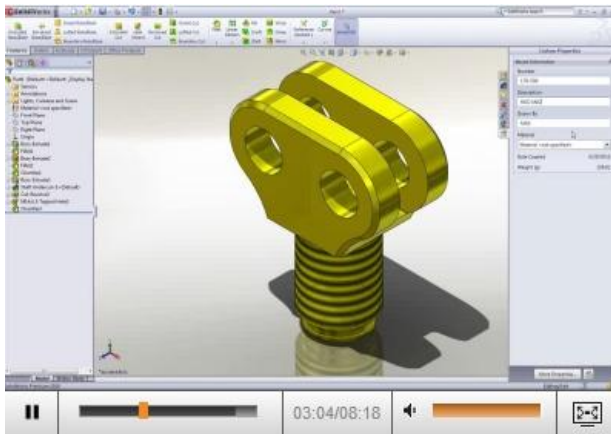
Fonte: <http://deltalink.com.br/images/demonstracao.png>

2.7.5 Software de Modelagem de Partes Mecânicas – SolidWorks

O solidworks é um software de CAD (computer aided design), desenvolvido pela SolidWorks Corporation, cuja principal característica é a interface intuitiva., destinado ao projeto de peças e sistemas mecânicos, permite simulações, criação de sistemas e projetos através de ferramentas robustas e fáceis de usar, comunicação clara das informações, prototipagem virtual e geração rápida de desenhos e dados prontos para fabricação.

No ambiente do programa, a criação de um sólido ou superfície, começa com a definição de topologia em um esboço 2D ou 3D. A topologia define a conectividade e certas relações geométricas entre vértices e curvas.

Segundo o site da fabricante, existem três etapas distintas na execução de um projeto em solidworks. A primeira é a concepção das várias peças (*parts*) em ficheiros/arquivos separados; a segunda é a montagem (*assembly*) das mesmas num novo ficheiro; e a terceira é a criação das vistas (*drawing*) das várias peças e da montagem (denominados como detalhamento). Para Fonseca e Tavares (2012) o “software utilizado por estudantes, designers, engenheiros, projetistas, analistas para produzir determinados componentes, sejam os mesmos simples ou complexos”



Video: First Look SolidWorks 3D CAD 8:18
FIGURA 40 – Peça desenvolvida no SOLIDWORKS – 3D CAD
 Fonte: DassaultSystèmesSolidWorks Corporation

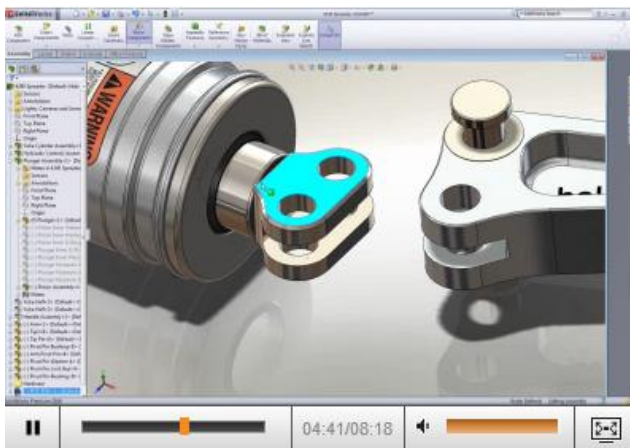


FIGURA 41 – Conjunto montado no SOLIDWORKS – 3D CAD
 Fonte: DassaultSystèmesSolidWorks Corporation

3. DESENVOLVIMENTO

No presente capítulo serão descritos os passos do desenvolvimento do transelevador didático. Será abordado o conceito do projeto, a estrutura mecânica e elétrica, o software de controle, bem como os resultados obtidos nos ensaios e os problemas encontrados.

3.1 Conceito do Projeto

Devido a complexidade do desenvolvimento de um transelevador didático, o mesmo foi dividido em pequenas áreas facilitando o planejamento e a construção. Foi adotada a metodologia de projeto para estruturar o desenvolvimento.

3.1.1 Requisitos e especificações do projeto

No projeto foram avaliados quais requisitos eram necessários para o transelevador didático. Abaixo estão os requisitos sugeridos:

- 1) Desenvolvimento de um sistema de armazenamento para aplicação didática;
- 2) Movimentação do sistema em três eixos, Longitudinal (X), Vertical (Y) e Transversal (Z);
- 3) Eixo transversal com uma direção;
- 4) Acabamento e estética com qualidade;
- 5) Baixo peso e tamanho reduzido para facilitar o transporte para exposições/feiras;
- 6) Velocidade dentro das margens para uma estrutura didática;
- 7) Transporte dos produtos em mini-paletes;
- 8) Desenvolvimento de prateleiras para armazenamento dos paletes;
- 9) Controle do transelevador via software supervisor;

- 10) Utilização do Controlador Lógico Programável - CLP disponíveis no IFSC Joinville;
- 11) Operação com elevado nível de segurança;
- 12) Utilização da rede de energia elétrica disponível no IFSC Joinville.

Para atender cada requisito é necessário descrever a sua especificação. Abaixo estão descritas as especificações:

- 1) Transelevador didático de pequeno porte que possibilite o trabalho com a lógica de programação;
- 2) Comprimento máximo dos eixos:
 - Longitudinal (X): 1200 mm;
 - Vertical (Y): 900 mm;
 - Transversal (Z): 250 mm;
- 3) Eixo transversal será composto por sistema telescópico duplo +/- 250 mm com capacidade de carga máxima de 2 kg;
- 4) Material da estrutura: perfil estrutural 30x30mm em alumínio;
- 5) Em 90% da estrutura móvel será utilizado alumínio;
- 6) Velocidade de no mínimo 1,5 m/min ou suficiente para manipular um palete por minuto;
- 7) Paleta de madeira com dimensões 235 x 255 x 50 (C x L x A)(não deveria ter a unidade?);
- 8) Prateleiras para armazenamento com no mínimo 9 posições;
- 9) Aplicativo para controle do transelevador no software Elipse Scada, deverá ter dois modos de operação:
 - Modo automático: controle randômico das posições;
 - Modo semiautomático: armazenamento feito pelo operador via software;
- 10) Automação por CLP – Siemens S7-200;
- 11) Utilização de chave fim de curso mecânico nos extremos dos eixos longitudinal e vertical. Esses devem operar de modo independente do software (sistema redundante);
- 12) Fonte de alimentação: entrada 127/220 Vca - 60Hz, saída 24Vcc.

3.1.2 Diagrama funcional e Brainstorming

O diagrama funcional tem como objetivo mostrar como será o funcionamento do transelevador. Ele mostra o que entra no sistema, quais os passos intermediários (execução das atividades), e a saída (resultado para o qual o equipamento foi projetado).

Na figura a seguir mostra o diagrama funcional do transelevador:

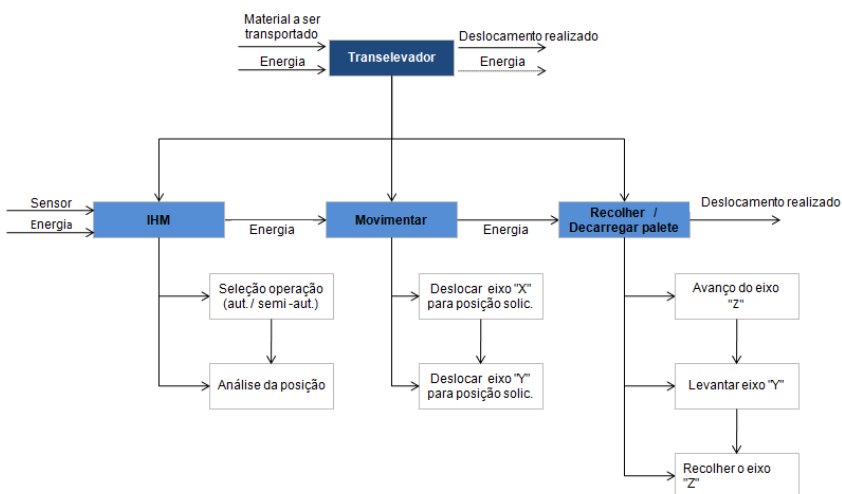


FIGURA 42 – Diagrama funcional

Fonte: Autores

Com os requisitos e especificações claras, foram avaliadas várias alternativas para solução técnica de como construir um transelevador. Usando o diagrama funcional dividiram-se as soluções em pequenas partes. Em cada parte foi utilizada o método de *brainstorming* (tempestade de idéias) para alavancar possíveis soluções.

