

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

LUPÉRCIO DE SOUZA

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
CONTROLAR UMA LINHA DE FORMA E DESFORMA DE PAVERS®**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

LUPÉRCIO DE SOUZA

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
CONTROLAR UMA LINHA DE FORMA E DESFORMA DE PAVERS®**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Bertotti

PATO BRANCO

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de Diplomação intitulado **Implementação de um Sistema Automatizado para Controlar uma Linha de Forma e Desforma de Pavers®** do aluno **LUPÉRCIO DE SOUZA** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **146** de 2013.

Fizeram parte da banca os professores:

Prof°. Fábio Luiz Bertotti

Prof° Savio Alencar Maciel

Prof° César Rafael Claire Torrico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família pelo apoio nas dificuldades onde recebi muitos incentivos para continuar essa importante caminhada em minha vida. Em especial a minha esposa Elisângela, minha mãe Lady e minha filha Maria Elisa pela motivação para chegar ao fim deste. Sou muito grato também aos professores da UTFPR pelo conhecimento que me foi transmitido, essencial para o desenvolvimento deste trabalho, ao Professor Dr. Fabio Luiz Bertotti por sanar as dúvidas decorrentes desse período, pela insistência em elaborar um trabalho de qualidade a cada nova versão. A cada cliente que entendeu quando precisei deixar de lado as tarefas do dia a dia para fazer as atividades desse trabalho.

RESUMO

SOUZA, Lupércio de. **Implementação de um Sistema Automatizado para Controlar uma Linha de Forma e Desforma de Pavers®**. 2013. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial) – Programa de Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Pavers® são blocos de cimento Portland e representam uma solução viável para pavimentação de ruas e calçadas. Uma máquina de fabricação de Pavers® é um equipamento simples, compacto e possui poucas etapas em seu processo, compreendendo um misturador de agregados que faz a mistura de cinco tipos de produtos sendo eles, areia natural, areia artificial, pedrisco, água e cimento. Desta mistura resulta uma massa homogênea que depois de compactada se transforma em blocos resistentes. Este trabalho aborda a instalação de um sistema automatizado de controle de posicionamento de chapas de transporte de Pavers® sobre as esteiras, assim como a instalação e controle dos elevadores que acomodam e retiram as chapas dos racks. Em seguida será apresentado o controle da esteira responsável pelo posicionamento dos racks e o desenvolvimento do controle do extrator de Pavers® e o tombador de chapas base. Por fim, são apresentados os resultados do presente trabalho e as conclusões obtidas.

Palavras-chave: Paver®, Linha de forma e desforma, Sensor Indutivo, Encoder, IHM, CLP.

ABSTRACT

SOUZA, Lupércio de. Implementation of a System for Automating a Paver Manufacturing Plant. 2013. 58 f. Graduation Conclusion Work (Graduation in Industrial Automation Technology) – Technology Graduation Program, Federal University of Technology – Paraná. Pato Branco, 2013.

Paver[®] are Portland cement blocks and represent a viable solution for paving streets and sidewalks. A Paver[®] manufacturing machine is a simple and compact equipment, and has fewer steps in the process, comprising an aggregates pan mixer that makes the mixing of input products, which comprises five types, being natural sand, artificial sand, gravel, water and cement. This mixture results in a homogeneous mass that once compressed provides resistant blocks. This paper deals with the installation of an automated system for positioning control of Paver[®] transport plates over mats, as well as the installation and control of elevators that place and remove plates from racks. Then it is presented the mat control system responsible for racks positioning and development of Paver[®] extractor controller and the base plate tilter. Finally, the results of this work will be presented and discussed.

Keywords: Paver[®], paver forming plant and mould remover machine, inductive sensor, encoder, Human-Machine Interface (HMI), Programmable Logic Controller (PLC).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de uma IHM.....	24
Figura 2: Mini CLP.....	27
Figura 3: CLP Médio Porte.....	27
Figura 4: CLP Grande Porte.....	27
Figura 5: Diagrama de blocos do hardware de um CLP.....	28
Figura 6: Diagrama de Blocos de um Inversor.....	33
Figura 7: Diagrama em blocos do sistema de controle implementado.....	35
Figura 8: Inversor de frequência ATV 31.....	41
Figura 9: Sensor Indutivo Turck NI35U-CK40-AP6X2-H1141.....	43
Figura 10: Sensor fotoelétrico tipo barreira emissor e receptor.....	44
Figura 11: Encoder Incremental Veeder-Root HS35B100093127.....	45
Figura 12: Descrição do processo de fabricação de Paver®.....	46
Figura 13: Diagrama do elevador de forma de Paver®.....	47
Figura 14: Diagrama da Esteira de Racks.....	48
Figura 15: Configuração da porta de contagem rápida.....	50
Figura 16: Diagrama do Extrator de Pavers®.....	52
Figura 17: Diagrama do Tombador de Chapas.....	52
Figura 18: Elevadores de forma e desforma.....	54
Figura 19: Encoder do Elevador de Forma.....	55
Figura 20: Painel de controle com os inversores.....	56
Figura 21: Interface IHM.....	56
Figura 22: CLP Siemens.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais utilizados na implementação da linha de forma e desforma de Pavers®	36
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Corrente Contínua
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Controle Numérico Computadorizado
COM	<i>Component Object Model</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DLL	<i>Dynamic Link Library</i>
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
HELE	Altura Do Elevador
HMAX	Altura Máxima Do Elevador
IHM	Interface Homem Máquina
IL	<i>Instruction List</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
LBB	<i>Last Beam Blocked</i>
LD	<i>Ladder Diagram</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MIS	<i>Management Information System</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
NC	Controle Numérico
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>
OPC	<i>OLE for Process Control</i>
PC	<i>Personal Computer</i>

PCP	Planejamento e Controle da Produção
PELE	Quantidade De Pulsos Até A Gaveta Pré-Determinada
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PMAX	Quantidade De Pulsos Do Encoder Na Altura Máxima
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Aquisition</i>
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>
ST	<i>Structured Text</i>
UCP	Unidade Central de Processamento
VCA	Volts de Corrente Alternada
VCC	Volts de Corrente Continua

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
SUMÁRIO.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	15
2.2 SENSORES INDUSTRIAIS	16
2.2.1 Alimentação de Sensores	16
2.2.2 Saída dos sensores	17
2.2.3 Tipos de Sensores:.....	18
2.2.3.1 Sensores indutivos	18
2.2.3.2 Sensores Ópticos	19
2.2.3.3 Chaves Mecânicas (Fim de curso)	21
2.2.3.4 Encoders	22
2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA	24
2.4 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS	25
2.4.1 Tipos de CLP	26
2.4.2 Hardware de um CLP	28
2.4.3 Softwares para programação de CLPs	30
2.4.4 Linguagens de Programação de CLP's	31
2.5 INVERSORES DE FREQUÊNCIA	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	36
3.1.1 Interface Homem-Máquina EPAD 06.....	38
3.1.2 CLP S7-200	39
3.1.3 Inversores de frequência ATV312HU40N4 e ATV312HU55N4	41
3.1.4 Sensor Indutivo NI35U-CK40-AP6X2-H1141.....	43

