

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**BIANOR NUNES NETO
FELIPE FORCELINI
RENAN PEDROZO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMATIZADO COM TROCA
DE DADOS VIA REDE *ETHERNET* NO PROCESSO DE
TRANSPORTE NA FABRICAÇÃO DE LATAS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2013**

**BIANOR NUNES NETO
FELIPE FORCELINI
RENAN PEDROZO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMATIZADO COM TROCA
DE DADOS VIA REDE *ETHERNET* NO PROCESSO DE
TRANSPORTE NA FABRICAÇÃO DE LATAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Automação Industrial, da
Coordenação de Automação
Industrial, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M. Eng. Murilo
Oliveira Leme

PONTA GROSSA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação
Coordenação de Automação Industrial
Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMATIZADO COM TROCA DE DADOS VIA REDE *ETHERNET* NO PROCESSO DE TRANSPORTE NA FABRICAÇÃO DE LATAS.

por

BIANOR NUNES NETO
FELIPE FORCELINI
RENAN PEDROZO

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado(a) em 01 de Abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M. Eng. Murilo Oliveira Leme
Prof.(a) Orientador(a)

Prof. M. Eng. Jeferson José Gomes
Membro titular

Prof. Dr. Sergio Luiz Stevan Junior
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Ao nosso professor Murilo Oliveira Leme que nos orientou e contribuiu decisivamente para a elaboração desse trabalho de conclusão.

Ao amigo Flávio Gilli, supervisor de manutenção elétrica de uma indústria de latas, por nos disponibilizar todos os recursos necessários.

A todos os professores que nos incentivaram e contribuíram para nossa caminhada até este momento de conclusão do curso.

As pessoas que nos ajudaram dentro e fora da universidade, de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho de conclusão de curso e também para a conclusão do curso.

RESUMO

NUNES, Bianor, FORCELINI, Felipe, PEDROZO, Renan. Desenvolvimento de Sistema Automatizado com Troca de Dados via Rede *Ethernet* no Processo de Transporte na Fabricação de Latas. 2013. 73 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este trabalho de conclusão de curso tem por finalidade relatar a automatização de um processo de transportes de latas, com o controle total por meio do CLP e auxílio da IHM e tornando o processo mais eficiente, diminuindo as perdas e tendo mais confiabilidade no resultado final, através da interação da rede *Ethernet* com as outras redes de campos existentes (principalmente a *Devicenet*). O uso da *Ethernet* foi opção viável por ser considerada de fácil manipulação e de grande abrangência na compatibilidade entre os equipamentos. Dessa forma, a comunicação entre os equipamentos tornou-se mais fácil e rápida com o uso desta tecnologia.

Palavras-chave: Automação Industrial. *Ethernet*. Interação entre Redes. Transporte de Latas.

ABSTRACT

NUNES, Bianor, FORCELINI, Felipe, PEDROZO, Renan. Development of Automated System with Data Exchange through Ethernet Network in Process Transportation in Manufacturing Cans. 73 sheets. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2012.

This project aims to perform the relate of a process of transport of cans, with full control using PLC and HMI, making the process more efficient, reducing losses and having more reliability in the final result, through of interaction Ethernet network with other networks of existing fields (mainly Devicenet). The use of Ethernet is an option very viable by be considered easy handling and great coverage the compatibility between devices. Thus, communication between equipment becomes easier and faster with the use of this technology.

Keywords: Industrial Automation. *Ethernet*. Iteration Networks. Transport of Cans.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Níveis Hierárquicos das Redes Industriais.....	18
Figura 2 - Redes de Campo.....	19
Figura 3 - Redes Industriais.....	20
Figura 4 - Topologia Ponto a Ponto	27
Figura 5 - Topologia Barramento	27
Figura 6 - Topologia em Anel.....	29
Figura 7 - Topologia Estrela	29
Figura 8 - Topologia Mista ou Híbrida	30
Figura 9 - Configuração básica de um inversor de frequência.....	38
Figura 10 - Fluxograma de Produção.....	40
Figura 11 - Esteiras das Paletizadoras.....	45
Figura 12 - Layout do Processo	46
Figura 13 - Função BTM.....	49
Figura 14 - Instruções do RSNetWorx for DeviceNet.	50
Figura 15 - Parametrização do valor de frequência.	51
Figura 16 - Instrução de envio do bit à paletizadora.	53
Figura 17 - Recepção do sinal de parada da esteira	53
Figura 18 - Tratamento do sinal de parada da esteira	54
Figura 19 - Programa de Falhas do CLP.	57
Figura 20 - Tela de Alarmes.....	57
Figura 21 - Tela do Alarm Setup.	58

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Paletizadora	41
Fotografia 2 – Pallet pronto após a montagem do mesmo pela Paletizadora.....	42
Fotografia 3 - Cintadora (Strapper).	43
Fotografia 4 - Momento da passagem da cinta pela Cintadora.	44
Fotografia 5 - Momento da transição de pallets entre esteiras.	44
Fotografia 6 - Torre de iluminação para sinalização.	54
Fotografia 7 - Estabilizador com suporte para colocação do sensor de intertravamento.	55

Fotografia 8 - Estabilizador onde foi instalado o sensor de intertravamento.....	56
Fotografia 9 - Histórico de falhas no console.	59
Fotografia 10 - Posicionamento dos sensores na Strapper (Cintadora) definindo os três pontos de parada do pallet para cintagem.	60
Fotografia 11 - Espelhos refletivos para os sensores.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da rede <i>Devicenet</i>	23
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Alternating Current
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BTD	Bit Field Distribute
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
DCS	Digital Control Systems
DINT	Duplo-Inteiros
E/S	Entrada/Saída
FBD	Function Diagram Blocks
I/O	Input/Output
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
IHM	Interface Homem-Máquina
IL	Instruction List
ISDN	Integrated Services Digital Network
LD	Ladder Diagram
ODVA	Open Device Vendor Association
PC	Personal Computer
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
PWM	Pulse-Width Modulation
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RMS	Root Mean Square
RPM	Rotação por Minuto
SFC	Sequential Function Chart
ST	Structured text
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol

V/F Tensão por Frequência
VPN Virtual Private Network

LISTA DE ACRÔNIMOS

CAN Controller Area Network
CIA CAN In Automation
CIP Common Application Layer
MAC ID Media Access Control Intrinsic Development
NEMA National Electrical Manufacturers Association

SUMÁRIO

4	INTRODUÇÃO	11
4.1	TEMA DA PESQUISA	12
4.2	PROBLEMA	13
4.3	HIPÓTESE	14
4.4	OBJETIVOS	14
4.4.1	Objetivo Geral	14
4.4.2	Objetivos Específicos	15
4.5	JUSTIFICATIVA	15
4.6	MÉTODO DA PESQUISA	15
4.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
5	REVISÃO DA LITERATURA	17
5.1	REDES INDUSTRIAIS	17
5.2	<i>DEVICENET</i>	22
5.3	<i>ETHERNET</i>	24
5.4	TOPOLOGIAS DE REDE	26
5.4.1	Ponto a Ponto	26
5.4.2	Barramento	27
5.4.3	Rede em Anel	27
5.4.4	Rede em Estrela	29
5.4.5	Estrutura Mista ou Híbrida	30
5.5	SENSORES	30
5.5.1	<u>Sensores Ópticos</u>	31
5.5.2	Sensores de barreira (Sistema por barreira óptica)	32
5.5.3	Sensores retro-reflexivos	32
5.5.4	Sensor difuso-refletido (sistema de difusão)	32
5.6	CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL)	32
5.6.1	Elementos Comuns	34
5.6.2	Linguagem de programação	34
5.7	INVERSOR DE FREQUÊNCIA	35
5.7.1	Seção Retificadora	36

5.7.2	Blocos do inversor	36
5.8	IHM.....	38
6	DESENVOLVIMENTO	39
6.1	PROCESSO.....	41
6.2	PROGRAMAÇÃO	47
6.3	INTERTRAVAMENTO DE SEGURANÇA NA CINTADORA.....	52
6.4	CONFIGURAÇÃO DE ALARME NA IHM.....	56
6.5	SENSORES ÓPTICOS	59
6.6	RESULTADOS E ANÁLISES.....	61
7	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A muito tempo o homem vem buscando meios para aperfeiçoar as atividades industriais por meio de dispositivos que o ajudem aumentar e facilitar a linha de produção, atreves da mecanização e a automação, podendo assim diminuir os custos ,atender o aumento do consumo e produzir produtos com maior qualidade.

CASSIOLATO (2011) diz que a automação permite reduzir o consumo de energia e matéria prima e ainda fabricar um produto de qualidade a maior. Ela permite elevar os níveis de continuidade e de controle do processo com maior eficiência. Com as novas tecnologias das redes e sistemas digitais, tem proporcionado vários benefícios em termos de manutenção, disponibilidade e segurança operacional. As tecnologias das redes industriais como Fieldbus (Foundation fieldbus, Profibus, HART, DeviceNet, Asi, Ethernet etc. A informação digital e os sistemas verdadeiramente abertos permitem que se colete informações dos mais diversos tipos e finalidades de uma planta.

Com a padronização das redes industriais pode-se conseguir um processo mais confiável e menores ocorrências de falhas.

CASSIOLATO (2011) fala que as tecnologias de redes são importantes para garantir a continuidade do processo com o mínimo de falhas possíveis. Isto se da porque a revolução da comunicação na tecnologia das redes industriais está revelando um enorme potencial na otimização de sistemas de processo.

A crescente evolução dos componentes, métodos de fabricação e capacidade destes equipamentos fez com que imaginasse existir uma comunicação entre equipamentos, primeiramente próximos, e posteriormente em distâncias consideráveis.

De acordo com MOREIRA (2005), esta comunicação virou realidade. Assim surgem as redes corporativas baseadas em um sistema aberto interligando as diversas tecnologias de redes de computadores. A padronização proposta pelas redes corporativas permitiu que os diversos computadores se comunicassem independentemente das suas arquiteturas de *hardware* e *software*.

Entendendo que esta tecnologia está sendo usada em diversos processos, para diferentes finalidades, este projeto trata da comunicação entre equipamentos

envolvidos no processo via rede *Ethernet*, já que a empresa onde foi aplicado este trabalho possui uma infra-estrutura que possibilita esta comunicação via rede *Ethernet entre as máquinas*, englobando os sistemas de comunicação, as redes industriais, os protocolos necessários para que a transmissão de dados seja eficaz tornando o processo automatizado e obtendo os resultados esperados.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Na fábrica de embalagens metálicas onde se deu este trabalho de conclusão de curso, a comunicação é feita a partir de redes Industriais, utilizando o protocolo *Ethernet* para troca de dados entre máquinas e *Devicenet* para trocas de dados entre máquinas e seus dispositivos em campo.

O tema do trabalho de conclusão de curso é a possibilidade de troca de dados entre as máquinas que utilizam *Devicenet* e o uso da *Ethernet* para troca de dados.

1.1.1 Delimitação do Tema

Para que se faça qualquer melhoria que envolva mais de uma máquina, se faz necessário compreender o funcionamento dos protocolos de comunicação utilizados na planta, bem como os dispositivos e componentes que efetuam trabalho, no caso, Controladores Lógico Programáveis, Inversores de frequência, sensores e Interfaces Homem-Máquina.

Portanto, o trabalho de conclusão de curso foi direcionado ao estudo de tais componentes bem como dos protocolos de redes *Ethernet* e *DeviceNet* e troca de dados via rede *Ethernet* dentro de um processo automatizado de transporte de *pallets* em uma fábrica de latas em Ponta Grossa.

1.2 PROBLEMA

Após a formação dos *pallets* pelas paletizadoras, o mesmo precisa ser cintado, para que as latas não caiam durante o percurso até a entrega ao cliente e transportado até o final da linha, até o estoque, pelas esteiras do *Conveyor System*.

O processo de cintagem é feito em duas etapas, quando o *pallet* é terminado de ser montado pelas paletizadoras ele chega até as esteiras *Conveyor System* através das esteiras da mesma e outra cintagem é feita nas esteiras do *Conveyor System*, porém ambas ocorriam de forma manual.

Inicialmente o operador dá o comando a partir da botoeira de cintagem, da própria máquina Cintadora, para que o *pallet* receba a primeira cinta, após, o operador se desloca até a estação de operação das esteiras da paletizadora, que fica no console da mesma e dá o comando através do console de botões para deslocar o *pallet* até a posição para aplicar a segunda cinta e volta até o console de operação da Cintadora e dá o comando para colocar a segunda cinta, este processo se repete para a terceira cinta.

Quando o *pallet* estiver com três cintas, o operador precisava operar as esteiras até deslocar o *pallet* cintado para a transição de esteiras, que ocorre quando o *pallet* deixar a última esteira da paletizadora e ingressar na primeira esteira do *Conveyor System*.

A partir deste momento, o operador se deslocava até a estação de operação do *Conveyor System* para deslocar o *pallet* até a Cintadora 3, que é responsável por colocar mais duas cintas no *pallet*, perpendiculares as 3 primeiras. Novamente o operador precisava se revezar entre a operação da Cintadora e do deslocamento do *pallet* no *Conveyor System*.

Todo esse processo faz com que haja a necessidade de mão-de-obra de um operador durante todo o tempo, uma vez que a média de *pallets* prontos dispensados pela paletizadora é de um *pallet* a cada quatro minutos, além disso, o processo em manual não retorna para a linha de produção o seu máximo desempenho e ainda faz com que ocorra despadronização na amarração dos *pallets*, pois a paragem das esteiras para amarração ocorrerá ao comando do operador.

É também um problema característico deste tipo de produção, o tombamento de latas dos *pallets* por uma operação que não seja uniforme das esteiras. As latas tombadas dos *pallets* operados manualmente nas esteiras transportadoras chegavam a contabilizar trezentas latas por turno de 12 horas de trabalho. Este problema foi reduzido com a operação no modo automático das esteiras e Cintadoras.

Devido à necessidade de otimizar e agilizar o processo de transporte de *pallets* foi analisado uma forma de automatizar o processo, de forma a reduzir o tempo de transporte, eliminar a necessidade de operação manual e diminuir a incidência de falhas como despadroneamento na amarração dos *pallets* e perdas por tombamento de latas.

1.3 HIPÓTESE

Visando a melhoria do processo de transporte e amarração dos *pallets*, propõe-se a melhoria no sistema de transporte de embalagens, baseada na troca de dados entre os equipamentos e seus dispositivos através de rede *Ethernet*, eliminando a necessidade de operação manual das máquinas que compõem o processo, solucionando assim os problemas de lentidão no processo de transporte e amarração dos *pallets* prontos, padronização da posição das fitas de amarração e redução dos tombamentos de latas pela falta de uniformidade na operação das esteiras.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Resolver os problemas que ocasionam o tombamento de latas e conseqüente perda de material, otimizando o processo a fim de promover simultaneidade de ações, padronizando o processo de amarração por meio do desenvolvimento de um

sistema automatizado de troca de dados via rede *Ethernet* no processo de transporte de embalagens metálicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Adequar o programa para promover a troca de dados via *Ethernet*, utilizando linguagem *Ladder*.
- Alterar as parametrizações dos inversores de frequência, via rede *DeviceNet*, para otimização máxima do processo.
- Criar um novo alarme na paletizadora para indicar falha na Cintadora via IHM (Interface Homem-Máquina) e sinalização visual (Coluna Luminosa).
- Alterar o posicionamento dos dispositivos em campo.
- Criar intertravamento entre as máquinas para promover a segurança operacional e do processo.
- Realizar testes das alterações.
- Implementar a solução.

1.5 JUSTIFICATIVA

O motivo para o desenvolvimento do presente trabalho de conclusão de curso justifica-se devido é a necessidade de promover simultaneidade das ações padronizando e tornando confiável o processo de transporte e cintagem dos *pallets* prontos.

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa aplicada com o propósito de buscar subsídios para otimizar um processo.

No processo de pesquisa houve a busca por informações junto a profissionais da área, artigos e obras publicadas.