No anexo A, está tabela com *brainstorming*, que se dividiu nos seguintes tópicos:

1. Sistema de Controle

- 1.1. Hardware
- 1.2. Software
- 1.3. Sensoriamento
2. Estrutura do transelevador
3. Sistema de movimentação e transmissão de potência
 - 3.1. Movimentação - Eixo X, Y e Z
 - 3.2. Transmissão de potência
4. Motor
5. Sistema de Segurança
6. Plataforma de movimentação do palete

No anexo pode-se avaliar as opções discutidas, bem como suas vantagens e desvantagens. Uma coluna adicional mostra o principal motivo que levou a escolher o determinado componente e esses componentes que farão parte do projeto.

3.2 Estrutura Mecânica

Seguindo a premissa dos componentes selecionados na fase de conceito do projeto, neste tópico serão descrito as fases para o desenvolvimento da mecânica do transelevador. Será descrito o software CAD (Computer Aided Design - desenho auxiliado por computador), fabricação dos componentes e montagem do conjunto.

3.2.3 SolidWorks

O projeto mecânico foi modelado no software solidworks. O software possibilita a criação de modelos de peças em 3D. O modelo pode reproduzir fielmente uma peça real, trazendo informações importantes como dimensões, tipo de material e detalhes complexos. Várias peças do projeto foram modeladas e outras foram obtidas diretamente na *web site* do fornecedor quando o componente utilizado no projeto era comercial.

Outra vantagem do solidworks é a utilização do *assembly* (montagem). Após a obtenção dos modelos das peças, é possível construir e montar o projeto virtual. Essa ferramenta é

extremamente poderosa, pois é possível visualizar os problemas na montagem como dimensões incorretas, colisões devido a erros no projeto e/ou modelamento dos componentes. Outro benefício importante, é a visualização de como ficará a montagem física do projeto. Esse processo facilitou muito a discussão de soluções e melhoria durante o desenvolvimento.

Por último pode ser gerado o detalhamento e desenhos 2D a partir das peças modeladas ou da montagem do conjunto. O desenho 2D é importante pois foi utilizado no processo de fabricação das peças.

Na figura 43 estão descritas as três fases do projeto. Em (A) está o modelo do mancal para um eixo. Na mesma figura em (B), está a peça dentro de um conjunto montado, e em (C) está o detalhamento em 2D para a fabricação da peça.

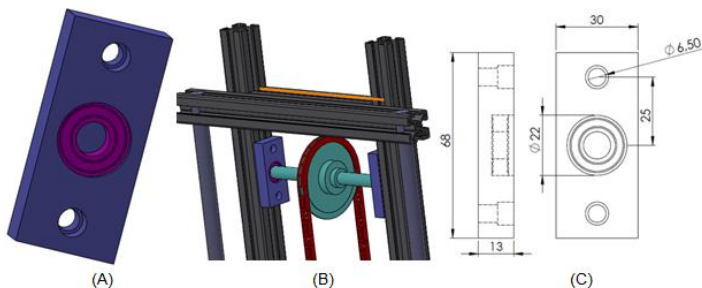


FIGURA 43 – Modos execução do SolidWorks

Fonte: Autores

3.3.3 Detalhamento da estrutura mecânica

No detalhamento da estrutura mecânica os dimensionais apresentados serão todos em mm. Foi utilizado perfil de alumínio com dimensional de 30x30 com diversos comprimentos mostrados mais a frente.

No diagrama funcional do transelevador (Figura 42), mostra que o transelevador funciona independentemente nos eixos horizontal, vertical e transversal. O detalhamento e modelagem também seguiram essa divisão. No final de cada processo foi feito a montagem dos conjuntos formando o transelevador. A seguir será detalhado cada eixo.

3.3.3.1 Componentes do eixo horizontal

A estrutura do eixo horizontal montado com perfil formando uma base retangular para sustentação para os demais componentes. Em cima, ao retângulo foram adicionados dois mancais que servem de apoio para eixos lineares onde posteriormente serão os apoios para os *Pillow Blocks* (figura 44). No perfil do centro do retângulo foi adicionada uma corrente, a qual servirá para transmissão de potência e para gerar o movimento no eixo horizontal.

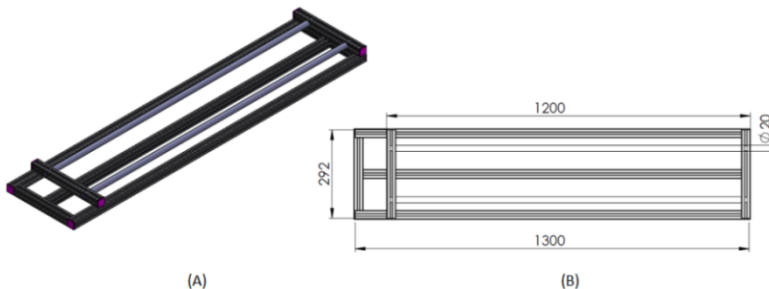


FIGURA 44 – Estrutura do transelevador - Eixo horizontal

Fonte: Autores

Os perfis para o retângulo e o eixo linear de diâmetro de 20 mm foram comprados já no comprimento projetado. Entretanto foi necessária a fabricação dos mancais. A partir do perfil extrudado foram produzidos dois furos para o assentamento dos eixos lineares. Na figura 45 é mostrada a peça modelada (A) e o dimensional (B).

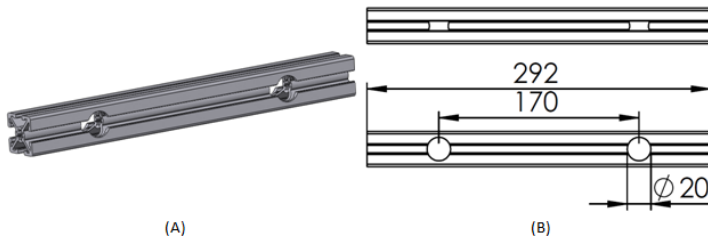


FIGURA 45 – Mancal - Eixo horizontal

Fonte: Autores

3.2.2.1 Componentes do eixo vertical

Baseado no mesmo conceito do eixo horizontal foi montado um retângulo para eixo vertical com mancais para assentamento dos eixos lineares, entretanto o dimensional dos componentes é diferente. No eixo vertical foi necessário construir uma estrutura horizontal para sustentação dos *Pillow Blocks*, motores do eixo horizontal e dar sustentação ao retângulo do eixo vertical. A estrutura ficou similar a um “L”. Veja mais detalhes na figura abaixo.

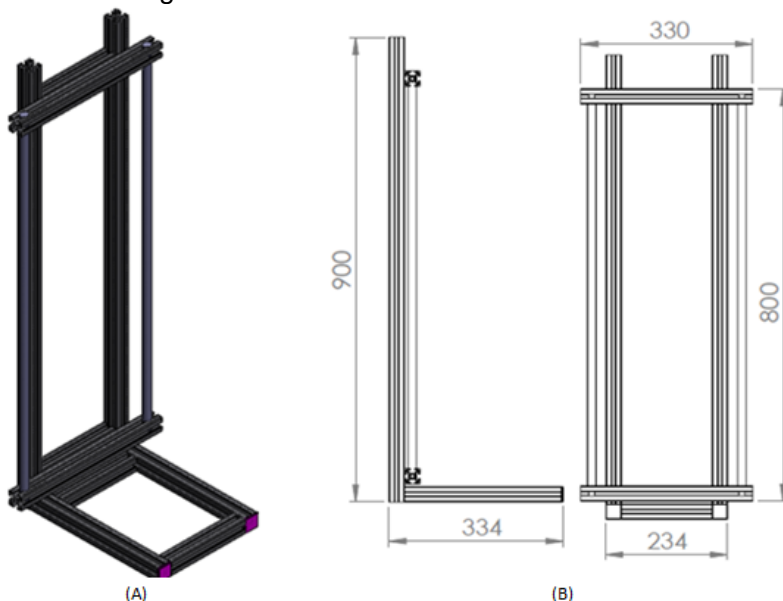


FIGURA 46 – Estrutura do transelevador - Eixo vertical
Fonte: Autores

Ao contrário do eixo horizontal, o vertical também foi adicionado uma série de componentes como:

- Motor
- Engrenagem Cônica
- Eixos
- Pinhão da corrente
- Mancais

- Suporte do motor vertical
- Suporte de alumínio para *Pillow Block* e motor (horizontal)
- *Pillow Block*

A figura 47 mostra os componentes.