3.1.5	Sensores Fotoelétricos QS186EQ8 e QS18VP6RQ8.....	43
3.1.6	Encoder incremental HS35B100093127.....	44
3.2	METODOLOGIA.....	45
3.2.1	Sistema de forma e desforma de Pavers®.....	45
3.2.2	Esteira de entrada do elevador de Forma.....	46
3.2.3	Elevador de forma.....	47
3.2.4	Esteira de racks.....	48
3.2.5	Elevador de desforma.....	49
3.2.6	Controle de velocidade dos motores dos elevadores.....	49
3.2.6.1	Controle de avanço e recuo dos elevadores.....	49
3.2.6.2	Controle de subida e descida dos elevadores.....	50
3.2.7	Sistema de retirada de Pavers® e tombamento de chapas.....	51
3.2.8	APLICAÇÃO DO CLP E IHM.....	53
4	RESULTADOS.....	54
4.1	SISTEMA DE FORMA E DESFORMA DE PAVERS®.....	54
4.2	APLICAÇÃO DO CLP E IHM.....	55
5	CONCLUSÕES.....	58
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que o setor de automação vem crescendo continuamente, no ano de 2011 verificou-se que as áreas relacionadas a bens de capital para uso industrial dentre elas a Automação Industrial teve um crescimento de 5%, esse resultado revelou-se muito aquém da necessidade da ampliação da capacidade produtiva do País, visto que este setor previa no final da ano passado um crescimento de 13% (2012) (ELIAS ROCHEL, 2012).

O uso do Paver, uma prática muito executada em grandes centros, aos poucos conquista as cidades de pequeno e médio porte, ele surge como uma solução viável de pavimentação de ruas e calçadas. Esta mudança ocorre devido ao custo- benefício. Uma das características do sistema é que a sua aplicação pode ser dividida em trechos, o que garante a execução por etapas, e assim, podendo também parcelar o seu custo e facilitar a viabilidade da obra. Em muitos países europeus, principalmente na Alemanha o uso de Paver® é predominante, nestes países, são fabricados e aplicados anualmente aproximadamente 80 milhões de metros quadrados. No Brasil, principalmente na região Sul, houve um significativo aumento na aplicação, devido à boa impressão, resistência e baixa manutenção de tipo de pavimentação nos últimos anos, seja pela estética, pela durabilidade ou pela pouca necessidade de manutenção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND, 2009).

A máquina de fabricação de Pavers® também conhecida como vibroprensas multifuncionais, é utilizada na produção de artefatos de cimento Portland, o nome é dado devido ao tipo de mecanismo utilizado para que o material penetre e preencha as formas de metal do equipamento, os resultados desse tipo de produção, são o controle de homogeneidade, resistências mecânicas, textura e dimensões (FIORITI, 2007).

Este trabalho aborda primeiramente a instalação de um sistema automatizado de controle de posicionamento das chapas sobre as esteiras, onde são alocados os Pavers®.

Também será descrita a instalação e controle dos elevadores que acomodam e retiram as chapas dos racks. Em seguida será apresentado o controle

da esteira responsável pelo posicionamento dos racks. Finalmente, será abordado o desenvolvimento do controle do extrator de Pavers[®] e o tombador de chapas base.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste do projeto e da implementação de uma linha de forma e desforma de Pavers[®] e de um sistema automatizado para controlar estas linhas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos compreendem:

- Estudo do projeto;
- Desenvolvimento do programa de controle do CLP;
- Desenvolvimento do programa de controle da IHM;
- Instalação de sensores indutivos;
- Instalação de sensores de barreira de segurança;
- Instalação de sensor de barreira para detecção de presença;
- Instalação de sensor difuso;
- Instalação de *encoders* incrementais;
- Implementação do painel de controle e potência;
- Obtenção e análise de resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este Capítulo tem por objetivo realizar uma breve contextualização sobre os temas que serão utilizados no desenvolvimento deste projeto. Primeiramente, é apresentada uma abordagem sobre a automação industrial. Em seguida, os princípios de funcionamento e características dos dispositivos utilizados neste trabalho, tais como sensores, Controlador Lógico Programável (CLP), Interface Homem-Máquina (IHM), entre outros, são apresentados.

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Silveira (1998), “A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam”. Na Automação Industrial se reúnem três grandes áreas da engenharia (Silveira, 1998):

- Engenharia mecânica: responsável pelo desenvolvimento de máquinas que possibilitam transformar matérias primas em produtos manufaturados;
- Engenharia elétrica: contribui com os motores, seus acionamentos e os sistemas eletrônicos responsáveis pelo controle e automação das malhas de produção;
- Engenharia de Computação: provê as arquiteturas de bancos de dados e as redes de comunicação para levar as informações a todos os níveis da empresa.

A automação vem ocupando mais espaço nas atividades humanas e ganha principalmente o seu espaço nos processos industriais, com um objetivo básico, que é aperfeiçoar os processos de produção, possibilitando a produção de bens com custo menor, em maior quantidade, em menor tempo e com maior qualidade (SILVEIRA, 1998).

Os sistemas de automação proporcionam o controle de qualidade na produção, sendo ela quem garante a manutenção de uma produção sempre com as

mesmas características e com alta produtividade, visando à satisfação do cliente com prazo menor, preço competitivo e produto de qualidade. Além disso, o cuidado com o meio ambiente e o cumprimento das novas normas ambientais podem ser atingidos através de sistemas de controle de efluentes (líquido que sobram de um processo industrial), emissão de gases, viabilidade do uso de materiais limpos, reciclagem, entre outros sistemas de automação. Portanto, a automação tem papel de muita importância no desenvolvimento das indústrias, pois garante a melhoria do processo produtivo e possibilita a competição nesse mercado globalizado, onde o concorrente mais próximo pode estar do outro lado do mundo (MARTINS, 2012).

2.2 SENSORES INDUSTRIAIS

Atualmente, é difícil encontrar máquinas que não possuam sensores, uma vez que eles são responsáveis pela maioria das informações que possibilitam o controle da máquina. Sensores industriais são dispositivos capazes de “sensorear”, monitorar, detectar eventos ou o estado de uma variável, podendo ser esta variável uma grandeza física qualquer (JUNIOR, 1998).

O sensor ideal depende, primeiramente, do tipo de material a ser detectado, que pode ser metal ferroso, madeira, concreto, pele humana entre outros, e para uma especificação certa devem-se conhecer as principais famílias de sensores, suas características e vantagens. Os sensores podem ser classificados de acordo com a saída do sinal, podendo este ser analógico ou digital (JUNIOR, 1998).

As informações resultantes de sensores digitais são expressas na forma de sinais elétricos que representam estados lógicos, ou seja, “0” ou “1”. No caso de sensores analógicos, a informação resultante é apresentada na forma de um sinal elétrico com tensão ou corrente proporcional à grandeza medida (JUNIOR, 1998).

2.2.1 Alimentação de Sensores

Um sensor, como qualquer outro dispositivo eletrônico, requer cuidado com a alimentação, pois se feita de forma inadequada, poderá causar danos irreparáveis ao sensor. Tipicamente, a alimentação de um sensor pode ser feita através de (JUNIOR, 1998):

- **Tensão Contínua** ⇒ Os sensores encontrados no mercado operam em uma faixa de 10 a 30 VCC, então qualquer tensão entre 10 e 30 VCC é suficiente para o correto funcionamento dos mesmos. Na automação é muito comum o uso de alimentação de 24 VCC.
- **Tensão Alternada** ⇒ Para máquinas que não tem disponibilidade de uma fonte de alimentação CC, os fabricantes disponibilizam também, sensores com alimentação alternada de 90 a 265 VCA, tornando-os compatíveis com os padrões brasileiros.
- **Tensão Universal** ⇒ O avanço da tecnologia proporcionou comodidade à automação e os fabricantes disponibilizam capazes de operar em tensões de 12 a 250 Volts em corrente alternada ou continua.