Foi utilizado o padrão de programação da empresa para sub-rotinas que façam troca de dados em rede, bem como todos os equipamentos já instalados, utilizando-se dos seus recursos para efetuar o projeto e implantação.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso está organizado em quatro capítulos. No Capítulo 1 é apresentada uma explanação do tema do trabalho de conclusão de curso bem como suas delimitações e objetivos.

No Capítulo 2 faz-se uma revisão da literatura sobre redes industriais, IHM, sensores, CLP e os inversores de frequência.

No Capítulo 3 descreve em detalhes o desenvolvimento da metodologia proposta e relatam-se as análises e resultados obtidos. O Capítulo 4 apresenta a discussão dos resultados e conclusão do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 REDES INDUSTRIAIS

O sistema para controlar os processos utilizados antigamente pelas empresas tem uma instalação e manutenção com altos custos, para minimizar custos e aumentar a operacionalidade de um processo surgiu à necessidade de uma comunicação para interligar os vários dispositivos e equipamentos a fim de melhorar o processo.

De acordo com ALMEIDA e SANTOS (2010) a comunicação entre dispositivos eletrônicos possui uma área de estudos muito vasta, sendo que com os avanços tecnológicos obtidos ao longo do tempo, obtendo dispositivos cada vez menores, impôs uma necessidade de comunicação confiável entre estes dispositivos e até com sistemas complexos. A implantação de sistemas de controle de processo baseados em redes requer análises das informações dos componentes envolvidos para determinar o tipo rede que possui as maiores vantagens de implementação ao usuário final, havendo maior compatibilidade entre a rede de aplicação com o maior número de equipamentos possíveis.

Os sistemas que utilizam arquiteturas de sistemas abertos, são mais utilizados, a qual difere das arquiteturas proprietárias onde apenas um fabricante lança produtos compatíveis com a sua própria arquitetura de rede, segundo ALMEIDA e SANTOS (2010).

De acordo com o COELHO (2008), redes industriais são padronizadas sobre três níveis de hierarquias cada qual responsável pela conexão de diferentes tipos de equipamentos com suas próprias características de informação, conforme Figura 1.

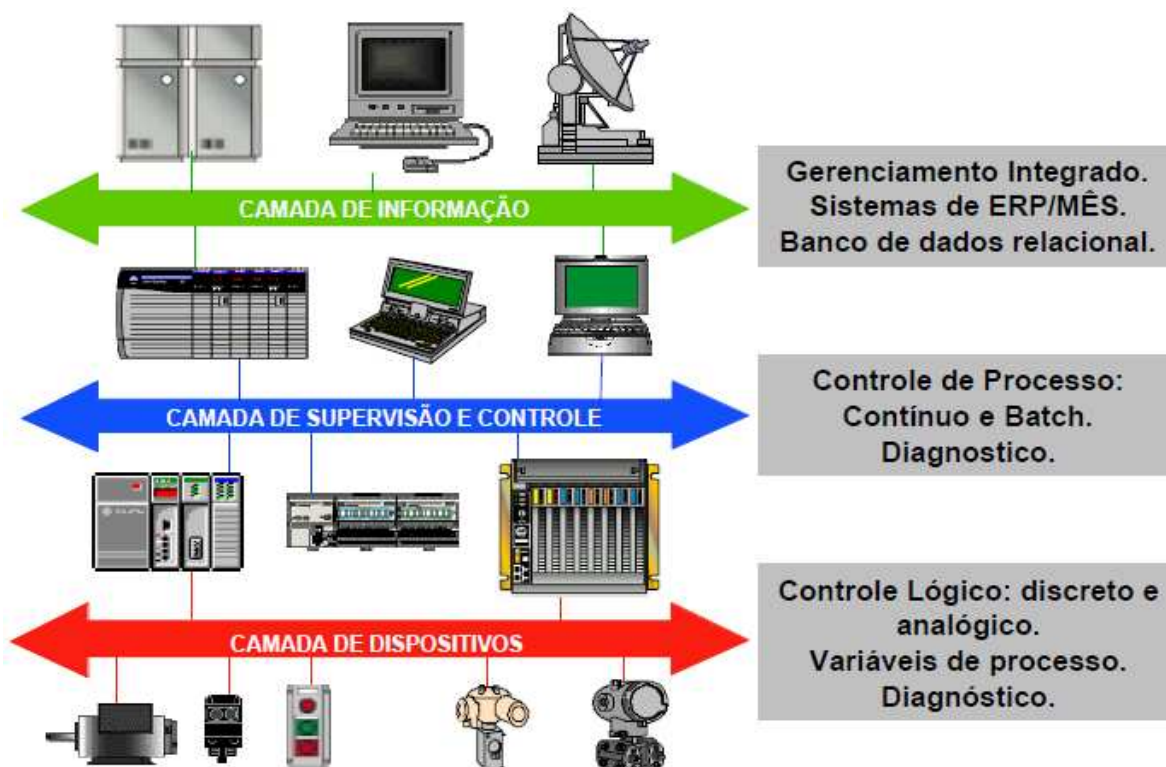


Figura 1 - Níveis Hierárquicos das Redes Industriais
Fonte: TECNAUT

ALMEIDA e SANTOS (2010) dizem que o nível mais alto, o nível de informação da rede, é reservado a um computador central que processa o escalonamento da produção da planta, permitindo operações de monitoramento estatístico da planta, sendo controlado por softwares gerenciais. É comumente utilizado neste nível o padrão *Ethernet* operando com o protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

No nível intermediário, nível de controle da rede, localiza-se a rede central da planta incorporando PLCs (*Programmable Logic Controller*), DCSs (*Digital Control Systems*) e PCs (*Personal Computer*). Neste nível a informação trafega em tempo real para garantir a atualização dos dados nos *softwares* que realizam a supervisão da aplicação. O nível mais baixo, nível de controle discreto e analógico, refere-se às ligações físicas da rede ou o nível de I/O (*Input/Output*), as quais conectam os equipamentos de baixo nível entre as partes físicas e de controle. Encontram-se neste nível os sensores discretos, contadores e blocos de I/O, de acordo com COELHO (2008).

COELHO (2008) fala que as redes de equipamentos pelo tipo de equipamento conectado a elas e o tipo de dados que trafega pela rede, podendo os

dados ser nomeados em *bits*, *bytes* ou blocos. As redes com dados em *bits* transmitem sinais discretos contendo simples condições *ON/OFF*. As redes com dados no formato de *byte* podem conter pacotes de informações discretas e as redes com dados em formato de bloco são capazes de transmitir pacotes de informação de tamanhos variáveis.

ALMEIDA e SANTOS (2010) classificam as redes quanto ao tipo de equipamento a ela ligadas e aos dados que ela transporta. Então se tem:

- Rede corporativa: Rede que interliga sistemas gerenciais que podem, inclusive, estar geograficamente distribuídos.
 - Rede de controle: É a rede central localizada na planta incorporando PLCs, DCSs e PCs. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados nos *softwares* que realizam a supervisão da aplicação.
 - Redes de campo: Subdivididas em:
 - Rede *sensorbus* (manufatura) - dados no formato de bits (*AS-i* e *INTERBUS Loop*).
 - Rede *devicebus* (manufatura) - dados no formato de bytes (*DeviceNet* e o *PROFIBUS DP*).
 - Rede *fieldbus* (manufatura e instrumentação) - dados no formato de pacotes de mensagens (*PROFIBUS PA* e o *Fieldbus Foundation*).
- (ALMEIDA; SANTOS, 2010, p. 91 e 92).

A Figura 2 representa as redes de campo presentes em cada nível das redes industriais.

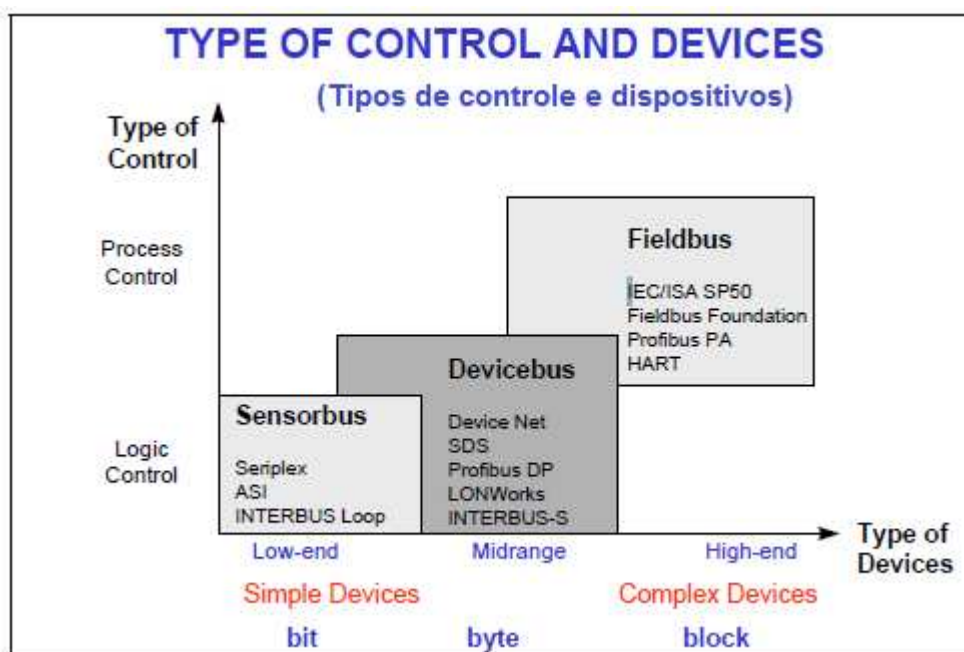


Figura 2 - Redes de Campo.
Fonte: Adaptado de SENAI-SP

De acordo com ALMEIDA e SANTOS (2010), “a rede *sensorbus* conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede” (ALMEIDA; SANTOS, 2010, p. 92). A comunicação entre os equipamentos neste tipo de rede é rápida em níveis discretos e tem como exemplos os sensores e atuadores de baixo custo. A rede *sensorbus* não tem como objetivo cobrir grandes distâncias. Exemplos típicos incluem *Seriplex*, *AS-i* e *INTERBUS Loop*.

ALMEIDA e SANTOS (2010) ainda explanam que “a rede *devicebus* preenche o espaço entre redes *sensorbus* e *fieldbus* e pode cobrir distâncias de até 500 metros” (ALMEIDA; SANTOS, 2010, p. 92). A conexão entre os equipamentos a esta rede tem-se na forma de pontos discretos, alguns dados analógicos ou uma mistura de ambos. Esta rede possui as mesmas características de transferência rápida de dados da rede de *sensorbus*, porém gerencia mais equipamentos e dados.

De acordo com LUGLI (2009), a rede *fieldbus* interliga os equipamentos de I/O inteligentes, cobrindo maiores distâncias. Os equipamentos contidos nesta rede desempenham funções específicas de controle tais como PID (*Proporcional Integral Derivativo*), controle de fluxo de informações e processos. Os tempos de transferência podem ser longos, porém a rede é capaz de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário).

A Figura 3 mostra cada rede que existe na indústria, relacionando aos tipos de programadores atuantes em cada uma.

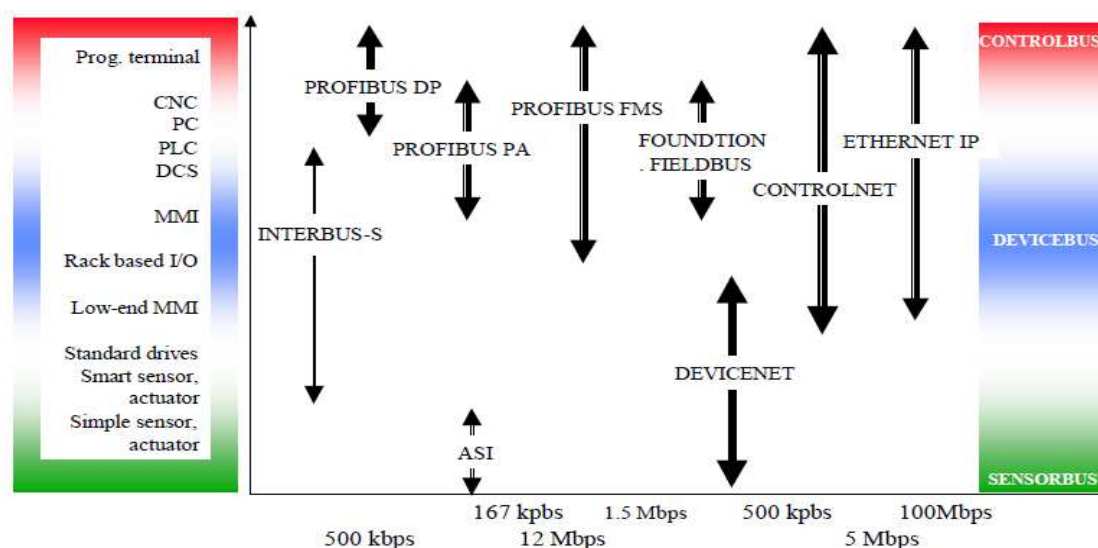


Figura 3 - Redes Industriais.
Fonte: TECNAUT

ALMEIDA e SANTOS (2010) indicam que a origem das tecnologias tem, neste caso, influência direta sobre a aplicabilidade atual destas redes. O *PROFIBUS* foi desenvolvido na universidade de Karlsruhe com o fim de atender o mercado de controle de processos, como o próprio nome reflete: *PROcess Field BUS*. A organização *PROFIBUS* ajudou muito seu desenvolvimento e aceitação no mercado.

A rede *DeviceNet* permite a interligação de equipamentos, desde os mais simples até os mais complexos, por possuir um protocolo aberto.

De acordo com SEIXAS FILHO (2009) a *DeviceNet* tem como base a rede CAN (*Controller Area Network*), desenvolvida pela BOSCH para automação de veículos. O protocolo foi adotado na Europa, para automação de máquinas onde até hoje tem boa popularidade. A associação ODVA (*Open Device Vendor Association*) definiu as camadas superiores através do protocolo *DeviceNet*. Logo a seguir criou-se a associação CIA (*CAN In Automation*), de origem europeia, que também definiu o protocolo de maneira completa.

Segundo SMAR EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS (2008), o padrão *AS-i* começou a ser desenvolvido em 1990 por uma associação de fabricantes europeus, que se propôs a conceber uma rede de comunicação de baixo custo e que atendesse o nível mais baixo da automação no campo. A rede *AS-i* é um sistema de sensores e atuadores de baixo nível. Os sinais dos sensores e atuadores dos processos industriais são transmitidos através de um grande número de cabos. O sistema *AS-i* permite a simplificação desse sistema de fiação e ligação, substituindo o sistema de cabos por apenas um par de fios, que podem ser usados por todos os sensores e atuadores. Eles são responsáveis pela alimentação dos sensores/atuadores e pela transmissão dos dados binários de entrada e saída. A rede surgiu para complementar os demais sistemas e tornar mais simples e rápida a conexão dos sensores e atuadores com os seus respectivos controladores.

De acordo com LOPEZ, AFONSO e ANTUNES (2005), o futuro das redes industriais passa pela *Ethernet*, já muito comum nas nossas vidas do dia a dia, sendo usada, nas escolas, em empresas, para interligar os computadores e para conectá-los aos servidores centrais.

No trabalho de conclusão de curso são utilizados dois tipos de redes industriais, a *Devicenet* e a *Ethernet*, as quais são as redes utilizadas na comunicação entre componentes e sistemas de controle.

2.2 DEVICENET

DeviceNet é um protocolo de rede industrial muito versátil, podendo ser utilizado com muitos produtos, como, sensores, inversores de frequência e interface homem-máquina, fornecidos por vários fabricantes.

SEIXAS FILHO (2009) diz que esta rede foi desenvolvida pela Allen Bradley baseada no protocolo *CAN*, que por sua vez foi desenvolvido pela Bosh nos anos 80, e sua especificação é aberta e gerenciada pela *DeviceNet Foundation*.