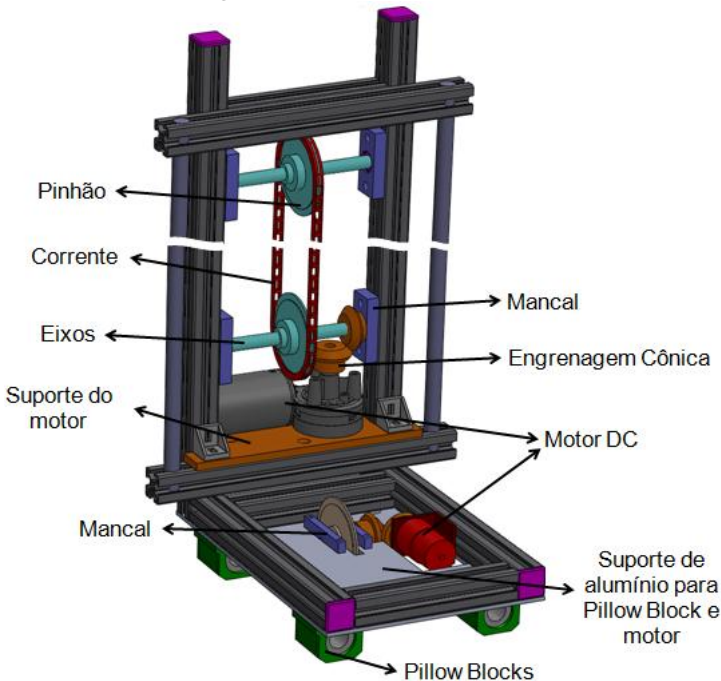


FIGURA 47 – Eixo vertical com componentes
Fonte: Autores

Portanto para obter movimentação no eixo horizontal o motor gira e coloca em movimento a engrenagem cônica que faz a transmissão para o eixo que está acoplado ao pinhão, na qual faz movimentar todo o conjunto e os Pillow Blocks vão garantir o movimento linear.

No eixo vertical o sistema de movimentação é semelhante, entretanto existe uma corrente em volta de dois conjuntos de mancais e pinhões garantindo a transmissão de potência. Neste eixo é necessário um motor com um torque maior devido a maior carga.

3.3.3.2 Componentes do eixo transversal

No eixo transversal, também chamado de eixo “Z” foi montada uma estrutura para a movimentação do palete. Sua construção com perfil é similar aos demais eixos. A figura abaixo mostra o modelamento (A) e as dimensões (B).

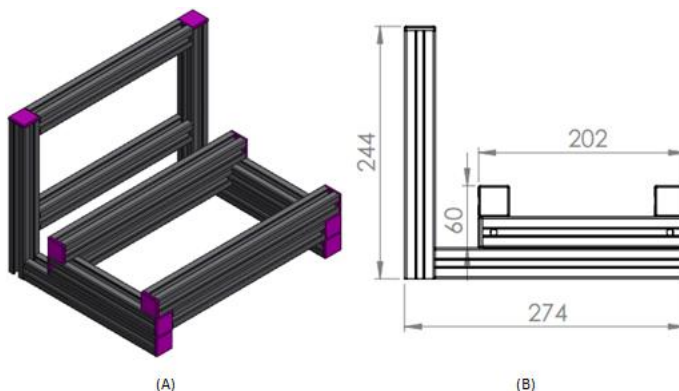


FIGURA 48 – Estrutura do transelevador - Eixo transversal
Fonte: Autores

Neste eixo foi adotada corrediça telescópica como sistema de guia para plataforma que movimentará a mesa. A transmissão de potência é feita por motor, engrenagem cônica, eixo acoplado no pinhão e com cremalheira. Abaixo está a lista de todos componentes acoplados na estrutura transversal, como:

- Motor
- Engrenagem Cônica
- Eixos
- Mancais
- Pinhão da cremalheira
- Cremalheira
- Suporte de alumínio para *Pillow Block*
- *Pillow Block*
- Mesa deslocamento dos paletes

Na figura 49 estão alguns dos componentes mencionados.

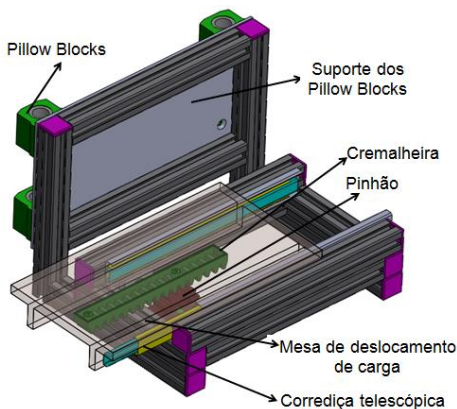


FIGURA 49 – Eixo transversal com componentes
Fonte: Autores

3.3.3.3 Componentes do Armazém

Também foi projetado um mini armazém para que o transelevador possa fazer o deslocamento dos paletes. O armazém é composto por 3 andares com 3 colunas de posicionamento cada, dando no total de 9 posições de estoque.

O armazém é composto de perfil parafusado. O paleta foi produzido em madeira. Nas figuras a seguir (50 e 51) podemos visualizar o modelamento do armazém com os paletes nas posições de estocagem.



FIGURA 50 – Armazém com mini paletes
Fonte: Autores

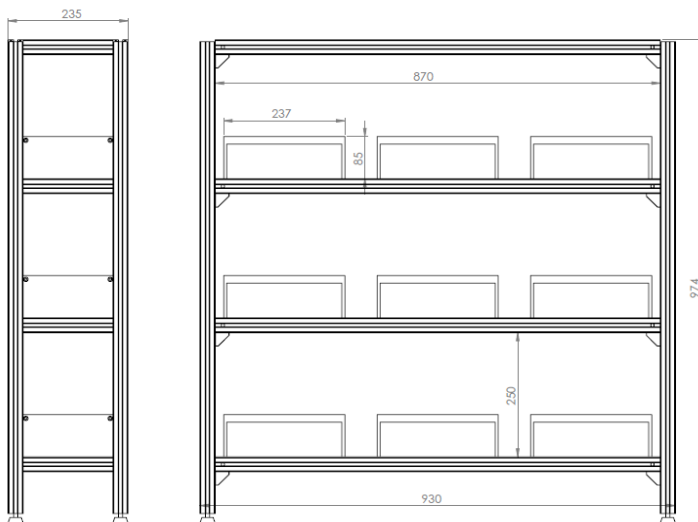


FIGURA 51 – Armazém com dimensões
Fonte: Autores

3.3.3 Lista de materiais

Posterior a modelação foi feito lista de materiais necessários para fabricação das peças mecânicas. Alguns materiais foram adquiridos de equipamentos usados ou de matéria prima disponível no IFSC. Na tabela abaixo estão descrito apenas os itens adquiridos comercialmente.