2.2.2 Saída dos sensores

Os sensores com saídas discretas possuem saídas com chaveamento eletrônico, e estes podem ser NPN ou PNP (JUNIOR, 1998):

- **Sensores com saída NPN** ⇒ São utilizados para comutar a carga ao potencial positivo. O módulo de saída possui um transistor NPN que conecta a carga à terra (0 V). A carga é conectada entre a saída do sensor e a tensão de funcionamento positiva (VCC).
- **Sensores com saída PNP** ⇒ São utilizados para comutar a carga ao potencial negativo. O módulo de saída possui um transistor PNP que conecta a carga à terra (0 V). A carga é conectada entre a saída do sensor e a tensão de funcionamento negativo (0V).
- **Sensores com saída a relé** ⇒ As saídas não são eletrônicas e sim mecânicas. O relê possui contatos, normalmente abertos (NA) e normalmente fechados (NF), o que nos disponibiliza uma independência quanto ao potencial da carga. A principal vantagem sobre os eletrônicos esta no chaveamento de correntes mais altas.
- **Sensores com saída Analógica** ⇒ São usados para monitoração das variáveis de processo, são também chamados de transdutores, ou

seja, convertem uma grandeza física em uma grandeza elétrica normalmente de 4 à 20 mA.

2.2.3 Tipos de Sensores:

Para especificar um sensor é importante conhecer o seu princípio de detecção e sua aplicação. Os tipos de sensores mais comuns são (JUNIOR, 1998):

- **Mecânicos** ⇒ São sensores que operam de forma mecânica, ou seja, necessita contato, independente do material.
- **Magnéticos** ⇒ São sensores que operam com campo magnético e detectam apenas magnetos.
- **Indutivos** ⇒ São sensores que operam com campo eletromagnético, portanto detectam apenas materiais ferromagnéticos.
- **Capacitivos** ⇒ São sensores que operam com o princípio de capacitância, detectam todos os tipos de materiais.
- **Ópticos** ⇒ São sensores que operam com emissão de luz e podem detectar todos os tipos de materiais.
- **Ultrassônicos** ⇒ São sensores que operam com emissão e reflexão de um feixe de ondas acústicas. A saída comuta quando este feixe é refletido ou interrompido pelo material a ser detectado.
- **Pressão (pressostato)** ⇒ São sensores que operam comparando duas pressões sendo uma pré-fixada e a outra é a pressão em um determinado ponto da linha.

2.2.3.1 Sensores indutivos

São os mais comuns na indústria, e tem baixo custo, comparados aos sensores capacitivos. Seu funcionamento baseia-se na variação da indutância do campo eletromagnético gerado por uma bobina, quando objetos metálicos passam

próximo da face sensora. Os Componentes básicos do sensor indutivo são (JUNIOR, 1998):

- **Oscilador** ⇒ Fornece energia para geração do campo eletromagnético nas bobinas. O oscilador excita a bobina que produz um campo eletromagnético. Este campo perderá força (amplitude) quando um objeto metálico se aproximar da face sensora, reduzindo a amplitude da oscilação, esta queda de amplitude se dá devido à indução de correntes parasitas no material.
- **Bobina** ⇒ Gera o campo eletromagnético quando um objeto entra no campo, pequenas correntes são induzidas na superfície do objeto.
- **Circuito de disparo** ⇒ Detecta mudanças na amplitude da oscilação. As mudanças ocorrem quando o alvo se aproxima da face sensora, por causa da interferência com o campo magnético, a energia é extraída do circuito oscilador do sensor, diminuindo a amplitude da oscilação e causando uma queda de tensão (voltagem).
- **Circuito de saída** ⇒ quando uma mudança considerável é detectada, o circuito de detecção do sensor percebe a queda de tensão do circuito do oscilador e responde mudando o estado da saída do sensor.

2.2.3.2 Sensores Ópticos

Os sensores ópticos detectam qualquer tipo de material, porém envolvendo distâncias entre sensor e objeto bem maiores que os sensores indutivos. São constituídos por dois circuitos eletrônicos sendo, 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 a 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 (JUNIOR, 1998). Os sensores ópticos podem ser sensíveis à luz ou ao escuro e podem ser classificados como (JUNIOR, 1998):

- *Light - On*: A saída fica energizada (*ON*) quando o sensor recebe o feixe de luz modulada e, portanto, fica desenergizada (*OFF*) quando a luz é interrompida.
- *Dark - On*: A saída fica energizada (*ON*) quando o sensor não recebe o feixe de luz e, portanto, fica desenergizada (*OFF*) se recebê-la.
- *Dark – On e Light - On*: Alguns sensores disponibilizam aos seus usuários as duas opções, ou seja, fica a critério do projetista.

Ainda, os sensores ópticos podem ser classificados quanto ao seu tipo. Os principais tipos de sensores ópticos são (JUNIOR, 1998):

- Sensores de barreira (Sistema por barreira óptica): O transmissor e o receptor estão em unidades distintas 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. Algumas recomendações de uso devem ser observadas:
 - Não são recomendados para objeto muito pequeno, pois parte da luz chegaria ao receptor e não detectaria o objeto;
 - Não detecta alvos transparentes, pois a luz atravessaria o objeto chegando ao receptor;
Necessita de um bom alinhamento para seu perfeito funcionamento;
 - Necessita de alimentação dupla, ou seja, uma para o transmissor e uma para o receptor.
- Sensores retro reflexivos (Sistema Refletivo): Este sistema apresenta o transmissor e o receptor em uma única unidade. O feixe de luz chega ao receptor somente após ser refletido por um espelho prismático, e o acionamento da saída ocorrerá quando o objeto a ser

detectado interrompe este feixe. Algumas recomendações de uso devem ser observadas:

- São indicados para objetos opacos, translúcidos e transparentes;
 - Possuem menor distância sensora que os de barreira;
 - Espelhos sujos podem comprometer o funcionamento; e
 - Objetos muito brilhantes podem refletir a luz da mesma forma que o espelho, ou seja, não detectaria o alvo.
- 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. Algumas recomendações de uso devem ser seguidas:
 - A distância sensora é afetada pela capacidade de reflexão da luz pelo objeto, ou seja, terão dificuldade em detectarem cores escuras; e
 - A distância sensora é menor que a dos anteriores.

2.2.3.3 Chaves Mecânicas (Fim de curso)

As chaves fim de curso, são comutadores elétricos de entrada de sinais, que necessitam de acionamento mecânico. Geralmente, são posicionadas no decorrer do percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, bem como das hastes de cilindros hidráulicos e ou pneumáticos (PARKER HANNIFIN CORPORATION, 2005).

O acionamento de uma chave fim de curso pode ser efetuado por meio de um rolete mecânico ou de um rolete escamoteável, também conhecido como gatilho. Existem, ainda, chaves fim de curso acionadas por uma haste apalpadora, do tipo utilizado em instrumentos de medição como, por exemplo, num relógio comparador (PARKER HANNIFIN CORPORATION, 2005).