Segundo SEIXAS FILHO (2009), o protocolo *DeviceNet* tem como característica alta velocidade, comunicação a nível de *byte* englobando comunicação com equipamentos discretos e analógicos e alto poder de diagnóstico dos *devices*, por isto esta classificada no nível de rede chamada *devicebus*. Ela oferece uma manipulação de dados robusta e eficiente porque é baseada na tecnologia Produtor/Consumidor, esta forma de comunicação é mais flexível, pois suporta os três métodos de comunicação: ponto-a-ponto, mestre-escravo e multimestre e onde os dados são identificados e têm destino certo. São redes tipicamente *multicast*. Este modelo moderno de comunicação oferece capacidades chave que habilitam o usuário a, efetivamente, determinar qual a informação necessária e quando ela é necessária.

PADOVAN e ROSSIT (2008) relatam que a rede *DeviceNet* permite um número máximo de equipamentos que é 64 nós. Como o esquema de arbitragem é igual protocolo *CAN*, isto significa que é realizada *bit a bit*. O mecanismo de comunicação é ponto-a-ponto com prioridade.

O protocolo *DeviceNet* é um padrão aberto de automação com objetivo de transportar 2 tipos principais de informação:

- Dados cíclicos de sensores e atuadores, diretamente relacionados ao controle,

- Dados acíclicos indiretamente relacionados ao controle, como configuração e diagnóstico.

As informações que são trocadas entre o equipamento de campo e o controlador periodicamente, as quais denominadas dados cíclicos. Por outro lado, os acíclicos são informações trocadas eventualmente durante configuração ou diagnóstico do equipamento de campo.

Segundo a SMAR EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS (2010), *DeviceNet* utiliza tecnologias abertas e padronizadas de rede, cuja camada de aplicação usa o CIP (*Common Application Layer*). Tem uma estrutura comum de objetos. Ou seja, o meio físico e da camada de enlace de dados são independentes. Então se pode dizer que é uma plataforma de conexão universal entre componentes, pois a camada de aplicação padronizada é aliada as interfaces de *hardware* e *software* abertas.

No Quadro 1 tem as características da rede.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Linha Tronco	Topologia baseada em tronco principal com ramificações. O tronco principal deve ser feito com o cabo <i>DeviceNet</i> grosso com o comprimento limitado pela sua taxa de transmissão, e as ramificações com o cabo <i>DeviceNet</i> fino ou chato.
Cabos dois pares	O cabo <i>DeviceNet</i> redondo é composto por um par de fios de alimentação 24Vcc (VM e PR) envolvido por uma fita de alumínio, e um par de fios para comunicação (BR e AZ) também envolvida por uma fita de alumínio.
Taxa de comunicação	Selecionável 125,250 e 500 kbps.
Fontes de tensão	Alimentação 24Vcc deve ser estabilizada, estável e com proteções.
Comunicação	Baseada em conexões de E/S (Entrada/Saída) e modelo de pergunta e resposta.
<i>Explicit Message</i>	É uma mensagem de configuração e diagnósticos de defeitos como, detecção de endereço duplicado na rede.
Transporte de dados	Transporte eficiente de dados de controle discretos e analógicos e extremamente robustos a interferências eletromagnéticas.

Quadro 1 - Características da rede *Devicenet*
Fonte: Autoria Própria

2.3 ETHERNET

Ethernet é um protocolo de comunicação usado para redes locais, para a transmissão de dados, a rede tem suas especificações próprias e seus padrões de funcionamento.

DIAS e ALVES JR. (2002) explanam que no surgimento deste padrão sua nomenclatura era “*Network Alto Aloha*”, mas logo foi modificado para *ethernet* para indicar que este padrão pode suportar qualquer computador e mostrar que permite desenvolvimento fora de seus laboratórios.

De acordo DIAS e ALVES JR. (2002), o padrão *Ethernet* surgiu em 1972 nos laboratórios da Xerox com Robert Metcalfe, possuindo uma rede onde as estações utilizavam um cabo coaxial como o mesmo meio de transmissão e sendo a configuração utilizada para esta conexão foi a de barramento, com uma taxa de transmissão de 2,94 Mbps. O progresso das pesquisas e a venda de equipamentos encontravam obstáculos devido a falta de padronização e com o intuito de solucionar este problema foi homologada ao IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), em 1980, a padronização do protocolo *Ethernet*.

“Desde a sua regulamentação pelo IEEE suas especificações foram totalmente disponibilizadas. Esta abertura combinada com a facilidade na utilização e com sua robustez resultou no largo emprego desta tecnologia” (DIAS; ALVES JR., 2002, p. 3).

DIAS e ALVES JR. (2002) falam que olhando para o passado da *Ethernet*, percebemos de que é uma tecnologia dinâmica com fases de desenvolvimento que vão ficando cada vez mais curtas. O que significa que podemos esperar cada vez mais inovações e cada vez mais rapidamente.

De acordo com LOPEZ, AFONSO e ANTUNES (2005) a *Ethernet* tem demonstrado não ser uma rede somente para escritórios e aplicações de negócios. Com expansão das redes industriais, a *Ethernet* está sendo mais usada para aplicações de alta velocidade entre PC's ou *workstations* e o processo industrial.

Sempre existirão aplicações que necessitam de conectividade especial como, por exemplo, áreas perigosas, requerendo aparelhos a prova de explosões ou produtos químicos e cabos revestidos, etc. LOPEZ, AFONSO e ANTUNES (2005) indicam que “nestes casos serão usadas redes *fieldbus* ao nível dos dispositivos e

um *gateway* irá conectar estas sub-redes à rede *Ethernet* que envolve toda a empresa” (LOPEZ; AFONSO; ANTUNES, 2005).

DIAS e ALVES JR. (2002) dizem que a *Ethernet* é um padrão de camada física e camada de enlace, operando a 10 Mbps, com quadros de tamanho entre 64 e 1518 *bytes*. O endereçamento é realizado através da numeração única para cada *host* contendo 6 *bytes* sendo os primeiros 3 *bytes* para a identificação do fabricante e os 3 *bytes* seguintes para o número sequencial da placa.

DIAS e ALVES JR. (2002) indicam que o modo de transmissão classifica-se em:

- *Simplex*: durante todo o tempo apenas uma estação transmite, a transmissão é feita unilateralmente;
- *Half-duplex*: cada estação transmite ou recebe informações, não acontecendo transmissão simultânea;
- *Full-duplex*: cada estação transmite e/ou recebe, podendo ocorrer transmissões simultâneas.

(DIAS; ALVES JR., 2002, p. 4).

LOPEZ, AFONSO e ANTUNES (2005) explanam que existem várias razões para o uso de *Ethernet* como o *backbone* da comunicação em toda a rede. Algumas das vantagens são:

- *Standard* - a *Ethernet* tem sido usada como a estrutura da parte empresarial e se encontra em muitas companhias atualmente. As empresas que utilizam a *Ethernet* para interligar os escritórios conseguem utilizar a infraestrutura existente para tanto isso como para a parte industrial da empresa.
- A maior parte dos PC's tem suporte para *Ethernet* - a *Ethernet* está presente na placa-mãe de muitos PC's, possuindo um preço bastante razoável. Os sistemas operacionais *Windows* e *Linux* ou outros sistemas operativos possuem suporte para as placas *Ethernet* e para o protocolo TCP/IP.
- A *Ethernet* é barata - os produtos *Ethernet* são comercializados em volumes enormes, resultando em baixo preço.

De acordo com LOPEZ, AFONSO e ANTUNES (2005) a *Ethernet* é muito dependente, sendo uma tecnologia baseada em detecção de colisões, acarretando em atraso da resposta da rede conforme o tráfego aumenta. No entanto a

probabilidade de ocorrerem *atrasos* pode ser diminuída. Para conseguir isto, o tráfego na *Ethernet* tem que ser mantido bastante abaixo dos seus limites teóricos para evitar colisões. A maior parte das instalações *Ethernet* nos nossos dias é baseada em tecnologia de 100 Mb/s, porém versões mais rápidas começam a surgir, tendo como objetivo redes de 1Gb/s à 10 Gb/s.

2.4 TOPOLOGIAS DE REDE

Topologias de redes permitem que computadores trabalhem em equipe, trocando informações e melhorando o desempenho.

Segundo MARTINEZ (2010), é a topologia de redes que descreve como as redes de computadores estão interligadas, tanto do ponto de vista físico, como o lógico.

MARTINEZ (2010) diz, a topologia física representa como as redes estão conectadas (*layout* físico) e o meio de conexão dos dispositivos de redes (nós ou nodos). Já a topologia lógica refere-se à forma com que os nós se comunicam através dos meios de transmissão.

Existem vários tipos de topologias físicas, segundo Tayson (2001) as mais utilizadas são:

- Ponto a Ponto
- Barramento
- Anel
- Estrela
- Estrutura Mista ou Híbrida

2.4.1 Ponto a Ponto

Une dois computadores, através de um meio de transmissão qualquer. É a mais simples de todas de acordo com MARTINEZ (2010).

Na Figura 4 tem a apresenta uma topologia ponto a ponto.



Figura 4 - Topologia Ponto a Ponto
Fonte: InfoEscola

2.4.2 Barramento

Esta topologia é bem comum e possui alto poder de expansão. De acordo com MARTINEZ (2010), todos os nós estão conectados a um único barramento que é compartilhado entre todos os processadores, podendo o controle ser centralizado ou distribuído.

Na Figura 5 tem a apresenta uma topologia barramento.

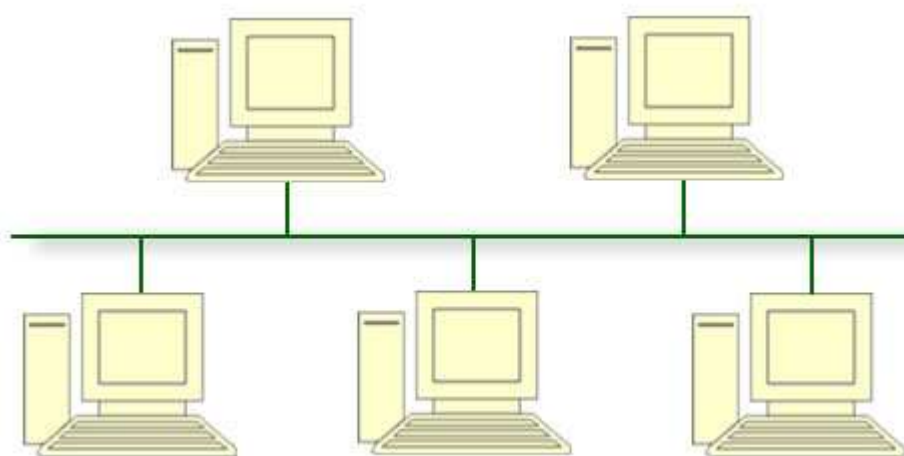


Figura 5 - Topologia Barramento
Fonte: InfoEscola

2.4.3 Rede em Anel

PEREIRA (2005) diz que uma rede em anel consiste de estações conectadas através de um caminho fechado elimina a necessidade de um nó de comunicação central.

As mensagens geradas são transmitidas unidirecionalmente de nó em nó até atingir seu destino.

PEREIRA (2005) o fluxo de comunicação pode ser de forma bidirecional assim evita que se uma linha cair, todo sistema cai, pois ela pode receber o sinal de outro lado.

De acordo com ALMEIDA e SANTOS (2010), as vantagens e desvantagens da rede em anel são:

Vantagens

- Todos os computadores acessam a rede igualmente;
- Desempenho não é impactado com o aumento de usuários;
- Se houver algum problema com a rede local, poderá existir uma rota alternativa, dependendo da implementação, como para o acesso a uma determinada CPU (*central processing unit*);
- Pequeno comprimento de cabo;
- Não são necessários armários de distribuição de cabos dado que as ligações são efetuadas em cada um dos nós;
- O desenho das cablagens é bastante simples.

Desvantagens

- Dificuldade no acréscimo ou retirada de estações de trabalho devido ao fato de ter que se abrir o anel. Falha de um computador pode afetar o restante da rede;
- Problemas são difíceis de isolar;
- A falha de um nó provoca a falha da rede;
- Dificuldade de localização de falhas (a falha de um nó provoca a falha de todos os outros);
- Dificuldade em reconfigurar a rede (instalação de vários nós em locais diferentes).

Na Figura 6 tem mostra uma topologia em anel.

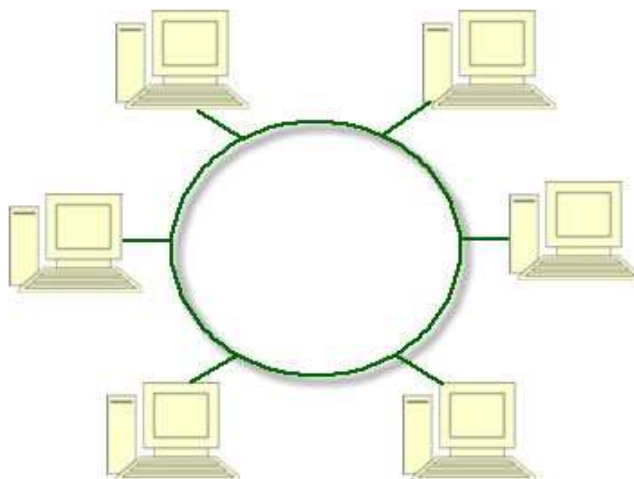


Figura 6 - Topologia em Anel
Fonte: InfoEscola

2.4.4 Rede em Estrela

Esta topologia tem um nó central para gerenciar a comunicação entre os dispositivos que estão ligados a rede.

TANENBAUM (1997) diz que as características dessa topologia são:

- Vulnerável à falha no nó central;
- Roteamento centralizado;
- Ligações ponto a ponto;
- Todas as mensagens passam pelo nó central;
- Custos dos meios físicos aumentam muito com a quantidade de estações.

Na Figura 7 indica uma topologia estrela.

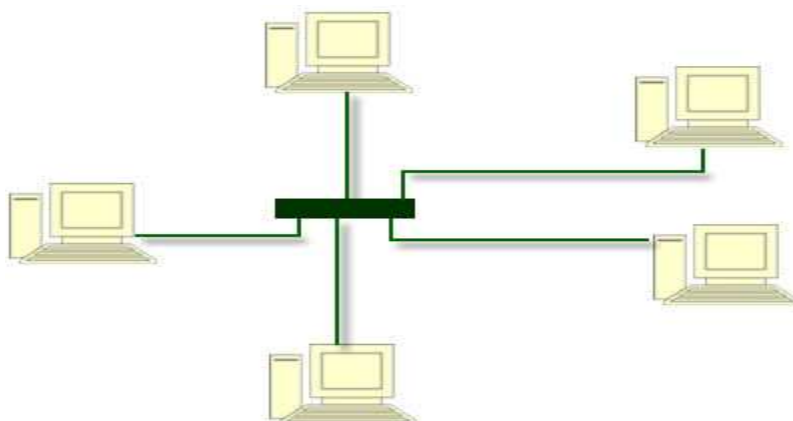


Figura 7 - Topologia Estrela
Fonte: InfoEscola

2.4.5 Estrutura Mista ou Híbrida

Segundo MARTINEZ (2010), a topologia híbrida é considerada complexa e com utilização nas grandes redes. Nela encontra-se uma mistura de topologias (anel, estrela, barra, entre outras), possuindo como características as ligações ponto a ponto e multiponto. Nesta topologia tem vários pontos de concentração, cada um com seu próprio conjunto de terminais. As ligações só são estabelecidas entre estes pontos de concentração, o que diminui consideravelmente o custo das linhas. Só estas linhas precisarão ter uma capacidade muito maior de transmissão para poder atender às requisições de comunicação exigidas pelos seus terminais.

Ainda de acordo com MARTINEZ (2010), em caso de falha de linhas entre pontos centralizadores, as transmissões não serão interrompidas, é comum a conexão destes centros a mais de outro centro. Nesta rede, denominada completamente conectada, é muito baixa a probabilidade de estrangulamento nos horários de pico de tráfego e sua confiabilidade é muito maior. O problema é o altíssimo custo das linhas.

Na Figura 8 tem apresenta uma topologia mista ou híbrida.