	Componente	Quantidade
Eixo Horizontal	Perfil de alumínio	4888 mm
	Cantoneira 45°	8 pçs
	Porca martelo	28 pçs
	Eixo linear ø20 mm	2 pçs
	Pillow Block para 20 mm	4 pçs
	Corrente	1 pç
	Engrenagem cônica Nylon	2 pçs
	Rolamentos	2 pçs
	Motor DC	1 pç

Eixo Vertical	Perfil de alumínio	3764 mm
	Cantoneira 45°	5 pçs
	Porca martelo	20 pçs
	Eixo linear ø16 mm	2 pçs
	Pillow Block para 16 mm	4 pçs
	Corrente	1 pç
	Engrenagem cônica Nylon	2 pçs
	Rolamentos	4 pçs
	Motor DC	1 pç
Eixo Transversal	Perfil de alumínio	3180 mm
	Cantoneira 45°	4 pçs
	Porca martelo	23 pçs
	Corrediça telescópica	2 pçs
	Pinhão	1 pç
	Cremalheira	1 pç
	Engrenagem cônica Nylon	2 pçs
	Rolamentos	2 pçs
	Motor DC	1 pç
Armazém	Perfil de alumínio	12240 mm
	Cantoneira 45°	16 pçs
	Porca martelo	32 pçs

TABELA 9 – Lista de materiais e custo

Fonte: Autores

3.3.3 Fabricação das peças

O processo de fabricação mecânica exigiu bastante esforços, tanto no planejamento bem como a produção das peças. Na fabricação das peças foram utilizados os seguintes métodos / equipamentos:

- Corte;
- Desbaste e faceamento em fresadora convencional;
- Furação em furadeira de bancada e fresadora convencional;
- Rosqueamento;
- Torneamento;
- Peças com geometria mais complexas produzidas em centro de usinagem CNC – Controle Numérico Controlado.

No anexo B estão detalhadas as peças que foram mais complexas para produção no laboratório de mecânica.

3.3.3 Montagem Mecânica

Os subconjuntos do eixo transversal foram montados no eixo vertical, e esse montado no eixo horizontal. A figura abaixo mostra como ficou a mecânica do transelevador.

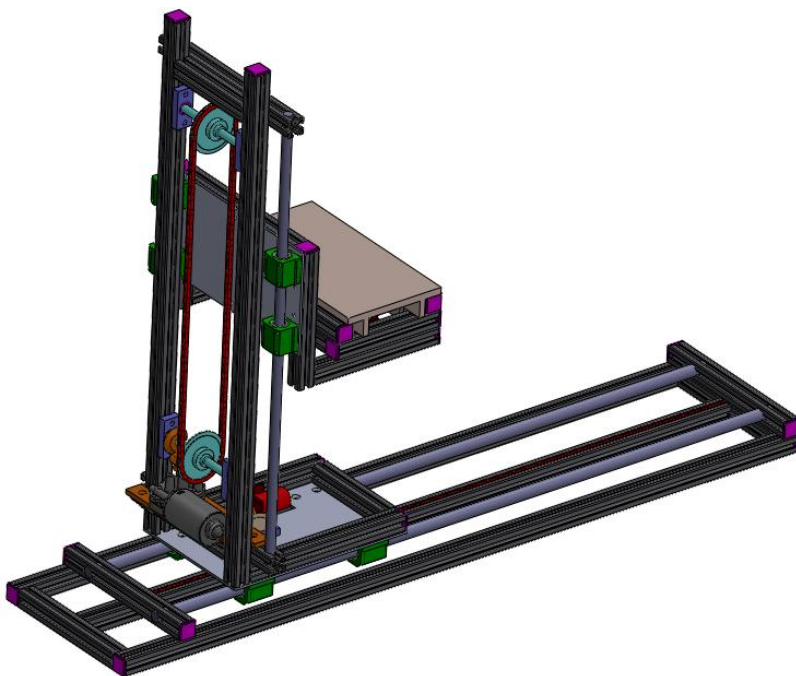


FIGURA 52 – Transelevador completo modelado

Fonte: Autores

Vários pequenos ajustes foram necessários, desde apertos e adição de novos parafusos, como ajustes na base dos *Pillow Blocks*, pois havia uma interferência entre elas. Os maiores problemas foram a flambagem das guias de $\varnothing 20\text{mm}$ no eixo horizontal e o excesso de massa do conjunto mesa e eixo

transversal, fazendo que o motor do eixo vertical tivesse dificuldade em levantar o eixo transversal (onde está preso a mesa para deslocamento do palete).

Para correção dos problemas, foram adicionadas quatro rodas junto ao eixo vertical, distribuindo a massa para os perfis de alumínio, diminuindo assim a flambagem das guias. Para o segundo problema, não foi possível diminuir a massa do eixo transversal, e como não havia outro motor com maior torque disponível no IFSC, foi projetado, fabricado e montado um contrapeso junto a corrente no eixo vertical, fazendo com que o motor que antes trabalhava no limite, agora com contrapeso trabalhasse mais folgado. Na figura 53 está a foto do transelevador montado, com as duas soluções mencionadas.



FIGURA 53 – Foto do Transelevador
Fonte: Autores

3.3 Estrutura elétrica

3.3.3 Fase conceitual – Projeto

Para execução da montagem de toda a estrutura elétrica optamos primeiramente pela elaboração de diagrama elétrico, sendo que o mesmo foi realizado com auxílio de software dedicado a essa aplicação (CAD Elétrico). Essa ação foi necessária, pois o projeto é complexo, sendo assim exigiu cuidados redobrados, pois não estávamos dispostos a cometer falhas; onde poderiam exigir retrabalhos futuros. Como etapa de estruturação do projeto, estudamos o tipo de controle que poderíamos realizar com os motores disponíveis para operação dos eixos “X” (M1) e “Y” (M2) do conjunto Transelevador, assim a opção foi o uso de 01 peça de relé de estado sólido, mais 02 peças de relés acopladores, todos operando em 24Vcc, segue diagrama elétrico para os circuitos de controle e potencia do motor - M1 (figura 54).

Para executar o controle do eixo horizontal mostrado na figura anterior, o princípio de funcionamento é realizado da seguinte forma: inicia-se com o fechamento do relé de estado sólido (R1) em sua bobina nos terminais de ligações A1 e A2, sendo que no ponto A1 liga-se o condutor positivo (+) e no A2 liga-se o condutor negativo (-); conseqüentemente fecha-se o contato auxiliar aberto (NA) nos terminais 11 e 14, assim temos o sinal gerado pelo CLP para o controle PWM; seguindo em direção aos demais pontos do diagrama de controle, estes por sua vez são os contatos auxiliares (NAF) dos relés acopladores (R2 e R3), posteriormente em conjunto com os contatos (NF) das chaves fim de curso (FC1 e FC2) executam o acionamento do motor (M1), assim realizam-se as rampas de aceleração e desaceleração, para a movimentação nos dois sentidos do mecanismo. Lembramos que para fechamento dos contatos dos relés acopladores R2 e R3, são necessárias as ligações dos terminais A1 (condutor positivo) e o A2 (condutor negativo)

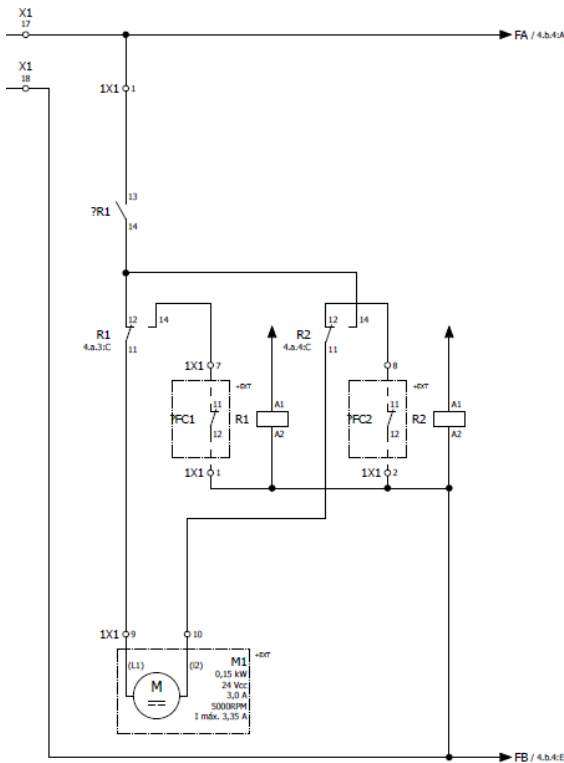


FIGURA 54 – Diagrama elétrico eixo X – Motor (M1)
Fonte: Autores

Outro fato importante a mencionar é que para a troca de rotação do motor, os relés acopladores terão que operar de forma simétrica, portanto sempre juntos, sendo que na posição energizado o mesmo terá um sentido de rotação (exemplo – direita), ou a outra maneira é com os dois relés deserenergizados, assim invertendo o sentido de giro, portanto para o lado esquerdo. Ressaltamos que as chaves fim de curso que estão do diagrama dos eixos horizontal e vertical são exclusivamente para o sistema de proteção (desligamento do motor acionado), pois pode haver problemas ou falhas durante o processo de programação do CLP, assim podemos garantir a segurança do sistema. Com a definição da movimentação do eixo “X”, chegamos à conclusão que para o eixo “Y” o mesmo controle

para o controle PWM. Os demais pontos do diagrama de controle deste eixo, ou seja, os contatos auxiliares (NAF) dos relés acopladores (R5 e R6) executam o acionamento do motor (M2), em conjunto com os contatos das chaves fim de curso (FC3 e FC4). Realizam as rampas de aceleração e desaceleração, para a movimentação nos dois sentidos do mecanismo, operados da mesma maneira que o sistema anterior, onde após o chaveamento PWM, através do relé R4, os demais R5 e R6 trabalharão em conjunto, em dois estágios. Os relés ligados ao motor fazem o eixo subir e com os mesmos desligados a plataforma desce.