Esta chave fim de curso é acionada por um rolete mecânico e possui um contato comutador formado por um borne comum 11 (COM), um contato fechado 12

(NF) e um aberto 14 (NA). Enquanto o rolete não for acionado, a corrente elétrica pode passar pelos contatos 11 e 12 e está interrompida entre os contatos 11 e 14 (PARKER HANNIFIN CORPORATION, 2005). As chaves fim de curso podem ser dos seguintes tipos (SIEMENS, 2012):

- Caixa com Pino Rolete.
- Caixa com Pino Rolete Metálico e Rosca.
- Caixa com Pino Rolete Superior.
- Caixa com Pino Rolete Lateral.
- Caixa com Haste Flexível.
- Caixa com Cabeçote e Alavanca.
- Caixa com Cabeçote e Alavanca Ajustável.
- Caixa com Cabeçote e Alavanca Ajustável com Furos.
- Caixa com Cabeçote e Haste Rígida de Alumínio.

2.2.3.4 Encoders

Os encoders são transdutores de movimento capazes de converter movimentos lineares ou angulares em informações elétricas que podem ser transformadas em informações binárias e processadas por um programa que converta as informações passadas em algo que possa ser entendido como distância, velocidade, etc. Estes possuem internamente um ou mais discos (máscaras) perfurado, que permite, ou não, a passagem de um feixe de luz infravermelha, gerado por um emissor que se encontra de um dos lados do disco e captado por um receptor que se encontra do outro lado do disco, este com o apoio de um circuito eletrônico gera um pulso (OLIVEIRA, 2007). Os encoders são utilizados, tipicamente, nas seguintes aplicações (OLIVEIRA, 2007):

- Em eixos de Máquinas Ferramentas NC e CNC;
- Em eixos de Robôs;
- Controle de velocidade e posicionamento de motores elétricos;
- Posicionamento de antenas parabólicas, telescópios e radares;
- Mesas rotativas;
- Medição das grandezas acima mencionadas de forma direta ou indireta.

A quantidade de pulsos em uma volta, nos encoders rotativos, demonstra a relação impulso/volta do mesmo. Por exemplo, um encoder que gera 50 pulsos por volta teria a seguinte relação angular: $360^\circ/50 \text{ pulsos} = 1 \text{ pulso a cada } 7,2^\circ$.

Pode-se determinar o sentido da rotação utilizando duas fileiras de furos uma defasada em 90° em relação à outra, sendo assim em um sentido a fileira mais próxima do centro estará adiantada em relação à outra e no sentido inverso ocorre também o inverso. Os principais tipos de encoder são (OLIVEIRA, 2007):

- **Encoder Incremental** => O encoder ótico incremental é formado por uma trilha com dentes espaçados igualmente. A posição é determinada pela contagem do número de dentes que passam na frente de um fotosensor, onde cada dente representa um ângulo conhecido. Dois pulsos quadrados defasados em 90° são fornecidos, canais A e canal B. A leitura de somente um canal fornece apenas a velocidade, já a leitura dos dois canais fornece também o sentido do movimento. Existe também o sinal Z ou zero também está disponível e ele dá a posição absoluta. A resolução do encoder incremental é dada por pulsos/revolução (normalmente chamado de PPR). Para determinar a resolução basta dividir o número de pulsos por 360° , por exemplo, um encoder fornecendo 1024 pulsos/revolução, geraria um pulso elétrico a cada $0,35^\circ$ mecânicos;
- **Encoder Absoluto** => Possui vários sensores óticos que combinados entre si geram um código binário, para cada posição do disco. Ambos os tipos utilizam o princípio das janelas transparentes e opacas, com estas interrompendo um feixe de luz e transformando pulsos luminosos em pulsos elétricos. O elemento básico é um disco de vidro estampado por um padrão de trilhas concêntricas. Vários feixes de luz atravessam cada trilha para iluminar fotosensores individuais. O encoder absoluto possui um importante diferencial em relação ao encoder incremental: a posição do encoder incremental é dada por pulsos a partir do pulso zero, enquanto a posição do encoder absoluto é determinada pela leitura de um código e este é único para cada posição do seu curso; conseqüentemente os encoders absolutos não perdem a

real posição no caso de uma eventual queda da tensão de alimentação.

2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

A IHM Interface Homem/Máquina é o meio de comunicação entre o homem e o computador, através do qual interagem, visando atingir um objetivo comum. A Figura 1 mostra o painel de uma IHM.



Figura 1: Exemplo de uma IHM.

Fonte: Dakol Soluções em Automação (2013).

A interação homem-máquina demanda o conhecimento tanto de máquinas como do próprio ser humano. Os elementos básicos para programar uma IHM são (CASILLO, 2011):

- **Tela** => Corresponde às informações que o usuário deseja apresentar no display da IHM. Pode conter informações do tipo texto ou numérico. Sempre que um item Tela for selecionado no projeto esta será apresentada em uma janela semelhante ao display da IHM.
- **Comandos** => especificam as ações ou operações que podem ser associadas aos diversos tipos de elementos existentes no ambiente.

- **Ação =>** São operações que podem ser associadas aos diversos tipos de eventos existentes no ambiente e podem ser de dois tipos: comandos ou macro. Se a Ação corresponde a um único comando, pode-se associar um “comando” a “ação”. Caso contrário, se deseja executar mais de um comando para uma ação, deve-se associar um macro a uma ação.

2.4 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Os Controladores Lógicos Programáveis surgiram na indústria automobilística americana, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968, devido a grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro. Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos à reles, não só da indústria automobilística, como de toda a indústria manufatureira. Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos, como a variedade de tipos de entradas e saídas, o aumento da velocidade de processamento, a inclusão de blocos lógicos complexos para tratamento das entradas e saídas e principalmente o modo de programação e a interface com o usuário (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO , 2012).

De um modo mais detalhado, um CLP é um aparelho digital que usa memória programável para armazenar instruções que implementam funções como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas, para controlar através de módulos de entrada e saída (digital e analógica) diversos tipos de máquinas e processos. Dessa forma, os CLP's são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir da filosofia na qual toda a lógica de acionamento pode ser desenvolvida através de software, que determina ao controlador a sequência de instruções a serem executadas. Este tipo de alteração lógica caracteriza um sistema flexível (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO , 2012).

Atualmente, os CLP's são utilizados na implementação de painéis sequenciais de intertravamento, controle de malhas, servo-posicionamento, sistemas

SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*), sistemas de controle estatístico de processo, sistema de controle de estações, sistemas de controle de células de manufatura, etc. Na indústria, os CLP's são encontrados em processos de: empacotamento, engarrafamento, enlatamento, transporte e manuseio de materiais, usinagem, geração de energia; em sistemas de controle predial de ar condicionado, sistemas de segurança, montagem automatizada, linhas de pintura e sistemas de tratamento de água, existentes em indústrias de alimentos, bebidas, automotiva, química, têxtil, plásticos, papel e celulose, farmacêutica e siderúrgica/metalúrgica (ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO , 2012).

2.4.1 Tipos de CLP

Os CLP's podem ser classificados, basicamente, de acordo com sua capacidade memória e de entradas e saídas. Os três tipos principais de CLP's, mostrados nas Figuras 2, 3 e 4, são (SILVA PIRACICABA, 2007):

- Nano e Micro CLP's: possuem até 16 entradas e a saídas. Normalmente são compostos por um único módulo com capacidade de memória máxima de 512 passos.
- CLP de médio porte: possuem capacidade de entradas e saídas digitais e analógicas em até 256 pontos. Permitem até 2048 passos de memória.
- CLP de grande porte: caracterizado por sua construção modular com CPU - principais e auxiliares, módulos de entradas e saídas digitais e analógicas, módulos especializados e módulos para redes locais. Permitem a utilização de até 4096 pontos. A memória pode ser otimizada para o tamanho requerido pelo usuário.



Figura 2: Mini CLP.
Fonte: Siemens (2013).