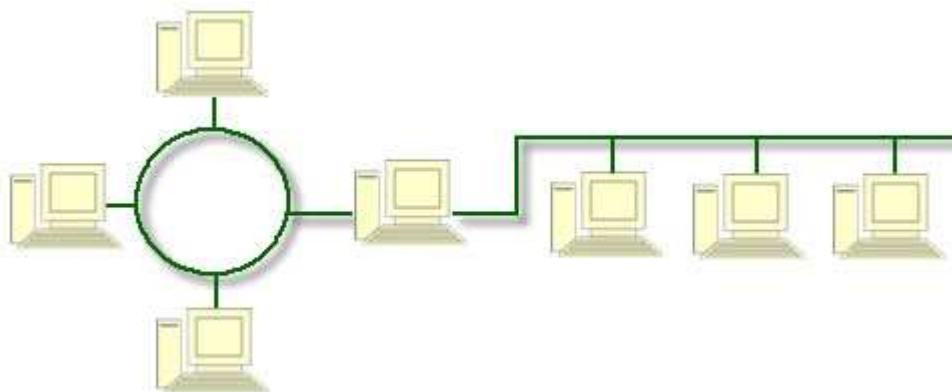


Figura 8 - Topologia Mista ou Híbrida
Fonte: InfoEscola

2.5 SENSORES

Sensores são apenas a parte sensitiva dos transdutores, ou seja, são responsáveis por detectar grandezas físicas. São utilizados para auxiliar no

processo automatizado melhorando assim o controle e a segurança, diminuindo o numero de falhas e agilizando o processo.

FONSECA (2002) diz que os sensores são responsáveis por auxiliar uma maquina a interagir com o que esta a sua volta.

Esta interação se da porque os sensores detectam as grandezas físicas, e estas são transformadas em corrente elétrica através dos transdutores.

De acordo com FONSECA (2002), sensores são dispositivos que recebem e respondem aos sinais ou estímulos, fazem parte de um dispositivo eletrônico para a geração de um sinal elétrico que depende de uma grandeza física que afeta, como temperatura e pressão, e converter os dados obtidos em sinais eletrônicos. A medição é o processo de associar números a entidades e eventos no mundo real.

Existem vários tipos de sensores, de acordo com CAPELLI (2008), os sensores mais utilizados são:

- Sensores Fotoelétricos;
- Sensores de Vazão;
- Sensores de Pressão;
- Sensores Indutivos;
- Sensores Capacitivos;
- Sensores de Temperatura.

2.5.1 Sensores Ópticos

O funcionamento deste tipo de sensor tem como base emissão e recepção de um feixe de luz modulada.

Os sensores ópticos detectam quase todo tipo de material, com um grande alcance, de acordo com CAPELLI (2008) o transmissor, responsável pela emissão/modulação da luz e o receptor, responsável pela recepção desta mesma luz.

A frequência de modulação do e recepção devem ser a mesma. Assim, o receptor somente será sensível à luz do transmissor ignorando a luz do ambiente.

Em alguns sensores o transmissor e o receptor estão alojados em um único encapsulamento. Os sensores ópticos são, em sua grande maioria, dotados de lentes que aumentam a distância sensora os transmissores e focalizam a luz no caso dos receptores, como diz CAPELLI (2008).

Existem vários tipos de sensores ópticos todos usam o princípio da emissão/recepção de luz, mas segundo CAPELLI (2008) os mais comuns são:

2.5.2 Sensores de barreira (Sistema por barreira óptica)

O transmissor e o receptor estão separados e devem ser dispostos um frente ao outro, de modo que o receptor possa constantemente receber a luz do transmissor. O acionamento da saída ocorrerá quando o objeto a ser detectado interromper o feixe de luz.

2.5.3 Sensores retro-reflexivos

Segundo CAPELLI (2008), o sensor possui um único encapsulamento, possuindo um emissor e receptor, neste caso é instalado um refletor (espelho prismático) para garantir o retorno do feixe de luz.

2.5.4 Sensor difuso-refletido (sistema de difusão)

Neste sistema o transmissor e o receptor são montados na mesma unidade. Sendo que o acionamento da saída ocorre quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor.

2.6 CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL)

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação. São ferramentas de trabalho muito úteis e versáteis para aplicações em sistemas de acionamentos e controle. O mesmo tem revolucionado os comandos e controles industriais que antigamente eram feitos através de relés. Possibilitando o aumento de produção com maior confiabilidade.

Segundo a NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*), é um equipamento eletrônico digital, normalmente baseado em microprocessadores, que

utilizam uma memória programável para armazenamento de instruções com funções específicas tais como, controle PID, intertravamentos, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, destinados a controlar e monitorar máquinas no processo industrial, por meio de módulos de entradas e saídas.

ANTONELLI (2008) relata que o CLP foi desenvolvido da década de 60, com a finalidade de substituir painéis de relés. Especificamente foi desenvolvido na Hydronic Division da General Motors, em 1968, para eliminar o alto custo associados aos painéis de relés, devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. As especificações necessárias iniciais eram um sistema de estado sólido com flexibilidade capaz de suportar o ambiente industrial. Tendo assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações.

ANTONELLI (2008) também indica as vantagens do uso de controladores lógicos programáveis.

- Ser instalado em espaço físico menores;
- Baixo consumo de energia;
- São reprogramáveis, de acordo com as necessidades do processo;
- Garantir maior confiabilidade;
- Manutenção mais fácil e rápida;
- Oferecem maior flexibilidade;
- Capacidade de se comunicar com diversos outros equipamentos.
- Permitem maior rapidez na elaboração do projeto do sistema.

SOUSA (2002) diz que os CLP's estão sendo muitos utilizados dentro das indústrias para o controle de processos ou de automação industrial. No primeiro caso a aplicação se dá nas indústrias do tipo contínuo, onde existe poucas interrupções, no outro caso a aplicação se dá nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem.

De acordo com SOUSA (2002), um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por eventos discretos, é o tipo de sinais mais encontrado, a informação consiste em um único *bit* cujo estado pode ser ligado ou desligado. Com o processamento aritmético ele pode ainda lidar com variáveis analógicas em malha

fechada por exemplo. As entradas e/ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas e/ou saídas analógicas são acionados por fontes de alimentação distintas.

Segundo PINTO (2008), os CLP's têm capacidade de comunicação de dados via canais seriais. Esta comunicação é bastante utilizada e de extrema importância na automação de processos e máquinas. Os canais de comunicação nos CLP's permitem conectar a interface de operação (IHM), computadores, outros CLP's e até mesmo com unidades de entradas e saídas remotas.

2.6.1 Elementos Comuns

Elementos comuns são todos itens comuns nos mais diversos CLP's presentes no mercado e são compostos pelos:

- Tipos de dados (booleanos, inteiros, reais, *byte*, *word*, *date*, *time of day* e *string*);
- Variáveis (associadas somente para endereços explícitos de *hardware* (entradas e saídas) nas configurações, recursos e programas);
- Configuração (configuração é específica para um sistema de controle particular), recursos (elemento com capacidade de processamento dos programas IEC) e tarefas (*tasks*, controlam a execução de um conjunto de programas ou blocos funcionais);
- Unidades de organização de programas (blocos funcionais e funções);
- Sequenciamento gráfico de funções (funções definidas pelo usuário podem ser usadas inúmeras vezes na mesma rotina).

2.6.2 Linguagem de programação

Linguagem de programação é a forma de comunicação entre dados eletrônicos com os componentes físicos e o homem, constituem-se de símbolos, comandos e blocos com regras de sintaxe.

O órgão responsável por esta padronização é o IEC (International Electrotechnical Committee), de acordo com FRANCHI E CAMARGO (2008) norma IEC61131 foi criada para normatizar todo o ciclo de desenvolvimento dos CLP's,

incluindo o projeto de *hardware*, instalação, testes, documentação, programação e comunicação.

De acordo com FRANCHI E CAMARGO (2008), os mais usados são:

Textuais

- ST - *structured text* (texto estruturado);
- IL - *instruction list* (lista de instruções).

Gráficas

- LD - *ladder diagram* (diagrama de contatos);
- FBD - *function diagram blocks* (diagrama de blocos de funções);
- Método SFC (*sequential function chart*) ou *Grafcet*.

2.7 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

O inversor de frequência é um equipamento muito utilizado nas indústrias atualmente, capaz de fazer o controle de velocidade e torque de motores de indução.

De acordo com CASTRO (2004), inversor de frequência é um dispositivo eletrônico que é capaz de variar energia elétrica CA fixa, ou seja, aumentar ou diminuir a frequência e a tensão de acordo com a necessidade, podendo assim controlar a potência consumida. Sendo assim, pode controlar a velocidade de um motor assíncrono, pela variação da frequência.

CASTRO (2004) cita as seguintes vantagens de se usar inversores:

- Fácil instalação;
- Controle de torque e velocidade
- Alta flexibilidade para automação de processos;
- Comunicação avançada e aquisição de dados;
- Eliminação de elementos de partida pesada e complicada;
- Maior proteção;
- Partidas suaves;
- Economia de energia.

O funcionamento do inversor esta dividida em três partes, primeira sendo a retificação de entrada, a segunda sendo o controle do circuito intermediário, e a terceira barramento para a saída.

Segundo MATHEUS (2005), um inversor de frequência é capaz de variar a tensão e a frequência, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico.

Com o avanço da eletrônica de potencia, o inversor tem como finalidade auxiliar no aumento da produção e diminuir custos.

2.7.1 Seção Retificadora

A tensão de entrada que trabalha com frequência fixa em 60Hz é transformada em continua, após passar pela seção retificadora.

Segundo LANDER (2006), esta transformação é feita por retificadores de onda completa, retificam a tensão trifásica da rede de entrada .O filtro transforma essa tensão DC resultante, e utilizada como entrada para a Seção Inversora.

LANDER (2006) a tensão continua é conectada aos terminais de saída pelos tiristores. Os transistores de potência são chaveados várias vezes, estes pulsos são controlados por microcontroladores, gerando um trem de pulsos com largura variável (PWM).

Como a saída se da pela modulação de largura de pulsos, podemos assim obter um forma de tensão CA sintetizada e de frequência variável.

2.7.2 Blocos do inversor

Bloco do inversor é o conjunto físico dos itens que atuam no inversor de frequência.

Franchi (2008) descreve os blocos de componentes dos inversores de frequência como:

1º bloco - CPU

A CPU (unidade central de processamento) é formada por um micro controlador ou um microprocessador. Este bloco possui todas as informações e parâmetros, porque a memória está integrada a esse conjunto. A CPU não apenas armazena os dados e parâmetros relativos aos equipamentos, como também controla a geração de pulsos de disparo.

2º Bloco - IHM

O segundo bloco é o IHM (interface Homem máquina). É através deste bloco que pode-se visualizar o que está acontecendo e parametrizar o inversor.

3º Bloco - Interfaces

É composta pelas entradas analógicas e digitais. Através das entradas analógicas podemos controlar a velocidade de um motor AC, utilizando sinais 0 a 10V ou 4-20mA.

Através de um parâmetro de programação, podemos selecionar qual entrada é válida (Analógica ou digital).

4º Bloco – Etapa de potência

É constituída pelo circuito retificador, que alimenta através do circuito intermediário, o circuito de saída do inversor.

Na Figura 9 tem-se o diagrama elétrico de um inversor de frequência.

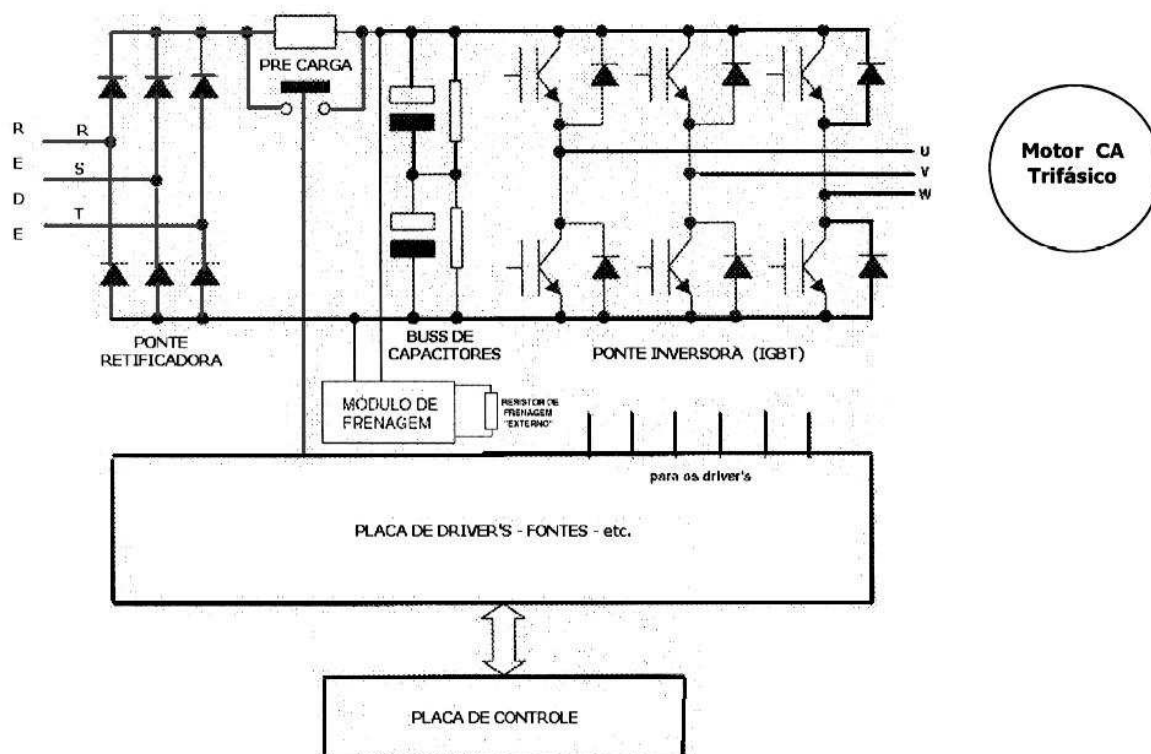


Figura 9 - Configuração básica de um inversor de frequência
Fonte: EletroMec OnLine

2.8 IHM

É um dispositivo que veio para substituir os tradicionais painéis de operação com vários botões e sinalizadores, agregando as funções de comando e sinalização, facilitando o controle e supervisão das variáveis do processo.

Segundo SANTOS FILHO (2007), Interface Homem-Máquina (IHM) é um equipamento eletrônico que auxilia o operador a controlar e visualizar o que está ocorrendo no processo em tempo real através de um *display* de texto ou tela gráfica, ou seja, interliga a máquina ao meio externo.

OLIVEIRA (2009) diz que esta tecnologia foi adotada depois da introdução de computadores ou CLP para o controle de processo, pois antigamente os únicos a manipular os softwares eram os seus próprios desenvolvedores, com o avanço da tecnologia de controle no chão de fábrica, foi atingindo um grande público se viu a necessidade de facilitar estes processos.

De acordo com SILVEIRA E SANTOS (1998), a IHM pode ser instalada em um ponto distante do processo, a presença de um ambiente de comunicação entre os elementos de controle e monitoramento e traz vários benefícios ao sistema produtivo.

Segundo SILVEIRA E SANTOS (1998), a IHM pode auxiliar o operador através da geração de alarmes, tal procedimento é feito pela constante monitoração das variáveis suscetíveis a falhas, podem inclusive ter a vantagem nessas ocorrências, sugerir ao operador providencias que devem ser tomadas diante do defeito ocorrido.

Pela visualização gráfica e com alta definição, torna-se muito mais fácil para o operador obter informações do processo e tomar decisões.

3 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho de conclusão de curso foi realizado a partir da análise do processo produtivo de uma fábrica de embalagens metálicas na cidade de Ponta Grossa.

A produção de embalagens se inicia com o desbobinamento e corte da chapa de alumínio que é recebida em bobinas com cerca de 12 toneladas cada, juntamente com o corte, a chapa recebe a primeira conformação, formando um copo raso. Este corte e conformação acontecem em uma máquina chamada *Cupper*.

O copo é levado pelos transportadores (esteiras) até a próxima etapa, onde será estirado em uma prensa chamada *BodyMaker* até atingir o tamanho padrão da embalagem. Ao sair da prensa as bordas superiores são aparadas para que todas as latas fiquem da mesma altura.