O projeto terá que conter sensores ópticos para sensoriamento da movimentação onde poderemos ter com precisão a leitura dos pontos de movimentação dos eixos “X e Y”.

Pra movimentação do eixo “Z”, optamos na fase de desenvolvimento o seguinte princípio de funcionamento, mostrado na figura 56.

Na operação do eixo “Z”, sendo que este terá como função a movimentação da plataforma para frente ou para trás, onde seu principal objetivo é de buscar o palete de uma posição pré-determinada, ou para levá-lo para qualquer outro para outra posição no mini-armazém, o funcionamento é iniciado com o fechamento do relé de estado sólido (R7) em sua bobina nos terminais de ligações A1 e A2; posteriormente fecha-se o contato auxiliar aberto (terminais 11 e 14) assim temos a tensão de 24 V cc prosseguindo em direção aos demais pontos do diagrama de controle deste eixo, estes por sua vez são os contatos normalmente fechados (NF) das chaves fim de curso (FC5 e FC6), assim em conjunto com os contatos auxiliares (NAF) dos relés acopladores (R8 e R9), efetuam o acionamento do motor (M3), realizando a movimentação nos dois sentidos do mecanismo, entretanto para este caso a maneira de operação será diferente dos demais já mencionados, pois não haverá necessidade de sinal chaveado, tipo PWM, portanto na tensão nominal de 24 Vcc estável.

Os relés R8 e R9 trabalharão separados, onde um poderá estar energizado e o outro desenergizado, assim o motor movimentará a plataforma em determinado sentido, e quando o mesmo estiver desligado, porém com o segundo relé ligado a movimentação será no sentido oposto.

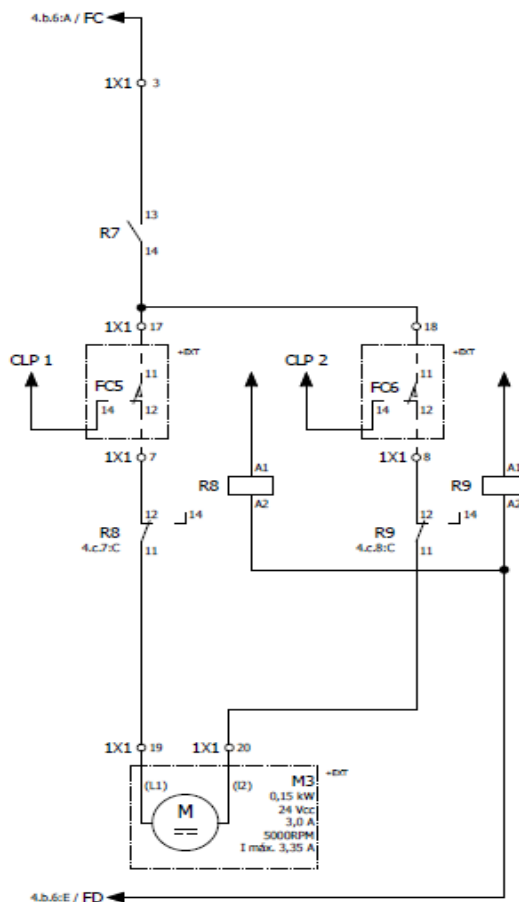


FIGURA 56 – Diagrama elétrico eixo Z – Motor (M3)
Fonte: Autores

Lembramos que quando os relés estiverem energizados simultaneamente ou ambos desenergizados o motor M3 não funcionará. Ressaltamos que para este caso as chaves fim de curso terão importante função, na qual desligarão a movimentação da plataforma, independentemente do sentido de movimentação, pois estarão localizadas nas extremidades do conjunto.

3.3.3 Levantamentos dos componentes

Com a etapa de projeto e de estudo das funcionalidades a serem executadas, realizamos o levantamento dos componentes necessários e de suas respectivas quantidades, para montagem do projeto final, listamos a seguir:

- 1) Caixa /painel em material termoplástico e acrílico (200x300mm) – 01 peça;
- 2) Bornes tipo parafuso (2,5mm²) – 23 peças;
- 3) Trilho DIN/35mm – 250mm;
- 4) Relé acoplador 24Vcc – 06 peças;
- 5) Relé de estado solido – 03 peças;
- 6) Cabos 1,0mm² com isolação em PVC/nas cores vermelha, azul e branco – 2 metros/cada;
- 7) Cabo tipo “Flat” 16 vias – 5 metros ;
- 8) Cabo 2 vias de 0,5mm² com isolação em silicone – 3 metros;
- 9) Terminal tubular 0,75mm²/simples – 100 peças;
- 10) Terminal tubular 0,75mm²/duplo – 50 peças;
- 11) Prensa cabo 13,5 – 02 peças;
- 12) Esteira porta cabos 20mm de largura e 1500mm de comprimento;
- 13) Esteira porta cabos 10mm de largura e 800mm de comprimento;
- 14) Espiral tube de ½ e ¼ de polegada - ambos com 600mm de comprimento;
- 15) Chave fim de curso com rolete – 04 peças;
- 16) Chave fim de curso com haste + rolete – 02 peças;
- 17) Motores eixos “X e Z” de 24Vcc - 35rpm - 7,18W – 02 peças;
- 18) Motor eixo “Y” de 24Vcc - 45rpm - 46W – 01 peça;
- 19) Sensores ópticos – 02 peças.

3.3.3 Montagem elétrica do projeto

Com a reunião de todos os componentes necessários para a realização da montagem elétrica do projeto, sejam os mesmos comprados e/ou adquiridos do campus, iniciamos a montagem

da estrutura. Esta etapa do trabalho foi realizada após a montagem mecânica, iniciando com a fixação dos motores, posteriormente dos sensores mecânicos (chaves fim-de-curso) e dos sensores ópticos, bem como das esteiras porta cabos.

Com a finalização etapa anterior conseguimos uma melhor visualização de qual a melhor opção para colocação do painel elétrico (caixa termoplástica), este tem como finalidade o controle de todo o sistema em conjunto com outros dois componentes importantíssimos (CLP) e software supervisor, na qual optamos pela fixação em uma das extremidades do conjunto – Transelevador.

A colocação dos cabos foi a terceira etapa do conjunto elétrico, onde optamos por seguir uma metodologia de montagem mais industrial, seguindo a tendência de fabricantes de máquinas e de montadores de painéis elétricos, os cabos deveriam estar bem alinhados, sem possíveis pontos de quebra nas articulações, ideais para todas as movimentações; nesta etapa realizamos também as instalações das esteiras porta cabos (nos eixos “X” e “Y”).

Com os motores, sensores, cabos principais colocados, partimos para a etapa em que estruturamos o painel elétrico, montagem do trilho DIN, bornes bem como os relés (acopladores e de estado sólido) e do conector “*Centronics*” para comunicação com o CLP. Posteriormente optamos na colocação dos cabos com os terminais apropriados para tal montagem – tubulares para crimpagem, pois nossa intenção foi de deixar o projeto como encontramos na indústria; apenas na colocação do conector “*Centronics*” é que realizamos a fixação dos cabos com solda (estanho).

Todos os procedimentos anteriores foram realizados sempre seguindo o projeto/diagrama elétrico, na qual podemos relatar que este por sua vez foi de suma importância, pois um projeto com inúmeros motores, sensores e cabos não seria possível sem o mesmo. Nas figuras 57 a 60 é possível verificar alguns dos componentes utilizados na montagem do projeto elétrico.