Figura 3: CLP Médio Porte.
Fonte: Siemens (2013)



Figura 4: CLP Grande Porte.
Fonte: Organon (2013)

2.4.2 Hardware de um CLP

Em *hardware* estão definidos os aspectos físicos que são: número serial do dispositivo, modelo de CPU, identificação do fabricante, características dos canais de comunicação entre outros, esses permanecem inalterados (CASCAES, 2003). As principais características do *hardware* de um CLP compreendem (CASCAES, 2003):

- Alta confiabilidade (alto MTBF - tempo médio entre falhas);
- Imunidade a ruídos eletromagnéticos;
- Isolação galvânica de entradas e saídas;
- Fácil configuração na montagem em trilhos padronizados ou racks com módulos extraíveis;
- Instalação facilitada, com conectores extraíveis;
- Manutenção simples, com ajuda de auto diagnóstico.

O diagrama em blocos mostra na Figura 5, apresenta as principais partes do hardware de um CLP.

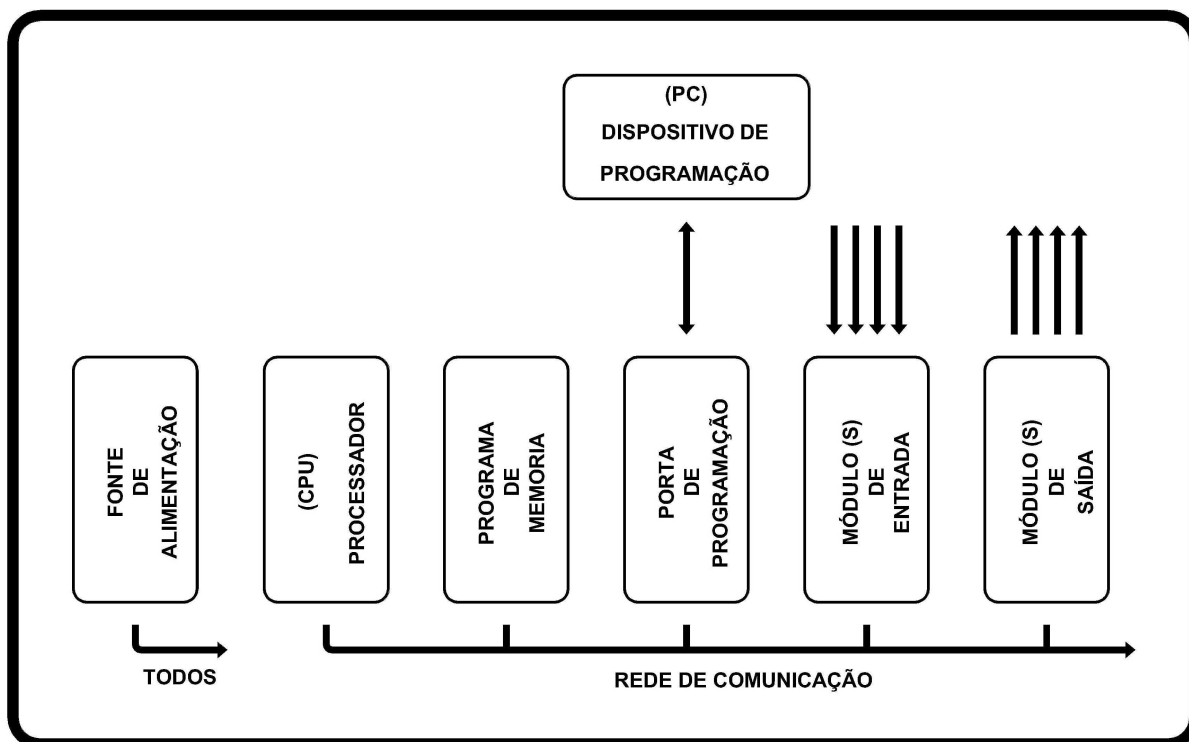


Figura 5: Diagrama de blocos do *hardware* de um CLP.

Fonte: Autoria Própria.

A arquitetura básica do *hardware* de um CLP consiste de (KOPELVSKI, 2010):

- **Fonte de alimentação** - A fonte alimenta a memória, as entradas e saídas. Normalmente as fontes são projetadas para fornecer vários níveis de tensões de alimentação para os módulos. O processador normalmente necessita de uma alimentação de 5 VCC. Cartões de entradas e saídas digitais precisam de alimentação auxiliar para os elementos de chaveamento e conversão, normalmente de 12 VCC ou 24 VCC. Cartões de entradas e saídas analógicas necessitam de alimentação 24 VCC. Os fabricantes especificam a capacidade máxima da fonte em *Watts* ou Amperes. Deve-se dimensionar a fonte para alimentar todos os cartões com folga de pelo menos 20%. Caso seja necessário pode-se usar fontes externas para complementar a capacidade da fonte do CLP. Atualmente a grande maioria dos CLP's são alimentados com tensão de 220VCA, entretanto alguns modelos, principalmente os de pequeno porte necessitam de alimentação já rebaixada, por fonte externa, operando com 12 VCA ou VCC e 24 VCA ou VCC;
- **UCP ou CPU - (Unidade Central de Processamento)** - é a responsável pela tomada de decisões. Através do programa ela analisa o estado das entradas e altera o estado das saídas, de acordo com a lógica programada.
- **Memória** - é responsável pelo armazenamento de todas as informações necessárias ao funcionamento do CLP.
- **Porta de Programação** - Conjunto de condutores utilizado pelo processador para trocar dados com a memória e dispositivos de entrada e saída. É dividido em barramento de dados e barramento de endereços. O barramento de endereços é utilizado para transmitir ao *chipset* o endereço de memória ou de entrada e saída onde o processador irá ler ou escrever um dado. O barramento de dados é utilizado para transmitir o próprio dado entre o processador e a memória, entradas e saídas. O tamanho do barramento de dados é correspondente ao tamanho da palavra do

processador, ou seja, se o processador possui palavra de 32 bits, o barramento de dados possuirá 32 condutores.

- **Entradas** - São aqueles através dos quais a UCP recebe informações do processo comandado. Estas informações podem vir de um termostato, pressostato, chaves fim de curso, botoeiras, termo elementos, medidores de pressão, vazão, etc. Pelos exemplos citados pode se distinguir dois tipos básicos de entradas - digitais e analógicas. As entradas digitais informam à UCP um nível lógico (por exemplo, se a temperatura está correta. se uma determinada posição foi atingida, etc.) Já as analógicas informam um valor de temperatura, uma determinada posição, um valor de pressão etc.
- **Saídas** – São os caminhos pelos quais a UCP envia uma informação ao processo, resultado do processamento do programa do usuário. Da mesma forma, as saídas também são divididas em duas categorias, de acordo com o tipo de sinais que manipulam: digitais e analógicas.

2.4.3 Softwares para programação de CLP's

Na década de 90 novas tecnologias vieram juntar-se aos CLP's, ao mesmo tempo em que os (Sistema Digital de Controle Distribuído) SDCD's passaram a ser cada vez menos utilizados. Com a popularização e redução de custo dos microcomputadores pessoais, vários softwares de controle em PC passaram a ser comercializados e sistemas baseados nesta tecnologia começaram a ser utilizados no lugar dos CLP's. Junto com isso foram criadas redes padronizadas não proprietárias que possibilitam a distribuição do controle pela planta, colocando o elemento de controle próximo ao elemento inicial e final. Além disso, todos os segmentos mais importantes da automação industrial possuem iniciativas de padronização, por órgãos normalizadores nacionais e internacionais ou por consórcios independentes (KOPELVSKI, 2010). As principais características de um software para programação de CLP's são (KOPELVSKI, 2010):

- Programação simples através de linguagens de fácil aprendizagem;
- Recursos para processamento em tempo real e multitarefa.
- Monitoração de dados "*on-line*":
- Alta velocidade de processamento.