Uma vez formados os copos, os mesmos são transportados pelo interior de uma máquina responsável por lavar as latas, retirando todos os resíduos gerados pelos processos de estiramento e corte. Essa máquina é chamada de *Washer*.

No copo já lavado e seco por um forno posicionado logo após a *Washer*, é aplicado um verniz no fundo da lata, externamente, visando dar maior mobilidade a embalagem. A máquina que faz a aplicação é chamada de UV.

O próximo passo é a aplicação da litografia, de acordo com a arte enviada pelo cliente, a máquina que faz a aplicação é chamada *Decorator*.

Como o alumínio pode contaminar o líquido envasado após a aplicação de litografia, as latas receberão a aplicação de um verniz interno, a qual é realizada por uma máquina chamada *ISM*. Um forno, chamado *IBO* está posicionado logo após a *ISM* para efetuar a secagem do verniz.

A última máquina a efetuar alterações físicas no produto é denominada *Necker*, esta máquina é responsável por moldar o “pescoço” da lata, também formando o perfil da borda da lata.

Após passar por todos esses processos, a embalagem já está pronta, necessitando apenas ser acondicionada em pallets (paletizada), para ser enviada ao cliente, sendo exatamente no processo de paletização que se inicia a aplicação do trabalho de conclusão de curso, que abordará itens desde a paletização, passando pela cintagem e o transporte até o final de linha para aprovação.

O processo de fabricação de embalagens é extremamente automatizado. Pode-se dizer que todo o processo é executado praticamente sem a intervenção humana, exceto nos momentos de falhas e ajustes das máquinas. Por este motivo, as máquinas já possuem recursos para que se promova troca de informações entre si. Foram estes os recursos que subsidiaram a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Na Figura 10 é apresentado o fluxograma de produção indicando as etapas do processo estudado, onde está indicado as etapas do processo onde foi realizado o trabalho de conclusão de curso.

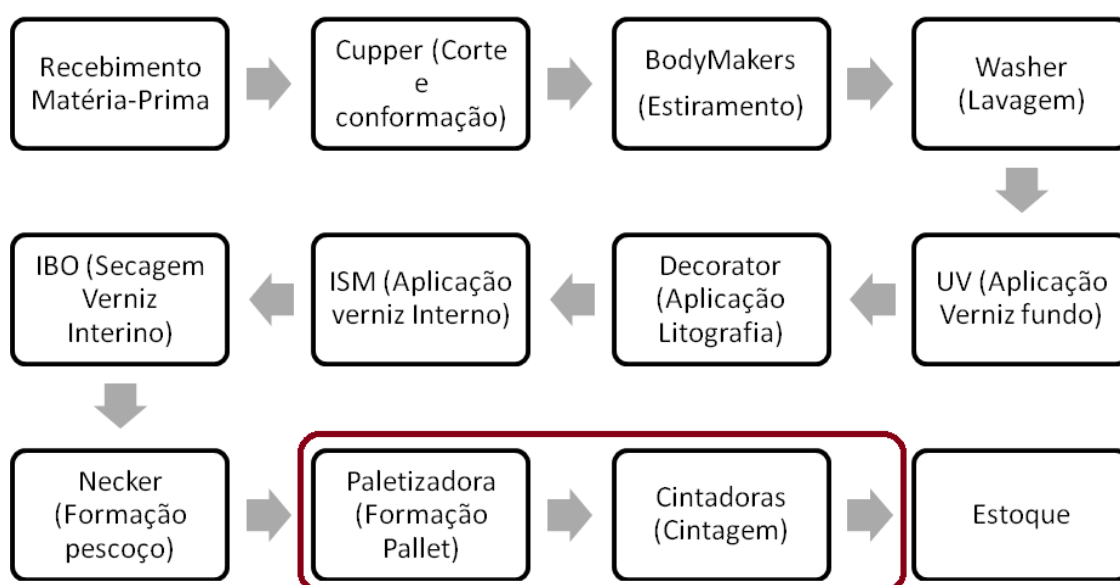


Figura 10 - Fluxograma de Produção
Fonte: Autoria Própria

3.1 PROCESSO

As latas que foram aprovadas durante o processo de fabricação são encaminhadas através de esteiras transportadoras até a máquina que realiza a montagem dos *pallets*, denominada paletizadora. Na Fotografia 1 tem-se uma visão geral da paletizadora, indicando o local de operação da mesma (console da IHM) e também a coluna luminosa para indicação de alarmes.



Fotografia 1 – Paletizadora
Fonte: Autoria Própria

A paletizadora é um conjunto de componentes mecânicos, elétricos e pneumáticos que realiza a montagem dos *pallets* de acordo com o tamanho da lata, podendo o *pallet* ser de 21 camadas e 8169 latas (latas de 350ml) ou 16 camadas e 6224 latas (latas de 473ml).

A formação do *pallet* na paletizadora acontece basicamente com a ação de dois conjuntos de componentes. O primeiro deles, denominado *Hoist*, é também chamado de elevador, constitui-se de um servo-motor, acoplado a um conjunto de correntes, com duas barras circulares que fazem a sustentação do *pallet*, que é apoiado sobre estas barras, este conjunto, desloca o *pallet* verticalmente para baixo, a cada camada de latas que é paletizada.

O outro conjunto chama-se *Sweep* e consiste de outro servo-motor acoplado a um conjunto mecânico formado por pinos, que servem como guia para as latas.

Este conjunto movimenta-se a partir da correia ligada ao servo, deslocando-se horizontalmente da esteira de latas, para a posição onde está o *pallet* sobre as barras do Elevador, movendo assim, uma camada de latas para o *pallet* no seu movimento de avanço, enquanto em seu movimento de retorno o mesmo é responsável por acomodar sobre a camada de latas do *pallet* uma folha separadora de papel.

Na Fotografia 3 mostra um *pallet* montado pela paletizadora, onde é possível observar as latas posicionadas com as camadas divididas por folhas separadoras.



**Fotografia 2 – Pallet pronto após a montagem do mesmo pela Paletizadora.
Fonte: Autoria Própria**

Com o *pallet* formado, a paletizadora dispensa o mesmo, que é conduzido pelas esteiras de saída até a Cintadora 1, onde será realizada a cintagem do *pallet*.

O programa do CLP da máquina é elaborado de forma que cada esteira movimente um *pallet* por vez, com o auxílio de sensores ópticos retrorreflexivos.

Na segunda esteira da máquina, esta posicionada a Cintadora 1 (ilustrada na Fotografia 4), que é a máquina responsável pela cintagem dos *pallets*, a máquina necessita receber um comando para disparar o ciclo de cintagem, quando o *pallet* estiver na posição correta, que é definido pela interceptação do *pallet* no sinal do

primeiro sensor óptico retroreflexivo. Após a primeira cintagem as esteiras devem deslocar o *pallet* até a posição da segunda cintagem, onde novamente, outro sensor informará a Cintadora que o *pallet* está em posição para receber a segunda cinta. O processo se repete para a terceira cinta. Este processo era realizado manualmente por um operador, dessa forma não havia a possibilidade de padronizar a posição de cada fita no *pallet*, pois dependeria da habilidade do operador em posicionar o mesmo.



Fotografia 3 - Cintadora (Strapper).
Fonte: Autoria Própria

A Cintadora é uma máquina que possibilita dois modos de funcionamento: modo manual ou automático. No modo manual, ela aguarda o comando para cintar o *pallet* através do acionamento de um botão no console de operação da mesma. Já no comando automático, a mesma recebe esse comando do sistema. Assim como a paletizadora, o CLP da Cintadora possui um cartão de rede, que permite que a mesma se comunique com o sistema através de rede *Ethernet*.

A Fotografia 5 indica o momento em que a Cintadora está aplicando a segunda cinta no *pallet* pronto.



Fotografia 4 - Momento da passagem da cinta pela Cintadora.
Fonte: Autoria Própria

Após o *pallet* estar cintado, ele segue até a última esteira da paletizadora, de onde segue para o *Conveyor System*, que nada mais é que a continuidade das esteiras transportadoras de *pallet* até o final da linha, mais uma vez, a primeira esteira pertencente ao *Conveyor System* aguarda um comando da paletizadora para movimentar o *pallet*, a esteira de transferência é rebaixada por um pistão pneumático para receber o *pallets* das esteiras da paletizadora conforme indica a Fotografia 6. Após receber o *pallet*, a esteira de transferência se eleva, até o nível das demais esteiras do *Conveyor System* para continuar a mover os *pallets*.



Fotografia 5 - Momento da transição de pallets entre esteiras.
Fonte: Autoria Própria

Dentro do conjunto de esteiras do *Conveyor System* está posicionada mais uma Cintadora, que irá aplicar mais duas cintas no *pallet*, perpendiculares as três primeiras.

Após a cintagem estar completa, o *pallet* é levado pelo *Conveyor System* até o final de linha, onde será identificado e direcionado para armazenagem no estoque de produtos prontos para expedição, demonstrado na Figura 11.

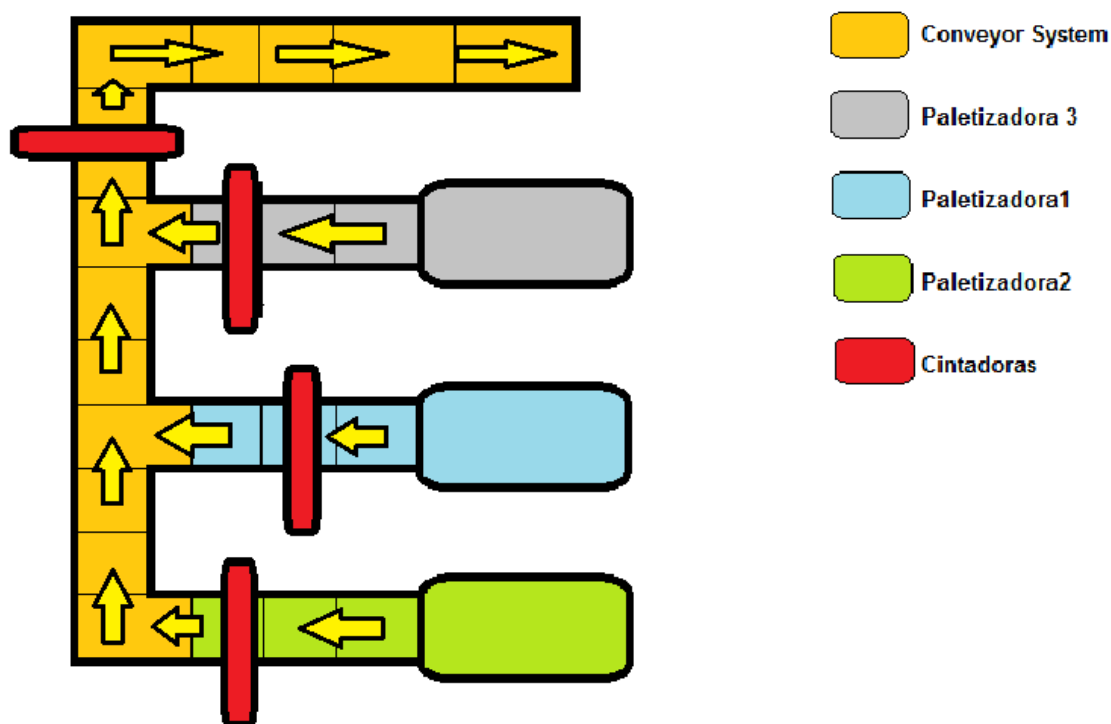


Figura 11 - Esteiras das Paletizadoras
Fonte: Autoria Própria

Esse é o processo contínuo de fabricação, onde as Paletizadoras 1 e 2 formam os *pallets* com as latas que foram produzidas em suas respectivas linhas de produção. A Paletizadora 3 é destinada a formar *pallets* com latas que necessitaram de retrabalho, sendo uma máquina com o mesmo princípio, porém menos automatizada, pois seu foco não é a velocidade de produção, e sim a qualidade na formação do *pallet*, as esteiras que dispensam os *pallets* prontos e o método de amarração é igual ao das paletizadoras das linhas contínuas.

Portanto, para que o processo ocorra de forma automática, sem a necessidade de operação manual, é necessário que as seguintes informações sejam trocadas entre as máquinas:

- Paletizadoras → Cintadoras 1/2/3 – Sinal para amarração
- Cintadoras 1/2/3 → Paletizadora – Sinal de amarração concluída

- Paletizadoras → *Conveyor System* – Sinal de *pallet* na última esteira aguardando a movimentação das esteiras do *Conveyor System*
- *Conveyor System* → Cintadoras 4/5 – Sinal para amarrar o *pallet*
- Cintadoras 4/5 → *Conveyor System* – Sinal para liberar o *pallet*
- Cintadoras 1/2/3 → Paletizadoras – Sinal de falha na amarração do *pallet* e sinal de intertravamento de segurança.

Segue a descrição da função de cada sinal a ser programado:

- Sinal para amarração: O sinal para amarração será enviado toda vez que o *pallet* estiver posicionado, seja nas esteiras da paletizadora, seja nas esteiras no *System Conveyor* em frente ao sensor de posicionamento específico e o sistema estiver em modo automático.
- O sinal de amarração concluída é enviado sempre que a Cintadora estiver concluído a amarração sem que tenha ocorrido nenhuma falha.
- O sinal de *pallet* na última esteira será enviado para o *System Conveyor* toda vez que o *pallet* estiver posicionado em frente ao último sensor óptico da última esteira das paletizadoras.

Na figura 12 mostra-se o *layout* do processo seguidos das descrições das trocas de dados entre os componentes.

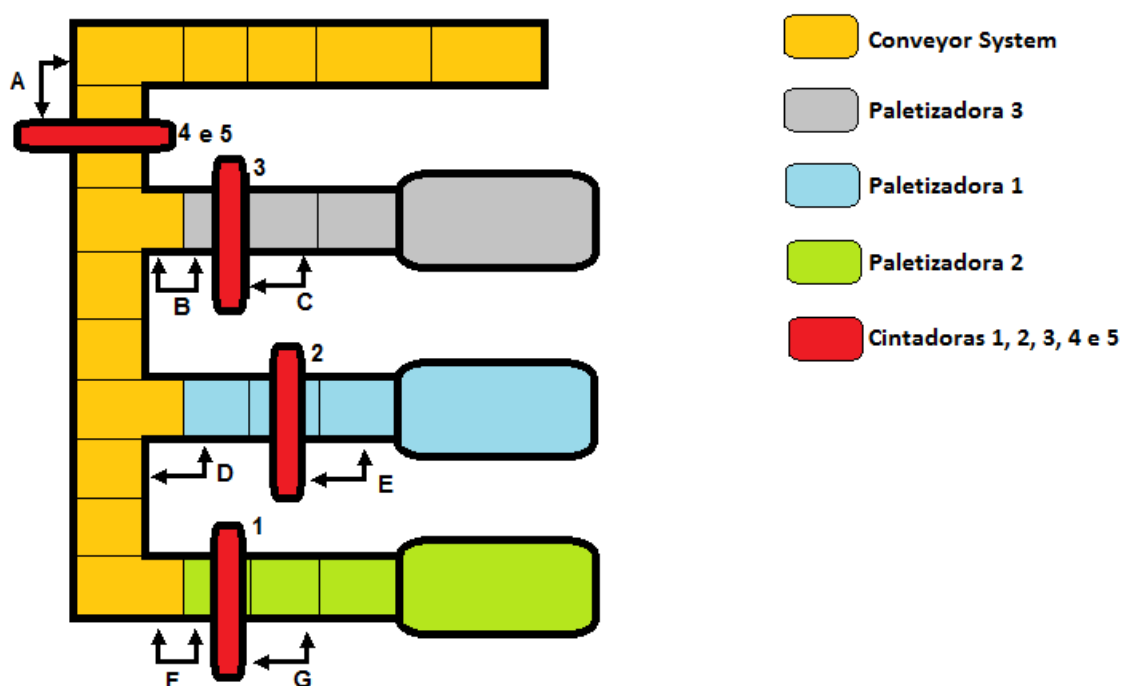


Figura 12 - Layout do Processo
Fonte: Autoria Própria

- Troca de dados A: Envio de sinal do Conveyor System para a Cintadora 4 ou 5 solicitando um ciclo de amarração e envio de sinais das Cintadoras 4 e 5 para o Conveyor System de amarração pronta.
- Troca de dados B: Envio de sinal do Sorter para as esteiras do Conveyor System para informar que o *pallet* está na última esteira do Sorter pronto para avançar ao Conveyor System e envio de sinal do Conveyor System para informar ao Sorter que pode ligar a esteira e movimentar o *pallet* até a próxima esteira.
- Troca de dados C: Envio de dados do Sorter para a Cintadora 3 solicitando um ciclo de amarração e envio de sinal da Cintadora 3 para o Sorter informando que o ciclo de amarração foi concluído.
- Troca de dados D: Envio de sinal da paletizadora para as esteiras do Conveyor System para informar que o *pallet* está na última esteira da Paletizadora pronto para avançar ao Conveyor System e envio de sinal do Conveyor System para informar a Paletizadora que pode ligar a esteira e movimentar o *pallet* até a próxima esteira.
- Troca de dados E: Envio de dados da Paletizadora para a Cintadora 2 solicitando um ciclo de amarração e envio de sinal da Cintadora 2 para a Paletizadora informando que o ciclo de amarração foi concluído.
- Troca de dados F: Envio de sinal da paletizadora para as esteiras do Conveyor System para informar que o *pallet* está na última esteira da Paletizadora pronto para avançar ao Conveyor System e envio de sinal do Conveyor System para informar a Paletizadora que pode ligar a esteira e movimentar o *pallet* até a próxima esteira.
- Troca de dados G: Envio de dados da Paletizadora para a Cintadora 2 solicitando um ciclo de amarração e envio de sinal da Cintadora 2 para a Paletizadora informando que o ciclo de amarração foi concluído.