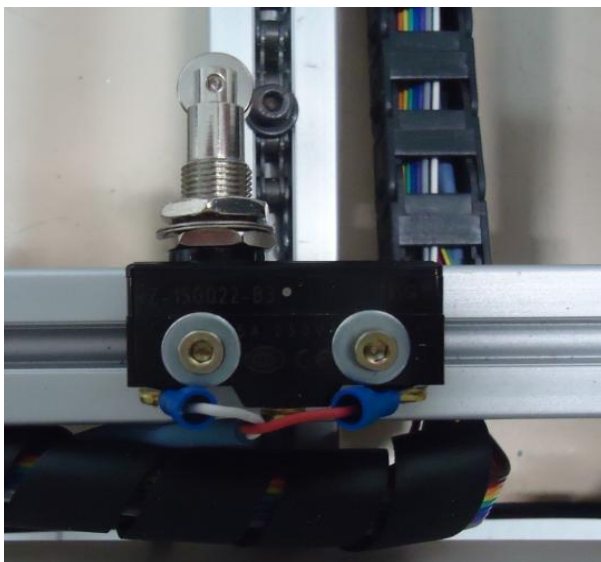


FIGURA 57 – Chave de fim de curso dos eixos “X e Y”.
Fonte: Autores



FIGURA 58 – Motor de movimentação - eixo “X ”.
Fonte: Autores

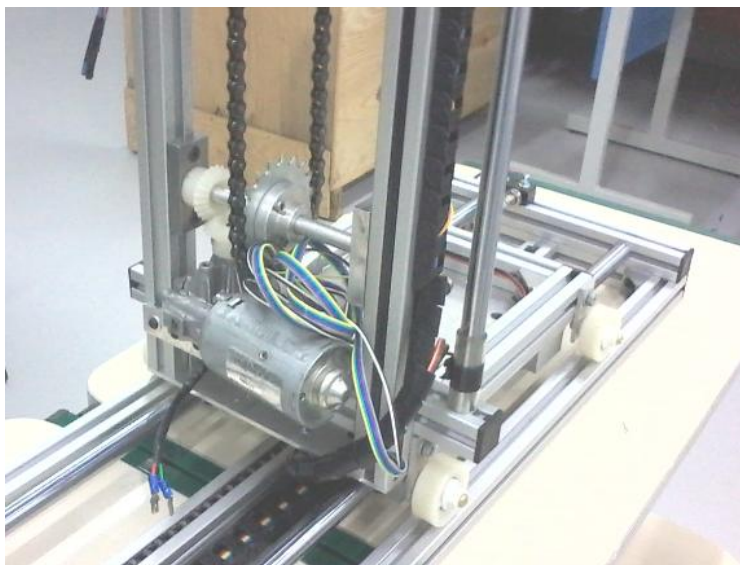


FIGURA 59 – Motor de movimentação - eixo “Y”.
Fonte: Autores

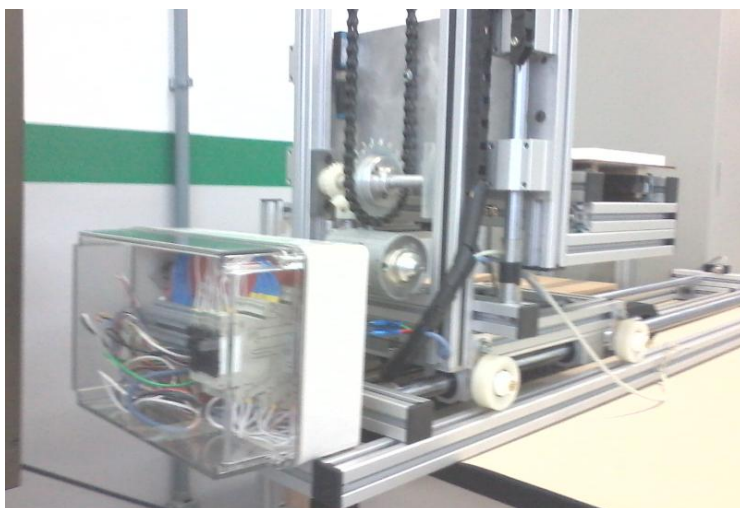


FIGURA 60 – Painel elétrico.
Fonte: Autores

3.3.3.1 Problemas na parte elétrica

Um dos problemas encontrados na parte elétrica foi que os reles acopladores não funcionam de modo estável se alimentados com tensão abaixo de 24 Vcc. Esse problema tomou um bom tempo para ser descoberto e foi um ponto de atenção para os demais testes.

Dois reles de estado sólido apresentaram defeito o que demanda maior pesquisa e testes, para identificação das causas. O uso de fusível de proteção rápida é recomendado.

Outro problema encontrado foi no sensor ótico do eixo vertical. O mesmo apresentou instabilidade de leitura, que pode ser justificado pelo fato de ser um componente usado. Apesar da troca do componente por outro do mesmo modelo, não foi encontrado a causa raiz do problema.

3.4 Sistema de Controle

Para o controle e movimentação do transelevador foi utilizado o CLP modelo Siemens S7-200 e a programação foi desenvolvida no software STEP 7-Micro/WIN versão 4.0 com a linguagem *ladder*. Em conjunto com o CLP foi utilizado software supervisorio Elipse Scada. Este é uma versão demonstração limitada a 20 *tags*, o que limita o desenvolvimento de um projeto mais sofisticado.

O programa montado no CLP é composto de dois conjuntos: uma estrutura de comunicação com o software supervisorio, e conjunto da lógica de movimentação. Nesta foram criadas sub rotinas para cada eixo do transelevador (horizontal, vertical e transversal).

No eixo horizontal e vertical, foram montados programação com PWM. Entretanto alguns testes foram executados e o mesmo apresentou problemas de instabilidade. Devido a esses problemas, a programação foi alterada, retirando-se os PWMs, e trabalhando com os reles apenas no modo *on/off*. A programação em *ladder* está em formato PDF dentro do CD que acompanha o trabalho.

Para controle do CLP foi necessário utilizar um *driver* chamado “comunica”. Com o drive foi possível interligar dois computadores, um rodando o STEP 7 e outro Elipse Scada. Isso possibilitou monitoramento e controle em tempo real.

Inicialmente foi planejado o controle do supervisorio de forma automática e com o sistema RFID. No entanto a disponibilidade de tempo inviabilizou sua execução. Por outro lado, foram criadas rotinas para controle do CLP de forma semi-automática, na qual o eixo horizontal funcionou perfeitamente. A programação do eixo vertical funcionou parcialmente, apresentando problema com sensor ótico, conforme descrito anteriormente. O eixo transversal não foi implementando uma rotina no Elipse. Na figura abaixo está imagem do aplicativo desenvolvido.

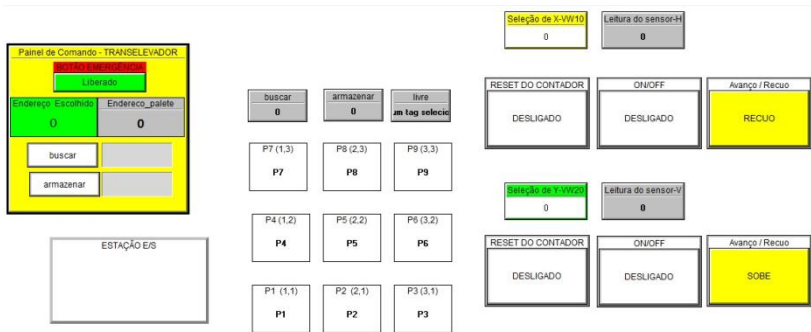


FIGURA 61 – Aplicativo Elipse
Fonte: Autores

No anexo C foram incluídos os sensores utilizados no projeto e suas principais características, bem como a forma de ligação. No Anexo D podem ser visualizadas as conexões elétricas que interligam o transelevador ao CLP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido um transelevador didático, mostrando tanto as fases para desenvolvimento do equipamento, como a concepção do projeto, modelamento, fabricação, montagem, e testes. Deste modo, os autores consideram que o objetivo foi alcançado com êxito e todos os tópicos mencionados no objetivo específico foram alcançados. Esse resultado só foi possível devido a integração das unidades curriculares das áreas de mecânica, eletroeletrônica e programação.