A segurança de *software* é a proteção do programa contra o uso indevido e ainda contra a perda do programa por falta de energia ou apagamento acidental. A proteção é feita através de senhas para o controle de acesso e do uso de um *backup* ou cópia de segurança do programa em um dispositivo externo (KOPELVSKI, 2010).

2.4.4 Linguagens de Programação de CLP's

De maneira geral, o programa do CLP pode ser representado como um conjunto de expressões booleanas. As expressões são avaliadas uma a uma sequencialmente a cada ciclo de varredura, e o resultado correspondente é armazenado na memória intermediária do CLP. Ao terminar a avaliação, a parte da memória intermediária correspondente às saídas (*MIS management information system*) é copiada nas saídas. Segundo a norma IEC 1131-3, as linguagens de programação de um CLP são (KOPELVSKI, 2010):

- Linguagens Gráficas
 - Diagramas de Funções Sequenciais (*Sequential Function Chart – SFC*), equivalente ao Grafcet;
 - Diagramas de Contatos (*Ladder Diagram – LD*);
 - Diagramas de Blocos de Funções (*Function Block Diagram – FBD*).
- Linguagens Textuais
 - Lista de Instruções (*Instruction List – IL*);
 - Texto Estruturado (*Structured Text – ST*).

2.5 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico. A maioria dos inversores utilizados é do tipo escalar. Só é utilizado o tipo vetorial em duas ocasiões: extrema precisão de rotação ou torque elevado para rotação baixa ou zero (ex. guindaste, pontes rolantes, elevadores, etc.) (WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A., 2009).

O controle escalar baseia-se no conceito original do inversor de frequência: impõe no motor uma determinada Tensão/frequência, visando manter a relação V/f constante, ou seja, o motor trabalha com fluxo aproximadamente constante. É aplicado quando não há necessidade de respostas rápidas a comandos de torque e velocidade, e particularmente interessante quando há conexão de múltiplos motores a um único inversor. O controle é realizado em malha aberta e a precisão da velocidade é função do escorregamento do motor, que varia em função da carga, já que a frequência no estator é imposta. Para melhorar o desempenho do motor nas baixas velocidades, alguns inversores possuem funções especiais como a compensação de escorregamento (que atenua a variação da velocidade em função da carga) e o *boost* de tensão (aumento da relação V/f para compensar o efeito da queda de tensão na resistência estatórica), de maneira que a capacidade de torque do motor seja mantida. O controle escalar é o mais utilizado devido a sua simplicidade e devido ao fato de que a grande maioria das aplicações não requer alta precisão e/ou rapidez no controle da velocidade (WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A., 2009).

O controle vetorial possibilita atingir um elevado grau de precisão e rapidez no controle do torque e da velocidade do motor. O controle decompõe a corrente do motor em dois vetores: um que produz o fluxo magnetizante e outro que produz torque, regulando separadamente o torque e o fluxo. O controle vetorial pode ser realizado em malha aberta (“*sensorless*”) ou em malha fechada (com sensor). O controle em malha fechada requer a instalação de um sensor de velocidade (por exemplo, um encoder incremental) no motor. Este tipo de controle permite a maior precisão possível no controle da velocidade e do torque, inclusive em rotação zero. O controle em malha aberta é mais simples que o controle em malha fechada,

porém, apresenta limitações de torque, principalmente, em baixíssimas rotações. Em velocidades maiores, o controle em malha aberta é tão eficiente quanto o controle vetorial em malha fechada (WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A., 2009).

Inversores estáticos indiretos de frequência com sinal (PWM *pulse width modulation*) são atualmente os equipamentos mais empregados para a alimentação de motores de baixa tensão nas aplicações industriais que requerem variação de velocidade. Eles operam como uma interface entre a fonte de energia (rede) e o motor de indução. Conforme mostrado na Figura 6, o processo de obtenção da tensão e frequência desejadas por meio de tais equipamentos é formado por 3 estágios, (WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A., 2009):

- Ponte de diodos - Retificação do sinal alternado – de tensão e frequência constantes - proveniente da rede de alimentação;
- Filtro ou Link DC - Alisamento/regulação da tensão retificada com armazenamento de energia por meio de um banco de capacitores;
- Transistores IGBT - Inversão da tensão contínua proveniente do link DC num sinal alternado, com tensão e frequência variáveis.

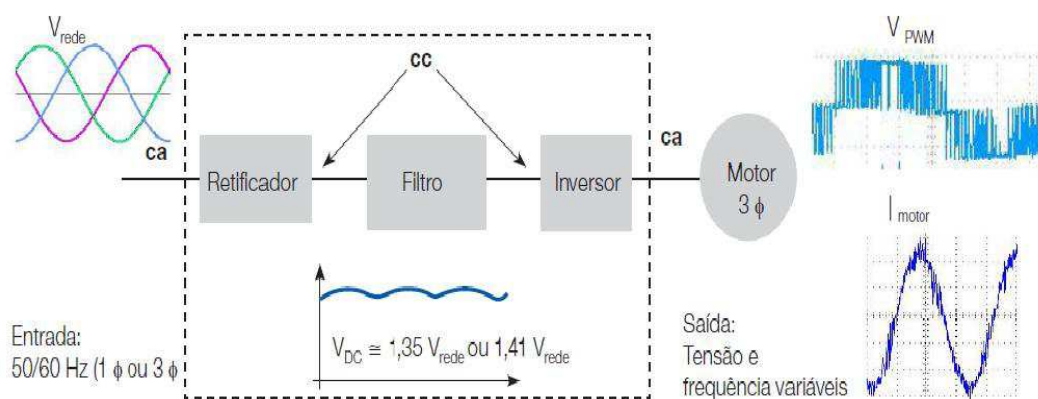


Figura 6: Diagrama de Blocos de um Inversor.
Fonte: WEG (2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os temas referentes à implantação do sistema proposto para o trabalho de diplomação. Inicialmente será descrito o sistema de forma e desforma de Pavers[®] e suas funcionalidades, como sistemas de leitura e movimentação das chapas, e após será descrito o sistema de controle e informação através do CLP e IHM.

A estrutura da linha de forma e desforma de Pavers[®] pode ser dividida em duas partes. A primeira envolve o controle entre CLP e sensores, esses informam a posições em que se encontram os dispositivos que são movimentados pelos atuadores, assim o CLP controla os atuadores de acordo com a necessidade de posicionamento de cada um, e a segunda entre o CLP que faz a leitura das variáveis do processo e transmite para a IHM que por sua vez permite o acesso humano a essas informações, conforme mostra o diagrama em blocos da Figura 7.