3.2 PROGRAMAÇÃO

Todas as máquinas são comandadas por CLP *Rockwell*, e a linguagem de programação utilizada é o *Ladder*.

Para que se mantenha a ordem dentro dos programas das máquinas, foi estabelecido pelo departamento de manutenção elétrica, um padrão de estrutura para os programas e as rotinas que tratem da troca de dados entre as máquinas, onde foi criado um programa chamado “REDE” e todas as rotinas referentes a troca de dados entre máquinas devem ser criadas dentro deste programa com o nome do equipamento em que se deseja comunicar.

Ao longo do programa são utilizados comentários sempre que a interpretação não for óbvia e trivial.

Foi definido também pelo departamento de manutenção da empresa, que a troca de dados entre as máquinas se dará através do uso da instrução *Message* que, de acordo com o manual do RSLOGIX5000 (*Software* desenvolvido pela empresa Allen-Bradley para edição e configuração de programas de CLPs Allen-Bradley) *Online Help*, é uma instrução *Message* é usada para ler ou escrever blocos de dados em outro bloco de dados de outra rede. Para fins de manutenção e rastreabilidade, ficou também definido que somente será utilizada a instrução no modo de leitura de dados.

Foi também definido que toda a troca de dados se dará utilizando Duplo-inteiros (DINT), um duplo inteiro é constituído de 32 *bits* de dados, desta forma, poderão se transmitir, entre as máquinas, informações do tamanho de um *bit* (como o sinal de um sensor ou botão, por exemplo) e também informações como velocidade, posição, quantidades, entre outras.

Também a nomenclatura utilizada para os DINTs foi definida da seguinte forma:

- *RX_maquinaxx* → para as *TAGs* (nome das variáveis que serão utilizadas no programa) que receberão os dados lidos pelas *messages*.
- *TX_maquinaxx* → para as *TAGs* que serão lidas pela instrução *messages*.

Todas as máquinas em questão utilizam rede *DeviceNet* para comunicar-se com os inversores de frequência e os módulos de entrada e saída remota (*flex I/O*), onde são conectados as botoeiras de comando das esteiras e os sensores, por isso, utilizamos o *software RSNetWorxForDevicenet* (*Software* desenvolvido pela

empresa Allen-Bradley para configuração de redes industriais) para alterar parâmetros nos Inversores de frequência.

Como na rede *Devicenet* são usadas palavras de 4 *bytes*, o programa utiliza a função *BTD* (*Bit Field Distribute*) para mover estas palavras até as saídas correspondentes, pois permite organizar os *bits*, desta forma é possível mover, por exemplo, os bits correspondentes a referência de velocidade do inversor de frequência para os bits correspondentes a esta função conforme demonstra a Figura 13, onde uma TAG chamada *value_1*, após o uso da instrução *BTD* estará deslocando 6 bits (*Length*) a partir do bit número 3 (*Source Bit*) para o bit número 10 (*Dest Bit*).

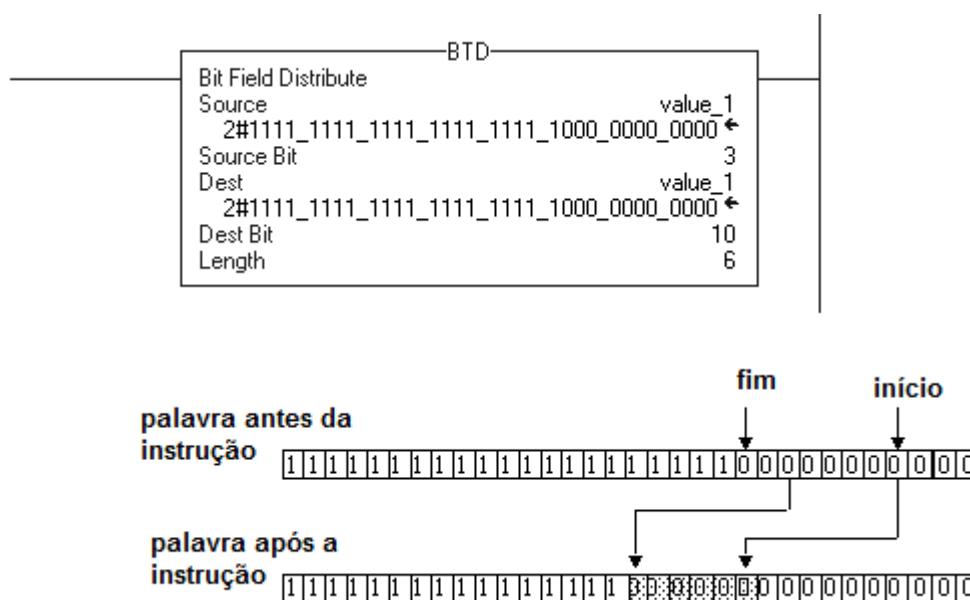


Figura 13 - Função BTD.
Fonte: Autoria Própria

Para os inversores, o programa utiliza 4 palavras de 16 *bits*, sendo duas para enviar dados para o inversor via *Devicenet* e duas para receber dados.

- *VFXXXXXX_COMMAND*: [OUT] Start, Stop, Fault Reset, Forward, Reverse, ACCEL, DECEL.
- *VFXXXXXX_REFERENCE*: [OUT] Referências de velocidade (Frequência)
- *VFXXXXXX_STATUS*: [IN] Indica ao programa o Status do drive, Ready, Fault.
- *VFXXXXXX_FEEDBACK*: [IN] Retorna ao programa os valores correntes no drive.

A Figura 14 tem as instruções do *RSNetWorx*.

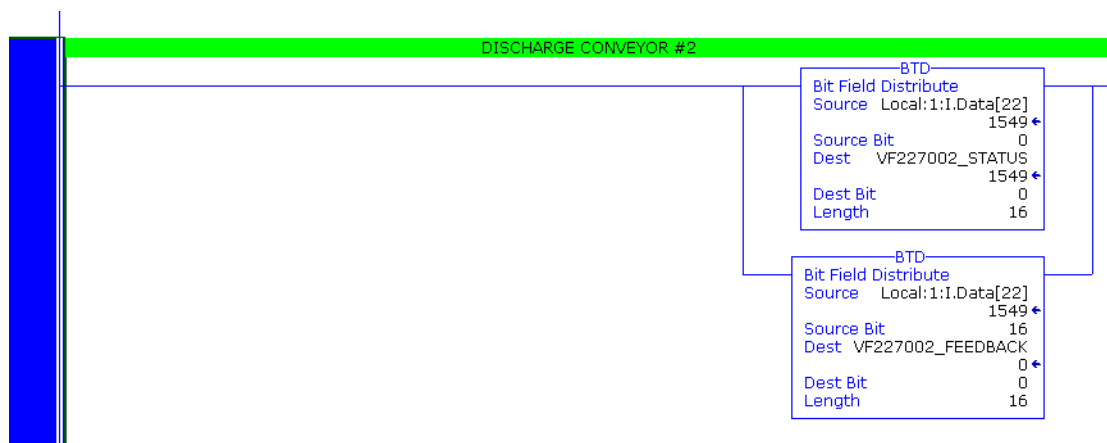


Figura 14 - Instruções do RSNetWorx for DeviceNet.
Fonte: Autoria Própria

Desta forma, é possível alterar parâmetros de velocidade dos motores das esteiras através do próprio programa. Parâmetros como aceleração, desaceleração e frequências máximas e mínimas podem ser alterados através do *RSNetworxforDeviceNet* ou então diretamente na interface do Inversor. No caso, são alterados via programa as referências de velocidade e diretamente na interface dos inversores os demais parâmetros.

Foram alterados parâmetros de velocidade e aceleração nas esteiras onde ocorre a cintagem do *pallet*, para evitar o tombamento de latas com os comandos de *start/stop* a cada amarração, pois um dos problemas é o tombamento de latas, que pode ser intenso nesse ponto, uma vez que o *pallet* está se movimentando sem a sustentação que é fornecida pelo processo de cintagem.

Os parâmetros alterados foram os seguintes:

- P035 – frequência máxima – alterados nos inversores das esteiras de saída da paletizadora e esteira 1 e 3 de saída de *pallets* prontos, de 60 para 80Hz, com esta alteração, a esteira ganhará velocidade nesses pontos, onde a movimentação do *pallet* é uniforme (não contem paradas e partidas para amarração ou para transferência de esteiras). Foi mantido uma frequência máxima superior a referência ideal pois eventualmente, para outros tamanhos de produtos pode ser necessário aumentar a referência de velocidade.
- P039 – Tempo de aceleração, alterado na esteira 2 de saída de 0,1s para 2s, para que a partida da esteira seja mais suave, evitando tombamento de latas este valor foi definido após diversos testes realizados no equipamento durante a implantação da melhoria

- P040 – tempo de desaceleração, alterado na esteira 2 de saída de 0,1s para 2s, para que a parada da esteira seja mais suave, evitando tombamento de latas.

Estes parâmetros foram alterados diretamente na interface do Inversor. No programa, foram alterados os valores de frequência nominal dos inversores. Na Figura 15 segue o trecho do programa responsável pela parametrização do valor de frequência, que enviará os dados via *Devicenet* para o inversor. No programa, o valor de referência de frequência deve ser multiplicado por 10, logo, o valor 660 visualizado na figura abaixo corresponde a 66Hz.

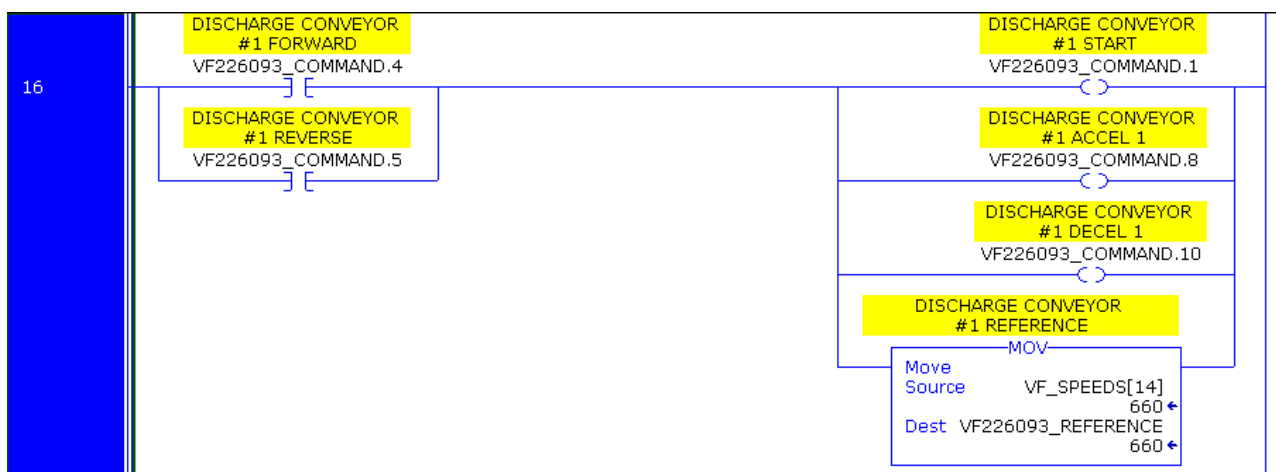


Figura 15 - Parametrização do valor de frequência.
Fonte: Autoria Própria

Foram alteradas as seguintes referências:

- Esteira de saída da paletizadora: de 60Hz para 66Hz
- Esteira de saída 1: de 60Hz para 66Hz, aumentando a velocidade da esteira, que possui um movimento uniforme, sem paradas para cintagem, liberando assim a máquina para iniciar um novo ciclo de paletização, uma vez que o *pallet* pronto deixa a máquina mais rapidamente.
- Esteira de saída 2: de 60Hz para 55Hz, nesta esteira foi reduzida a velocidade devido ao grande número de paradas da esteira para a cintagem do *pallet*.
- Esteira de saída 3: de 60Hz para 72Hz, esta esteira foi acelerada, pois o *pallet* já está amarrado e a esteira não possui paradas para cintagens ou transferência de esteiras.

Nas esteiras do de saída da paletizadora e esteira 1, foi alterado ligeiramente a referência para tornar o transporte mais rápido, porém foi limitado a 66Hz, pois neste estágio os *pallets* ainda não estão amarrados. Na esteira de número 2, foi reduzida a referência de velocidade, pois nesta esteira o *pallet* executa três paradas e partidas devido ao processo de cintagem. Na esteira de número 3 a referência foi alterada para 72hz, pois neste estágio, o *pallet* já está amarrado, estando assim menos susceptível a tombamento de latas, permitindo o uso de velocidade de transporte maior.

3.3 INTERTRAVAMENTO DE SEGURANÇA NA CINTADORA

A Cintadora possui um estabilizador, que é uma barra de ferro que desce sobre o *pallet* exercendo uma leve pressão sobre o mesmo, visando dar maior sustentação ao *pallet* enquanto o mesmo estiver sendo cintado.

Por vezes, devido à necessidade de operação manual da Cintadora, pode ocorrer uma falha no processo onde o estabilizador de *pallets* é deixado em uma posição inferior à altura do *pallet*, podendo causar o seu tombamento durante o transporte na esteira. Por este motivo, foi instalado um sensor do tipo óptico, retro-reflexivo, igual aos utilizados nas esteiras.

A função deste sensor foi parar a movimentação da esteira sempre que o *pallet* estiver em uma altura perigosa para a sua sustentação em função da altura do estabilizador, ou seja, caso o estabilizador esteja em uma altura inferior a altura do *pallet*, o que pode acontecer após a cintagem de *pallets* com menos camadas que o normal ou após processos de cintagem em manual onde o operador esqueça de retornar o estabilizador para uma altura acima da nominal do *pallet* que é de cerca de 2,5m de altura. Desta forma, a esteira somente irá se movimentar se o estabilizador estiver em uma zona livre de se chocar com o pallet

O sensor foi ligado ao CLP da Cintadora, onde enviará um sinal para a paletizadora, para bloquear o envio de comando de partida do motor, na Figura 16 segue o *bit* que é enviado para a paletizadora.