Os maiores desafios na execução foram atender orçamento disponível, qualidade e prazo. Várias horas de dedicação foram necessárias, principalmente na fabricação das peças, apesar de alguns componentes terem sido adquiridos no comércio com as dimensões projetadas. Tanto a qualidade como orçamento nos exigiu habilidade na administração do tempo. Observou-se que o cronograma planejado foi subestimado em função da magnitude do projeto e sua execução.

Entretanto o trabalho despertou a atenção para o potencial da mecatrônica, e motiva a investir em desenvolvimentos com aplicação das ferramentas assimiladas nas unidades curriculares. Isto proporcionou novos conhecimentos e sinalizou oportunidades de melhorias que serão descritas a seguir.

Oportunidades de melhoria

A construção do transelevador descrita nesse projeto deve ser encarada apenas como um primeiro passo vencido. Existem inúmeras oportunidades de potencializar o uso desse equipamento nas diversas disciplinas do curso, o que poderá ampliar os conhecimentos e experiências de novos alunos.

Os autores visualizaram algumas possibilidades dos seguintes aprimoramentos:

- Implementação de sensores de posição (encoders);
- Fixação da estrutura do transelevador a estante de prateleiras, para aumentar a rigidez;

- Troca da mesa do eixo transversal por uma solução estilo “garfo de empilhadeira”;
- Utilização do RFID para maior agilidade logística.

Esses complementos ampliarão o nível de automação, além de serem oportunidades de seqüenciamento para outras turmas no aspecto educativo.

Outro potencial é a integração do transelevador com as outras células de manufatura disponíveis no campus de Joinville, como esteiras, célula flexível de manufatura, robô da ABB e ainda possibilidade de conexão em outros ambientes como LABVIEW e Mathlab.

REFERÊNCIAS

Albrecht. **Sistema de Armazenagem Automatizado**. Catálogo. Disponível em: < http://www.albrecht.com.br/pt-br/pdf/Sistema_de_Armazenagem_Automatizado.pdf>. Acesso em 20 nov 2013.

ARAÚJO, Raimundo Nonato Medeiros de. **Trabalho de conclusão de curso – TCC**. Disponível em: <<http://daroncho.com/tcc/tcc52-raimundo.pdf>> Acesso em 24 nov. 2013.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2010

BRAGA, Newton C. **Como funciona o motor de corrente contínua**. Artigo internet. Disponível em: < <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em 26 out 2013.

CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial: Controle do Movimento e Processos Contínuos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

CURZEL, Jeferson Luiz. **Controlador Lógico Programável - CLP S7 200**. Slides. Disponível em: < http://www.joinville.ifsc.edu.br/~jlcurzel/CLP/3%20-%20CLP%20S7_200/PARTE%201%20-%20CLP%20S7200%20IFSC.pdf>. Acesso em: 24 nov 2013

CURZEL, Jeferson Luiz. **Sensores Industriais**. Slides. Disponível em: <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~jlcurzel/CLP/1%20-%20Sensores%20Industriais/Parte%202%20-%20SENSORES%20INDUSTRIAIS_2013.pdf>. Acesso em: 24 nov 2013

DHL. **An inside look at a storage facility**. Artigo. Disponível em: < http://www.dhl-discoverlogistics.com/cms/en/course/tasks_functions/warehouse/stations.jsp >. Acesso em 07 set 2013.

FAMAK Automação Industrial. **Linha de Perfis Modulares e Acessórios**. Catálogo. Disponível em: <<http://www.famak.com.br/imagens/conteudo/download/catPerfis.pdf> >. Acesso em 24 nov 2013.

FONSECA, J. O, TAVARES, J. M. R. S., **Introdução ao SolidWorks: Funcionalidades Básicas**. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/Downloads/Apontamentos/SolidWorks%20I.pdf>> Acesso em 24 nov. 2013.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2007

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson / Prentice Hall, 2011.
ROSÁRIO, João Maurício. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

KALATEC Automação. **F006 WMO 310**. Datasheet. Disponível em: < http://www.kalatec.com.br/Motor_Bosch/F006_WM0_310.pdf > Acesso em 22 out 2013.

MECALUX. **Transelevadores para paletes**. Catálogo. Disponível em: <<http://www.mecalux.com.br/external/catalogue/pt-BR/pdf/transelevadores-paletes-bra-72924.pdf>>. Acesso em 24 nov 2013.

MECALUX. **Transelevadores para caixas**. Catálogo. Disponível em: <<http://www.mecalux.com.br/external/catalogue/pt-BR/pdf/transelevadores-caixas-bra-72927.pdf>>. Acesso em 20 nov 2013.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial PLC: Teoria e Aplicações: Curso Básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

ROCHA, Paulo César Alves. **Logística e Aduana**. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2013

SIEMENS. **S7-200 Programmable Controller System Manual**. Manual. Disponível em: <https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/jU/jUwMTA5AAAA_1109582_HB/s7200_system_manual_en-US.pdf>. Acesso em: 22 out 2013.

SIEMENS. **Controlador Programável SIMA TIC- S7-200**. Datasheet. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/interfaces-de-seguranca/plc-de-seguranca/simatic-s7-200/Documents/Controlador%20Program%C3%A1vel%20SIMATIC%20-%20S7-200.pdf>>. Acesso em 15 nov 11 2013.

SILVA, Clodoaldo. **Sensores Industriais discretos**. Apostila. Disponível em: <<http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Apoio%20001%20-20Sensores%20industriais.pdf>>. Acesso em: 27 jul 2013

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXO A – Brainstorming

Requisitos	Soluções	Vantagens	Desvantagens	Motivo da escolha
1) Sistema de Controle				
1.1) Hardware	CLP	Confiabilidade Uso industrial Software dedicado Dimensões reduzidas Disponibilidade no IFSC	Custo elevado Necessidade de programador técnico	Confiabilidade Disponibilidade e no IFSC
	Sistema embarcado Arduino	Baixo custo	Menor confiabilidade	--
	PC Industrial	Velocidade de processamento	Alto custo	--
	Eletromecânico	Baixo custo Confiabilidade	Lógica complexa e inflexível Elevada quantidade de componentes	--
1.2) Software	Elipse Scada	Interface amigável Integração via rede e CLP Acesso via internet	Custo de atualizações Manutenção Baixa velocidade de comunicação	Integração via rede e CLP
	Linguagem C	Flexibilidade de programação Simplicidade	Segurança limitada Limitação em rede	--
	Windows/TwinCat	Menor quantidade de programas	Eventuais travamentos	--
2) Sensoriamento	Encoder	Precisão Alta resolução Alta repetitividade	Custo Frágil	--
	Resolver	Custo reduzido Robustez	Sensíveis a vibração e temperatura	--
	Sensores indutivos / magnéticos	Baixo custo Tamanho reduzido Disponibilidade no IFSC	Limitado a materiais ferromagnéticos	Tamanho reduzido Disponibilidade e no IFSC
3) Estrutura do transelevador	Perfil de alumínio extrudado	Peso reduzido Rapidez de montagem	Alto custo Rigidez mecânica limitada	Peso reduzido Rapidez de montagem
	Perfil de aço (quadrado)	Baixo custo Rigidez mecânica	Peso Custo Maior necessidade de processo Tratamento contra corrosão	--
	Perfil de aço (tubular)	Baixo custo Peso reduzido	Baixa rigidez mecânica Dificuldade de montagem	--
	Madeira	Baixo custo Facilidade de corte e furação	Baixa durabilidade Sensível a umidade Manutenção periódica	--