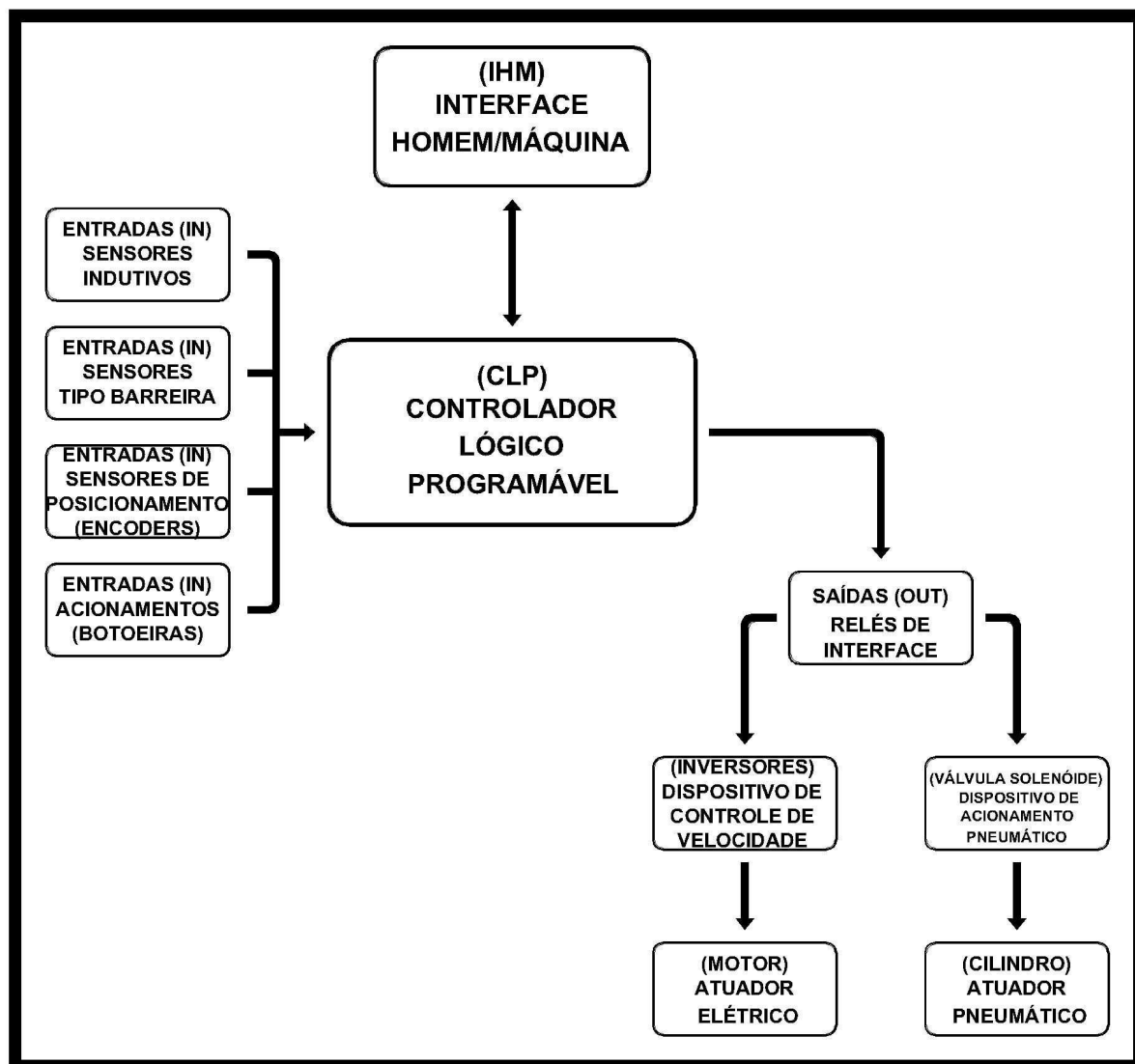


Figura 7: Diagrama em blocos do sistema de controle implementado.

Fonte: Autoria própria.

Conforme a Figura 7, os blocos funcionais do sistema e suas funções são:

- **IHM =>** Permite o acesso e alterações de algumas variáveis do processo;
- **Sensores Indutivo =>** Determinam os limites dos elevadores e indicam o posicionamento das chapas no processo;
- **Sensores Tipo Barreira =>** Bloqueiam a movimentação da esteira racks quando detectam a presença de uma empilhadeira na sua área de atuação, também funcionam como detector de Paver® não extraído antes das chapas entrarem no tombador;
- **Encoders =>** Indicam a posição exata de deslocamento vertical dos elevadores;

- **Botoeiras** => Permitem ao operador que seja feito um comando manual em qualquer movimento da linha;
- **CLP** => É responsável por receber, processar e atuar sobre cada entrada ou saída;
- **Relés de Interface** => São responsáveis por manter uma isolação entre as saídas do CLP e os dispositivos de acionamentos;
- **Inversores** => São responsáveis pelo controle de velocidade dos motores;
- **Atuadores Elétricos** => São todos os dispositivos que exercem um trabalho na máquina ex. motores, freios, etc.;
- **Dispositivos de acionamentos pneumáticos** => Bobinas de válvulas direcionais.
- **Atuadores Pneumáticos** => Cilindros pneumáticos

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados na implementação da linha de forma e desforma de Pavers[®] estão listados na Tabela 1. As características dos principais itens empregados serão abordadas nos tópicos seguintes.

Tabela 1: Materiais utilizados na implementação da linha de forma e desforma de Pavers[®].

Descrição	Qtd.	Unid.	Marca	Modelo
Painel de Montagem Tipo Armário/Fechado	1	Unt	Rampi	1800x800x400
Disjuntor Termomagnético em Caixa Moldada, Tripolar 160 Ampères	1	Pç	Sibratec	JDM1-225L
Chapa de Cobre	1,5	mt		1/4" x 3/4"
Isoladores Epóxi	7	Pç	Sibratec	D20mm x C30mm e R6mm
Proteção em acrílico	1	Pç		H 500 x L 300 mm
Disjuntor DIN Padrão INMETRO Tripolar 230/415V 20 Ampères	5	Pç	Sibratec	C 3P 6kA
Disjuntor DIN Padrão INMETRO Bipolar 230/415V 10 Ampères	2	Pç	Sibratec	C 2P 6kA
Disjuntor-motor linha IDM Ajuste de 1-1,6 Ampères	5	Pç	Sibratec	IDM06
Contato auxiliar para disjuntor-motor tipo frontal	5	Pç	Sibratec	IBFD11