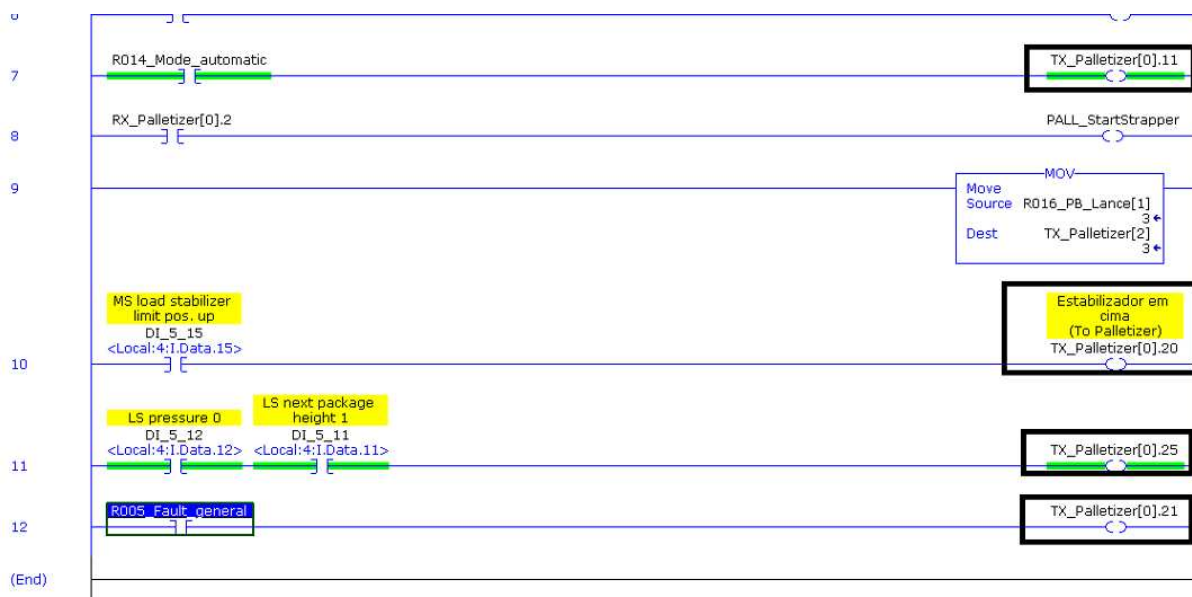


Figura 16 - Instrução de envio do bit à paletizadora.

Fonte: Autoria Própria

Nas figuras 17 e 18 mostram os trechos do programa da paletizadora onde há a recepção e o uso do sinal enviado pela Cintadora e o tratamento do mesmo para parada da esteira *Discharge Conveyor#2*.

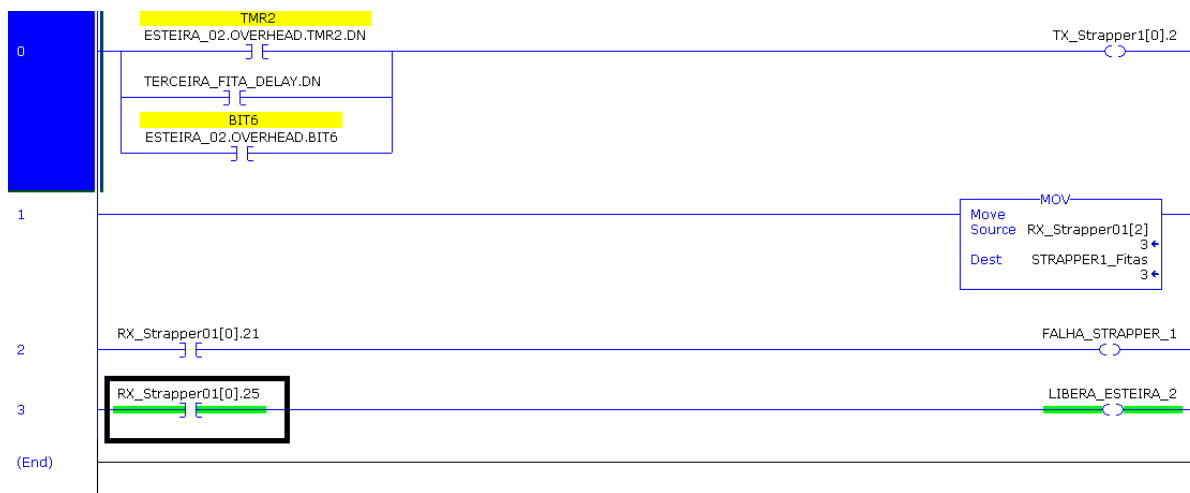


Figura 17 - Recepção do sinal de parada da esteira

Fonte: Autoria Própria

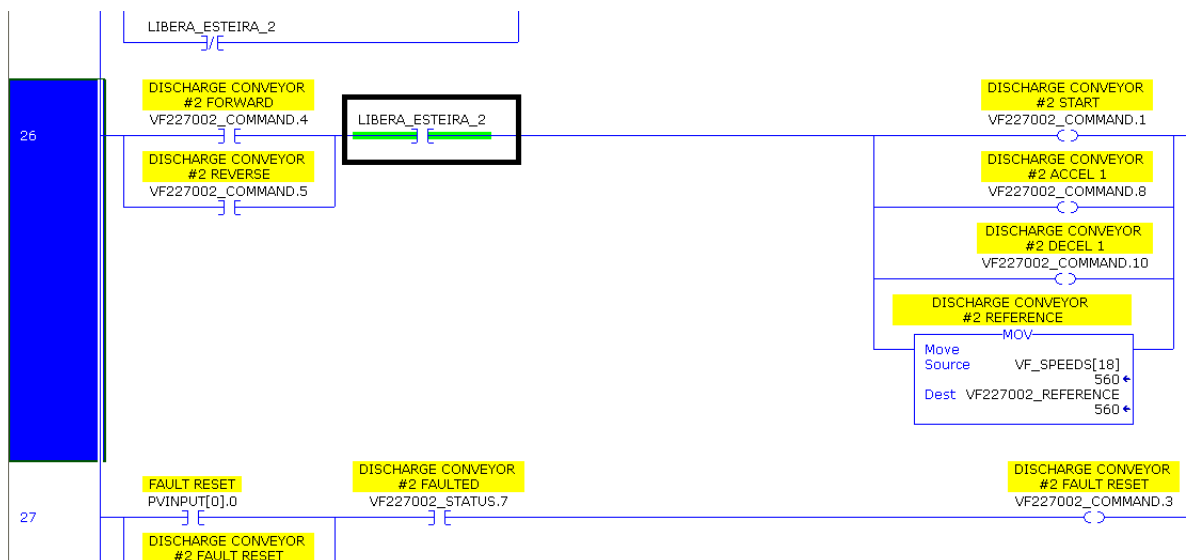
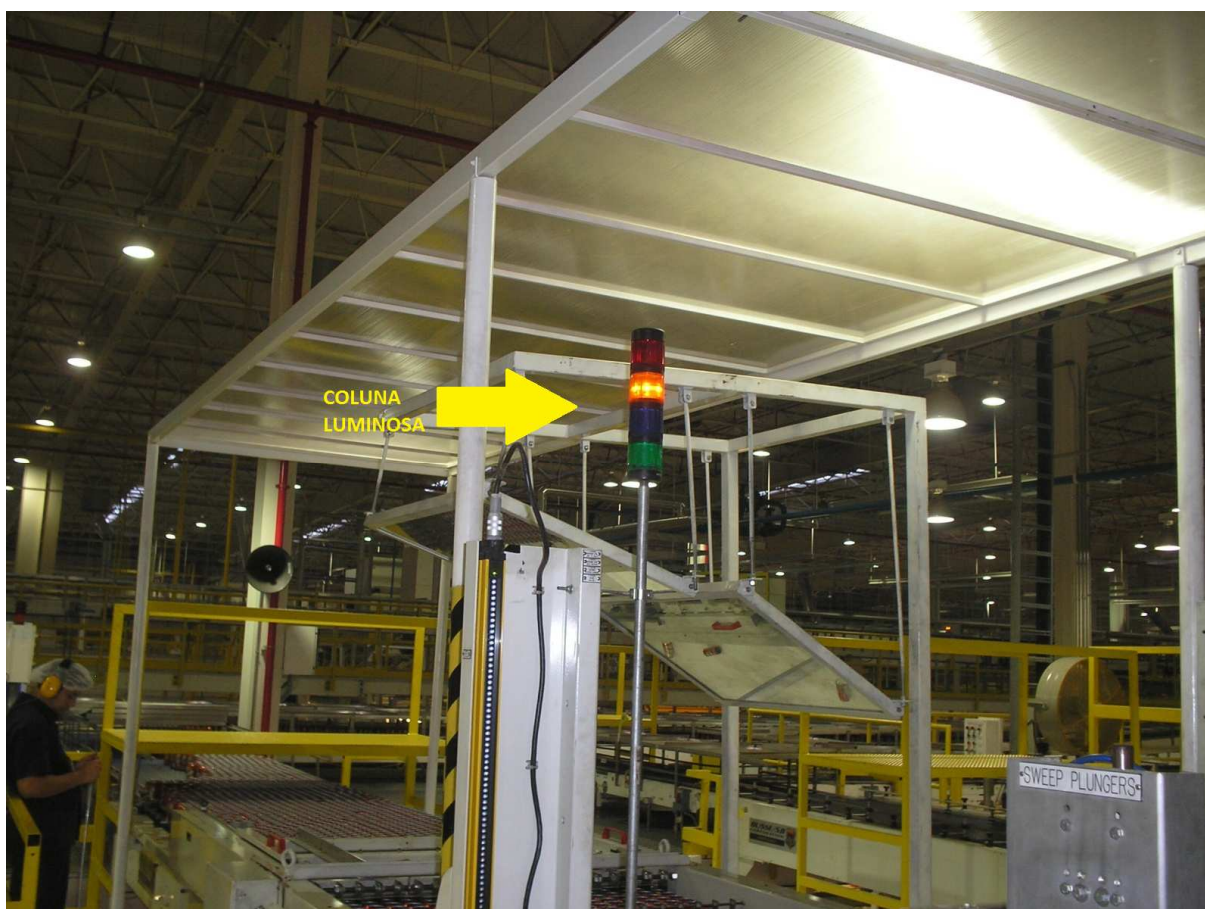


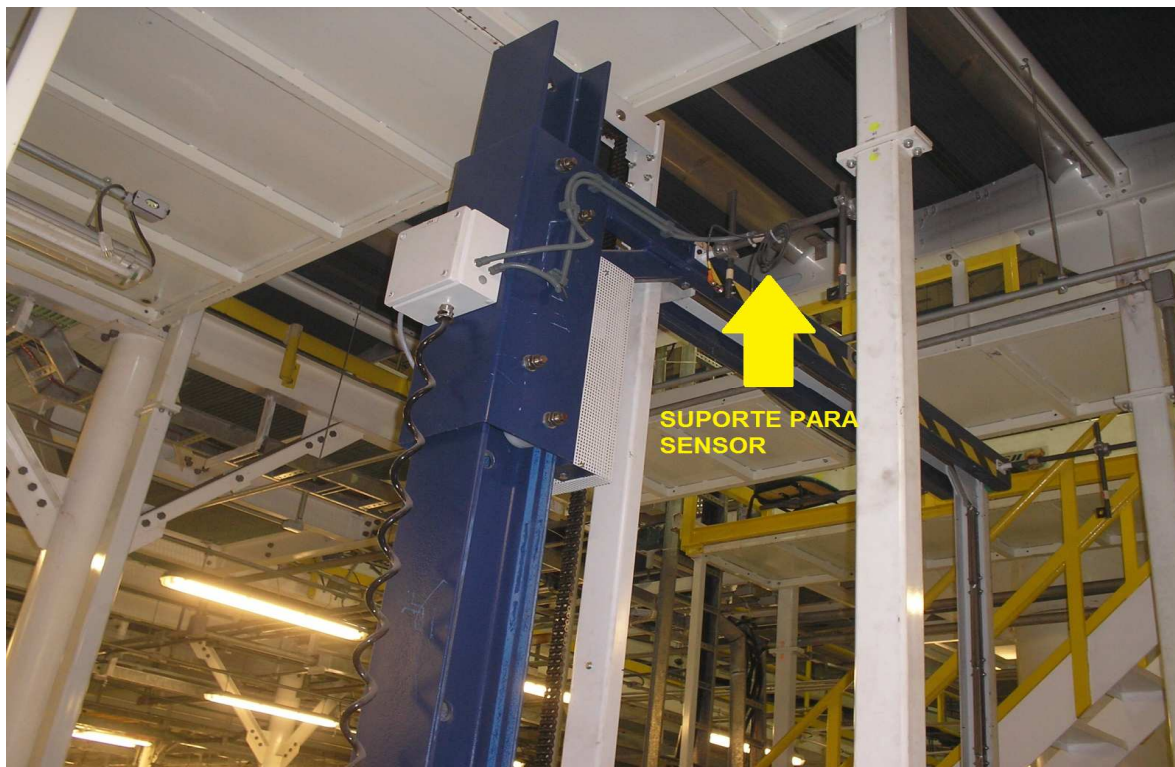
Figura 18 - Tratamento do sinal de parada da esteira
Fonte: Autoria Própria

Há também um sinal luminoso indicando falha na paletizadora, como segue na Fotografia 7, seguindo os padrões técnicos.



Fotografia 6 - Torre de iluminação para sinalização.
Fonte: Autoria Própria

Nas Fotografias 8 e 9 têm-se o estabilizador com suporte para a colocação dos sensores de intertravamento.



**Fotografia 7 - Estabilizador com suporte para colocação do sensor de intertravamento.
Fonte: Autoria Própria**



Fotografia 8 - Estabilizador onde foi instalado o sensor de intertravamento.
Fonte: Autoria Própria

3.4 CONFIGURAÇÃO DE ALARME NA IHM

Para facilitar o monitoramento do processo de empilhamento e transporte de latas, o operador conta com o suporte de uma IHM. Nesta, foram adicionados alguns novos alarmes, para auxiliar o operador quando acontecer alguma falha.

Para criar alarmes é necessário fazer algumas definições tais como:

- Condições de acionamento dos alarmes
- Notificação para operador
- Envio de mensagens.

Em conjunto com os técnicos do processo, foi definido quais eram as possíveis falhas que poderiam acontecer, então estas variáveis foram adicionadas ao programa do CLP, como mostra a Figura 19.

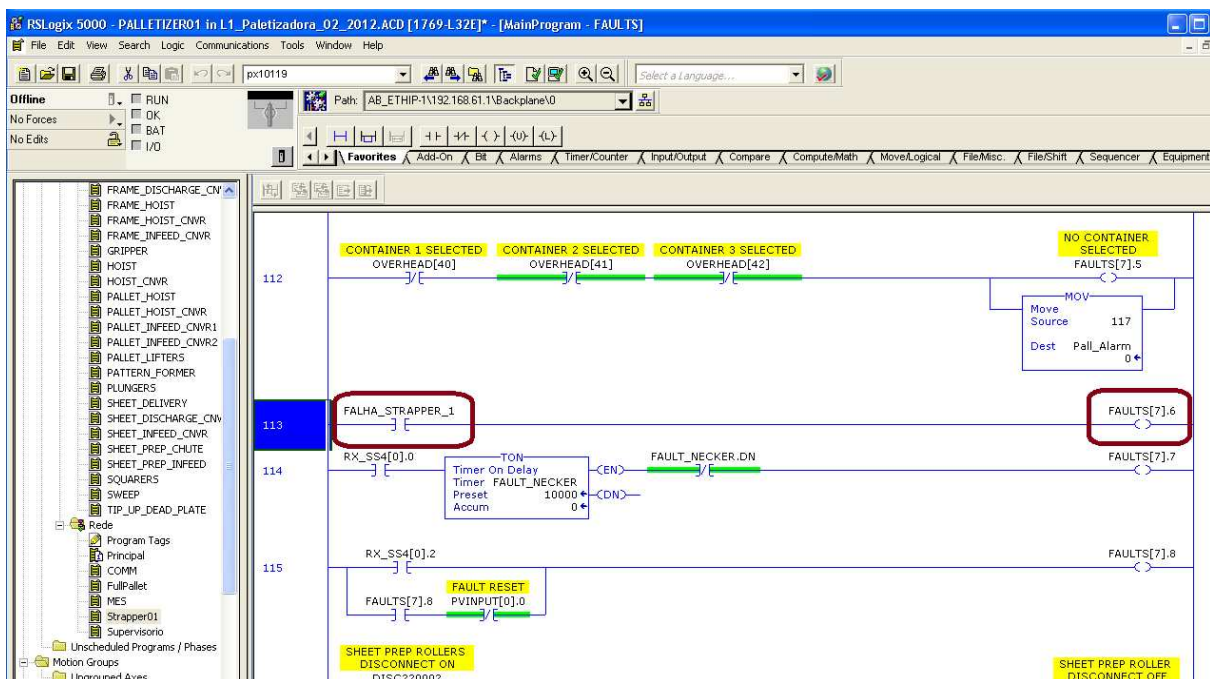


Figura 19 - Programa de Falhas do CLP.
Fonte: Autoria Própria

Utilizando o software *RSFactory Talk View Studio* (Software desenvolvido pela empresa Allen-Bradley para a configuração e edição de programas de IHM), foi configurado os novos alarmes, onde no campo *Select trigger* deve ser apontado a TAG correspondente a geração de alarmes no programa do CLP conforme na Figura 20.