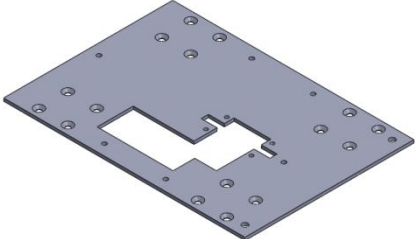
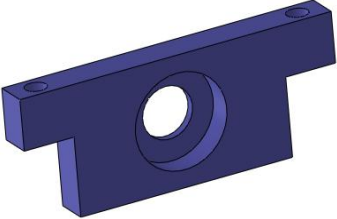
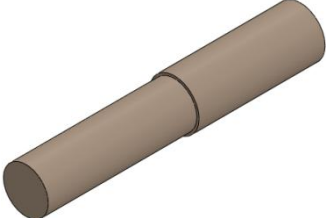
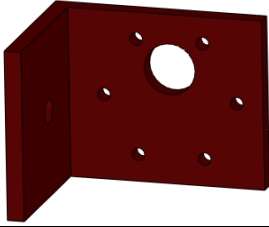
4) Sistema de movimentação e transmissão de potência				
4.1) Movimentação Eixos X, Y e Z	Guias Lineares + carro	Precisão Robustez	Alto custo	--
	Exo com rolamento linear + Pillow block	Precisão Confiabilidade Robustez Baixo Custo	Custo médio	Confiabilidade Custo
	Corrediças Telescópicas	Baixo Custo	Baixa precisão Baixa rigidez mecânica	--
	Rolamento com cantoneira	Baixo custo	Ruidoso Baixa precisão	--
	Rolamentos em 120° sobre eixo cilíndrico	Simplicidade	Estrutura volumosa Montagem complexa	--
4.2) Transmissão de potência	Fusos de esferas	Robustez Precisão	Alto custo	--
	Corrente / Engrenagem	Baixo custo Alto torque	Baixa precisão Sujeito a falhas Ruidoso	Baixo custo
	Correia dentada	Baixo custo	Sujeito a falhas, rompimentos	--
	Eixo trapezoidal	Maior precisão Menor custo relativo	Alto custo	--
	Cremalheira	Baixo custo Fácil Manutenção	Baixa precisão Ruidoso	--
	Sist. Linear transporte*	Baixo nível de ruído Precisão Flexibilidade de configuração	Alto custo	--
5) Motor	Motor de passo	Baixo custo Tamanho reduzido Boa adaptação a lógica digital Média facilidade de controle Ótima durabilidade	Limitado a baixas potências Controle complexo Ressonância por controle inadequado Baixo desempenho em altas velocidades Má relação potência x volume	--
	Motor DC com redução	Facilidade de controle Durabilidade média	Baixa precisão Baixa velocidade	Facilidade de controle
	Servo Motor	Alta precisão Média durabilidade Alto torque	Alto custo Controle complexo	
	Motor de indução com inversor	Boa relação torque x velocidade Flexibilidade no controle	Alto custo	

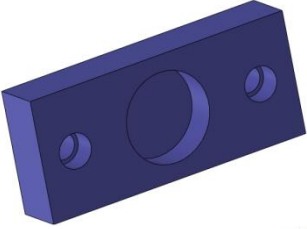
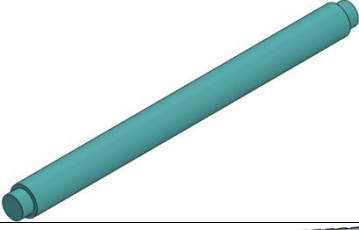
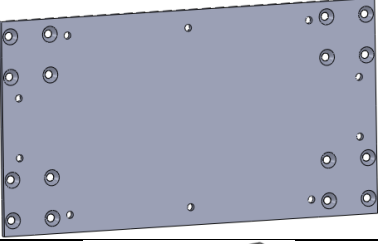
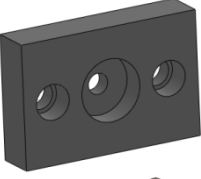
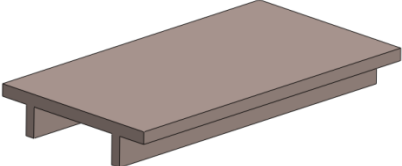
6) Sistema de Segurança	Sensores magnéticos / indutivos	Baixo custo	Limitado a materiais ferromagnéticos	Baixo custo
	Chave eletromecânica (fim de curso)	Flexibilidade de montagem Baixo custo	Piças móveis sujeitas a desgastes Nem todas as aplicações podem usar detecção por contato	Baixo custo
	Barreira fotoelétrica	Precisão Alta resolução	Custo	—
7) Plataforma de movimentação do palete	Garfo	Mais adequado ao paleta padrão Capacidade para cargas pesadas	Mecânica mais complexa	—
	Mesa	Indicado para cargas médias Facilidade de construção	Volume maior	Facilidade de construção
	Garra	Indicado para pequenas cargas	Limitada a cargas leves	—

ANEXO B – Peças fabricadas no laboratório de mecânica

Legenda:

- 1) Nome da peça
- 2) Quantidade de peças produzidas
- 3) Tipo de operação no processo de fabricação

	<ol style="list-style-type: none"> 1) Suporte dos <i>Pillow Blocks</i> 2) 1 peça 3) Corte, faceamento e furação
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mancal 2) 2 peças 3) Corte, faceamento, furação, fresamento na CNC
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Eixo transmissão potencia – Horizontal 2) 1 peça 3) Corte, torneamento
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Suporte do motor (horiz.) 2) 1 peça 3) Corte, faceamento, furação

	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mancal 2) 4 peças 3) Corte, faceamento, furação, fresamento na CNC
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Eixo transmissão potencia – Vertical 2) 2 peças 3) Corte, torneamento
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Suporte dos <i>Pillow Blocks</i> 2) 1 peça 3) Corte, faceamento e furação
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mancal 2) 2 peças 3) Corte, faceamento, furação, fresamento na CNC
	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mesa deslocamento 2) 1 peça 3) Corte, faceamento, furação

ANEXO C – Características de sensores utilizados

Sensor	Fabricante	Modelo	Distância do objeto	Saída	Alimentação e Corrente saída	Velocidade
Óptico	Sick	WT9 -2P430	5 a 250 mm	PNP	10 a 30 Vcc	1500 Hz
					<100 mA	
Indutivo		LM8-3002PA	2 mm	PNP-NA	6 a 36 Vcc	500 Hz
		LM8-3002PB		PNP-NF	150mA	
Chave fim de curso	JNG	RZ-15GQ22-B3	0	NA e NF	260 VAC	20 operações / minuto

TABELA 10 – Tipos de sensores

Fonte: Autores

Pino	Cor padrão Norma	Função	Sensor 1 horizontal	Sensor 2 vertical	Sensor Indutivo
			Óptico Sick	Óptico Sick	Encoder
			WL92P430	WL92P430	LM8-3002PAX
1	Marrom	Positivo	Marrom	Roxo	Marrom
3	Azul	Negativo	Laranja	Azul	Azul
4	Preto	Sinal NA	Vermelho	Cinza	Preto

TABELA 11 – Tabela de ligação de sensores

Fonte: Autores

ANEXO D – Cabo de interligação entre CLP e Transelevador

Cabo	Conector	Endereç	Sinal	Descrição do sinal
20 pinos	36 pinos	no CLP		
Preto	1	I0.0	S1	Sensor óptico horizontal
Vermelho	2	I0.1	S2	Sensor óptico vertical
Azul	3	I0.2	S3	Sensor indutivo (encoder)
Amarelo	4	I0.3	FC5	Sensor avanço da mesa - chave fim de curso
Marrom	5	I0.4	FC6	Sensor recuo da mesa - chave fim de curso
Violeta	6	I0.5		
Cinza	7	I0.6		
Laranja	8	I0.7		
Verde	9	I1.0		
Branco	10	I1.1		
Preto	11	I1.2		
Vermelho	12	I1.3		
Azul	13	I1.4		
Amarelo	14	I1.5		
Marrom	15	Q0.0	R1-A2	
Violeta	16	Q0.1	R4-A2	
Cinza	17	Q0.2	R7-A2	
Laranja	18	Q0.3		
Verde	19	Q0.4	R2 e R3-A1	
Branco	20	Q0.5	R5 e R6-A1	
Preto	21	Q0.6	R8-A1	
Vermelho	22	Q0.7	R9-A1	
Azul	23	Q1.0		
Amarelo	24	Q1.1		
	25	24Vcc	Comando	
	26	Negativo		
	27 -31	Negativo	Potência	
	32-36	Positivo		

Observação: No relé de estado sólido (PWM) A1 é ligado no negativo e A2 é ligado no positivo.

TABELA 12 – Cabo de interligação do CLP ao transelevador

Fonte: Autores