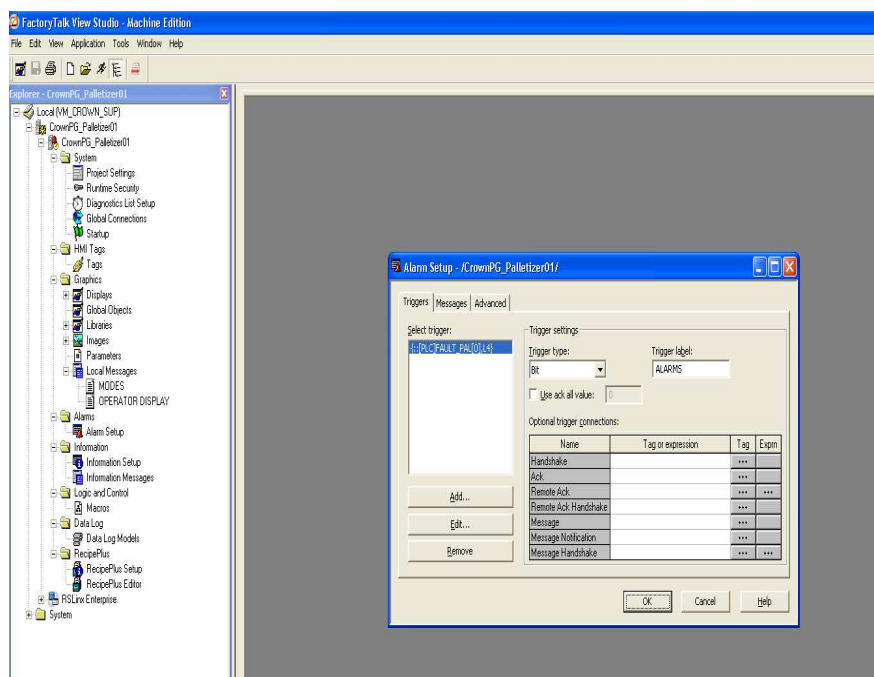


Figura 20 - Tela de Alarmes.
Fonte: Autoria Própria

Após a configuração, na tela do *Alarm Setup* é escrito a mensagem que será disparada quando o *bit* correspondente ao programa for setado, então a mensagem aparecerá na tela para o operador, ilustrado na Figura 21.

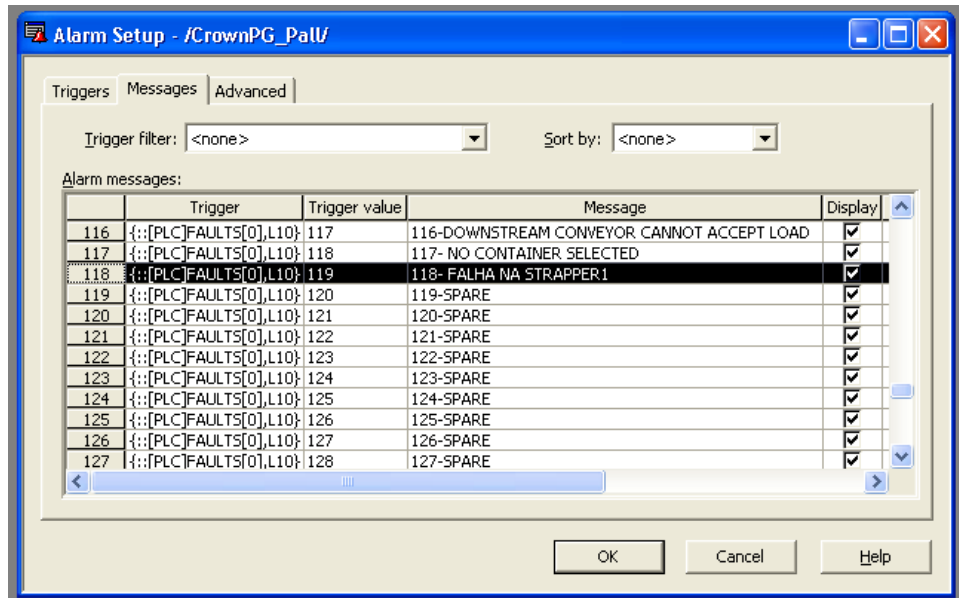


Figura 21 - Tela do Alarm Setup.
Fonte: Autoria Própria

Um dos itens principais é a notificação para operador, foi adotado um conceito ergonômico para chamar a atenção, segundo Petterson (1989), os olhos tendem a se mover para:

- Uma imagem grande para uma menor;
- Uma imagem colorida para outra monocromática;
- Formas simétricas para formas assimétricas;
- Algo que se move e pisca para uma imagem estática.

Para auxiliar o processo de manutenção da máquina foi criado um histórico de alarmes na IHM, onde é possível verificar as últimas ocorrências priorizando assim as ações a serem tomadas para correção das falhas mais decorrentes.

Na Fotografia 10 demonstra o histórico de alarmes de falhas no console.

GOTO SWEEP SCREEN	* 4:40:35 AM	031-TIPPED CAN IN PATTERN RITE
GOTO SHEET DELIVERY	4:40:34 AM	034-LAYER LOWER PE MAY NOT HAVE CLEARED
GOTO HOIST SCREEN	4:40:01 AM	066-SHEET MAY STILL BE AT STOP
GOTO DUNNAGE SCREEN	4:39:44 AM	064-DOUBLE SHEET DETECTED
GOTO SHEET PREP INFEEED	4:39:18 AM	118-FALHA NA STRAPPER 1
GOTO SHEET PREP CHUTE	* 4:39:17 AM	031-TIPPED CAN IN PATTERN RITE
GOTO PALLET CONVEYOR	4:38:11 AM	064-DOUBLE SHEET DETECTED
	4:37:31 AM	118-FALHA NA STRAPPER 1
	4:37:05 AM	118-FALHA NA STRAPPER 1
	4:35:06 AM	021-FRAME & PALLET CARRIAGE DRIVE FAULT

Fotografia 9 - Histórico de falhas no console.
Fonte: Autoria Própria

3.5 SENSORES ÓPTICOS

Para garantir que o sistema funcione corretamente, foram utilizados sensores ópticos retrorreflexivos, para que os *pallets* fiquem devidamente posicionados nas máquinas.

Uma das desvantagens deste sensor neste processo é que ele necessita de um refletor, e neste caso as latas podem funcionar como um refletor, fazendo com que o mesmo se perca na leitura dos *pallets*.

Para que não ocorra uma falha de leitura, é posicionado o sensor de modo que o feixe de luz refletido pelas latas fique fora do alcance de leitura do sensor, assim o sensor vai somente fazer leitura dos feixes refletidos pelo espelho prismáticos (refletor).

A seguir nas Fotografias 11 e 12 são apresentados os sensores utilizados.



**Fotografia 10 - Posicionamento dos sensores na Strapper (Cintadora) definindo os três pontos de parada do pallet para cintagem.
Fonte: Autoria Própria**



**Fotografia 11 - Espelhos refletivos para os sensores.
Fonte: Autoria Própria**

3.6 RESULTADOS E ANÁLISES

Após a implementação das melhorias e realizados os últimos ajustes, foram constatados os seguintes resultados

Na saída das paletizadoras, a alteração na velocidade dos motores das esteiras, bem como no tempo das rampas de aceleração e desaceleração, trouxeram um ganho de velocidade durante a troca de *pallets* e uma sensível redução no tombamento de latas. A troca de *pallets*, que antes era realizada em aproximadamente 45 segundos, foi reduzida para 25 segundos, enquanto o tombamento de latas que antes era de aproximadamente 300 latas por turno de 12 horas, foi reduzido a cerca de 100 latas no mesmo período. Esta aceleração aumentou a disponibilidade da máquina, que antes tinha capacidade para fabricar aproximadamente 520 *pallets* por dia, e agora é capaz de fabricar cerca de 570 *pallets* por dia.

Nas Cintadoras, foi possível padronizar os pontos de amarração através do reposicionamento dos sensores, evitando assim possíveis reclamações de clientes.

O alarme da paletizadora para indicar falha na Cintadora cumpriu sua função de informar o operador sem parar a máquina e constatamos que resultados melhores poderiam ser obtidos com a colocação de um alarme sonoro juntamente com o alarme luminoso, porém devido ao ruído extremamente elevado no local, seria inviável.

O intertravamento de segurança funcionou corretamente, evitando qualquer movimento da esteira nº2, seja em manual ou em automático, estando o *pallet* na zona de risco, o que eliminou o risco de acidentes por falha de operação do equipamento.

Em geral, após os ajustes e testes em todas as alterações, constatou-se que o sistema proposto cumpriu a sua função, proporcionando ganho de tempo, segurança e padronização do processo.

4 CONCLUSÃO

Diante dos problemas apontados no processo manual, de movimentação e amarração dos *pallets*, verificou-se que o sistema automatizado otimizou o processo.

A comunicação funcionou perfeitamente via rede *Ethernet* e não foi constatados problemas com o tráfego de dados entre as máquinas, proporcionando uma redução no tempo de transporte de *pallets*, além de se excluir assim, a necessidade de mão de obra de um operador, durante todo o turno, trabalhando exclusivamente com essa movimentação de *pallets*. Com o sistema implantado, o operador limita-se a reabastecer as Cintadoras com seus consumíveis.

Uma das dificuldades encontradas nos primeiros ensaios realizados após as alterações, foi verificada a necessidade de realocar os sensores de posicionamento de *pallets* para cintagem, pois a terceira fita ficou muito distante do final do *pallet* ocasionando tombamento de *pallets* nas trocas de esteiras, após o reposicionamento do sensor da terceira fita o problema foi resolvido.

Tão somente foram realizados os testes, o sistema foi implementado permanentemente pela empresa. As manutenções no sistema se limitam a reapertos e limpezas nos sensores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carlos Alberto José de; SANTOS, Fábio Lobue dos, Redes industriais, Escola SENAI Antônio Souza Noschese – SP, 2010.

ANTONELLI, Pedro Luis, Introdução aos controladores lógicos programáveis (clp's), 2008. Disponível em: <http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf>. Acesso em: Novembro de 2011.

CASSIOLATO, César, Redes industriais, 2011. Disponível em: <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>. Acesso em Dezembro de 2011

CAPELLI, Alexandre, Automação industrial: controle de movimento e processos contínuos, 2008. Editora Érica 2008.

CASTRO, Gleston F. de, Inversor de frequência: conceitos e técnicas de aplicação, 2004.

COELHO, Marcelo Saraiva, Redes de comunicação industrial: padrões industriais, Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo , CEFET-SP, 2008.

CORREIA, Ana; MARQUES, Luís; SOUSA, Marco, Sensores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~eol/SP-leec/TRABALHOS/ROB/sensores.html>. Acesso em: Maio de 2011.

DIAS, Beethovem Zanella; ALVES JR., Nilton, Evolução do padrão *ethernet*, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2002.

FONSECA, Ijar M., Sensores, transdutores e detectores, Universidade São Judas, 2002. Disponível em: <http://www2.dem.inpe.br/ijar/SenTrand3.doc>. Acesso em: Maio de 2011.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de, Controladores lógicos programáveis, 2008. Editora Érica, 2008.

FRANCHI, Claiton Moro, Acionamentos elétricos, 2008. Editora Érica, 2008.

GUIMARÃES, Julio Cesar, Linguagens de programação de controladores lógicos programáveis (clp's) e redes industriais de comunicação, 2010. Disponível em: <http://bernadete.eeol.org/IVSEEL/Palestras/LINGUAGENS%20CLP.ppt>. Acesso em: Novembro de 2011.

LANDER, Cyril W., Inversor de frequência, 2006. Disponível em: <http://www.faatesp.edu.br/publicacoes/inversor1.pdf>. Acesso em: Outubro de 2011.

LOPEZ, André; AFONSO, Antônio; ANTUNES, Ricardo Antunes, Monografia da disciplina de seminário dos cursos de engenharia informática e das tecnologias de informação da Escola Superior de Tecnologia. 2005. Disponível em: <http://redesindustriais.areadeservico.com/>. Acesso em: Julho de 2011.

LUGLI, Alexandre B., Sistemas de fieldbus para automação industrial: devicenet, canopen, sds e ethernet, Editora Érica, São Paulo, 2009.

MARTINEZ, Marina, Topologias de redes, 2010. Disponível em: <http://www.infoescola.com/informatica/topologias-de-redes/>. Acesso em: Março de 2012.

MARTINS, Agnaldo Lopes; MARANI, Sandro, Topologias de rede, Unicentro Newton Paiva, 2008.

MATHEUS, Henrique, Conversores de frequência e soft, 2005. Disponível em: <http://www.ejm.com.br/download/Inversores.pdf>, Acesso em: Outubro de 2011.

MOREIRA, Marcelo dos Santos, Histórico e evolução das redes de telecomunicações e de computadores, Faculdade Marechal Rondon, 2005.

Disponível em: www.fmr.edu.br/material/GSI/3_semestre/redes/rede_aula1.doc.

Acesso em: Maio de 2011.

NEADER, SCOTT (QSL.NET), Sistema de comunicação, 2009. Disponível em:

<http://www.qsl.net/pt2pes/apostilaosm.doc>. Acesso em: Maio de 2011.

OLIVEIRA, Frederico Bida de, Interfaces usuário-máquina, 2009. Disponível em:

<http://pt.scribd.com/doc/6568402/lhm>. Acesso em: Maio de 2011.

PADOVAN, Marco Aurélio D. G.; ROSSIT, Ricardo, Redes industriais: devicenet, 2008.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson Eugenio dos, Automação e controle discreto, 1998. São Paulo, Editora Érica, 1998.

PEREIRA, Carlos Eduardo, Redes de computadores, 2005. Disponível em:

<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/ele00012/redecom1.pdf>. Acesso em: Novembro de 2011.

PETTERSON, Bo C, Ergonomics: a key to reliable process operation, 1989.

PINTO, Paulo Henrique, Funcionamento de um controlador lógico programável, 2008. Disponível em:

http://www.pharmaster.com.br/artigos/docs/20080703_7439_Funcionamento%20de%20um%20CLP.pdf. Acesso em: Novembro de 2011.

SANTOS FILHO, Carlos José dos, IHM: interface homem máquina, 2007. Disponível

em: <http://blogdoprofessorcarlao.blogspot.com/2009/07/ihm-interface-homem-maquina.html>. Acesso em: Maio de 2011.

SMAR Equipamentos Industriais, DeviceNet, 2010. Disponível em:

<http://www.smar.com/brasil2/devicenet.asp>. Acesso em: Maio de 2011.

SEIXAS FILHO, Constantino, Devicenet, Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Eletrônica, 2009.

SOUSA, Marco Antonio Baptista de, Sistemas de controle de automação industrial, 2002. Disponível em: <http://www.eletronica24h.com.br/artigos/CLP/CLP01.htm>.

Acesso em: Novembro de 2011

TANENBAUM, Andrew S., Rede de computadores, 3ª Ed., São Paulo, 1997.

TYSON, Jeff, Como funcionam *switches* LAN (redes de comunicação local), 2008.

Disponível em: <http://informatica.hsw.uol.com.br/lan-switch16.htm>. Acesso em Março de 2012.