1NA+1NF				
Conector SAK1 Porta-fusível seccionável normal	5	Pç	Conexel	
Contator Tripolar 12A contato auxiliar 2Na + 2Nf alimentação da bobina 220Vca	5	Pç	Sibratec	CJX1S.12
Inversores de Frequência	1	Pç	Schneider	ATV312HU55N4
Inversores de Frequência	2	Pç	Schneider	ATV312HU40N4
Inversores de Frequência	2	Pç	Schneider	ATV312HO75N4
Fonte Chaveada	1	Pç	Omron	S8JC-Z05024C
Relé modular de interface 2 contatos 8 Ampères	17	Pç	Finder	4C.02
Relé modular de interface 1 contato 16 Ampères	5	Pç	Finder	4C.01
CLP S7-200 CPU-226 24 entradas digitais e 16 saídas à relé – Alimentação 24 Vcc	1	Pç	Siemens	216-2BD2-3-0XB0
Módulo de Expansão S7-200 EM-223 16 entradas digitais e 16 saídas à relé – Alimentação 24 Vcc	1	Pç	Siemens	223-1-PL22-0XA0
Módulo de Expansão S7-200 EM-223 8 entrada digitais e 8 saídas à relé – Alimentação 24 Vcc	2	Pç	Siemens	223-1-PH22-0XA0
IHM UniOP, Display monocromático 4x20 LCD, resolução: 120x32, comunicação RS 232 / RS 442 / RS485, memória para a aplicação 512kb Flash, teclado com 9 funções programáveis, alarmes 256, alimentação 24 Vcc	1	Pç	Dakol	EPAD 06
Trilho DIN 35 mm perfurado	3	mt		
Canaleta PVC total aberta	4	mt	Elesys	50 x 50mm cinza
Canaleta PVC total aberta	1,6	mt	Elesys	50 x 80mm cinza
Conectores SAK	80	Pç	Conexel	1,5 mm ² Cinza
Conectores SAK	20	Pç	Sibratec	4 mm ² Bege
Conectores SAK	11	Pç	Sibratec	4 mm ² Verde/Amarelo
Conectores SAK	10	Pç	Siemens	4 mm ²
Quadro de Montagem	1	Pç	Opção	40x40x20cm
Sinalizador tipo LED	5	Pç	Sibratec	24Vcc
Manopla três posições fixas dois contatos NA	7	Pç	Sibratec	AMPR43
Botão tipo soco emergência um contato NF	8	Pç	Sibratec	AMPB1
Sensor de reflexão difusa conector M12, saída PNP, alimentação 10... 36 Vcc, distância sensora 200 mm	1	Pç	IFM	O5H200
Sensores indutivos quadrado modelo conector M12, saída PNP, alimentação 10... 36 Vcc, distância sensora 45 mm	30	Pç	Tuck	Ni35U-CK40-AN6X2-H1141
Chave fim de curso tipo haste flexível com mola	2	Pç	Schneider	XCK-P2106G11
Sensor Fotoelétrico Emissor, alcance 20 metros,	5	Pç	Banner	QS186EQ8

conector M12				
Sensor Fotoelétrico Receptor, alcance 20 metros, PNP, NA+NF, fixação M18 ou lateral, conector M12	5	Pç	Banner	QS18VP6RQ8
Encoder Incremental, tipo gerador de pulsos com eixo vazado de 15 mm, sinal de saída HTL 1000 PPR (Pulsos por rotação) bidirecional, alimentação 5... 30 Vcc	2	Pç	Veeder-Root	HS35B100093127

Fonte: Autoria própria.

3.1.1 Interface Homem-Máquina EPAD 06

Para entrada e visualização de dados foi utilizada uma IHM modelo, EPAD 06, com display monocromático 4x20 LCD, resolução: 120x32, comunicação RS 232 / RS 442 / RS485, memória para a aplicação 512kb *Flash*, teclado com 9 funções programáveis, alarmes 256, alimentação 24 VCC, fabricante (DAKOL SOLUÇÕES EM AUTOMAÇÃO, 2013).

Na linha de forma e desforma, o sistema de controle se faz através da IHM habilitada para o uso do operador e foi desenvolvido para ficar em uma sala de controle para ajustes da máquina. O controle é apresentado ao seu usuário, através de sub menus de configuração. Cada sub menu é utilizado para configurar uma parte do processo. Estão disponíveis ao operador as seguintes possibilidades de configuração:

- Altura das gavetas do carregador – O operador pode alterar, com precisão de 1cm, a altura que deve ser carregada em cada gaveta.
- Altura das gavetas do descarregador – O operador pode alterar, com precisão de 1cm, a altura que deve ser descarregada em cada gaveta.
- Tempo para desabilitar a máquina de Pavers[®] – caso alguma avaria no Elevador de Carga pare o carregamento de Pavers[®] uma saída digital automaticamente desabilita a máquina que produz Pavers[®], evitando gargalos. Esse tempo pode ser alterado pelo operador através da IHM determinando assim quanto tempo depois da parada do Elevador de Carga a máquina de Pavers[®] pare de produzir.

- Configuração de gaveta a ser carregada – Caso alguma avaria aconteça e seja necessária um desligamento do processo ou um acionamento de emergência, o operador pode configurar para a máquina voltar a trabalhar do início, ou a partir do ponto de parada.
- Configuração de material produzido – O equipamento foi programado para trabalhar tanto com Pavers[®] como com produção de blocos estruturais. O operador pode optar por produzir blocos estruturais, porém neste trabalho esta opção não foi testada.

Além das opções de alteração de alturas e precisão, o operador ainda pode visualizar algumas variáveis do processo como:

- Altura atual do elevador de forma– indica a altura instantânea em centímetros;
- Altura atual do elevador de desforma - indica a altura instantânea em centímetros;
- Gaveta carregada – indica qual a gaveta está sendo carregada;
- Gaveta descarregada - indica qual a gaveta está sendo descarregada;
- Tipo de material produzido – indica qual o tipo do material está sendo produzido, existem duas opções Pavers[®] ou blocos estruturais.

3.1.2 CLP S7-200

No projeto foi utilizado um CLP S7-200 CPU-226 com 24 entradas e 16 saídas digitais modelo 216-2BD2-3-0XB0, fabricado pela Siemens e com as seguintes características (SIEMENS, 2007):

- Aritmética de vírgula flutuante de 32 bit de acordo com a norma IEE;
- Controladores (PID proporcional integral derivativo) integrados plenamente parametrizáveis;
- Velocidade de processamento de bits;
- Interrupções horárias retentiva;

- Interrupções por hardware (detecção de flancos nas entradas);
- Bits memória, temporizadores, contadores 256 de cada;
- Contadores rápidos de 30 kHz cada;
- Saídas de impulsos (reguláveis em duração) 2 saídas de 20kHz cada;
- Memória de programa e de dados (não volátil) retentiva;
- Armazenamento de dados dinâmicos em caso de falha de energia com condensador de alto rendimento e módulo de bateria adicional;
- Interface de comunicação integrada RS 485 para suporte dos seguintes modos: *Master* ou *slave* PPI/ *Slave* MPI / *Freeport* (protocolo ASCII programável);
- Taxa máxima de transferência 187,5 kBits (PPI/MPI) ou 38,4 kBits (*Freeport*);
- Alimentação 24 Vcc;
- Entradas digitais 24 Vcc;
- Saídas digitais 24 Vcc, máx. 0,75 A, possível ligar em paralelo para aumentar a potência;
- Software de programação *STEP 7-Micro/WIN* suporta as linguagens como STL, LAD ou FDB.
- Módulo (EEPROM de electrically-erasable programmable read-only memory) programável na CPU, para transferência de programas.

Para que os dados do programa sejam apresentados, faz-se necessária a comunicação com o CLP, utilizando-se do *software* STEP 7 PC Micro/WIM, *software* pago da Siemens para comunicação entre (PC computador pessoal) e CLP, através do protocolo de comunicação RS 485. Através dele é possível monitorar as variáveis que serão usadas na leitura do processo, testar a comunicação e o nível do sinal que é recebido.

3.1.3 Inversores de frequência ATV312HU40N4 e ATV312HU55N4

O controle de velocidade é feito através de cinco inversores de frequência, todos da fabricante Schneider Electric, dois do modelo ATV312HU40N4 (380V 9,1A), dois do modelo ATV312H075N4 (380V 3,6A) e um do modelo ATV312HU55N4 (380V 13,1A) (SCHNEIDER ELECTRIC, 2013). A Figura 8 mostra um inversor da linha Altivar 31.



Figura 8: Inversor de frequência Altivar 31.

Fonte: Autoria Própria

O inversor Altivar 31 é um inversor de frequência para motores assíncronos trifásicos de gaiola. É robusto, compacto, fácil de utilizar, e está em conformidade com as normas EN 50178, IEC/EN 61800-2, IEC/EN 61800-3, certificações UL, CSA e a marcação CE. Ele possui funções que atendem às aplicações mais comuns (SCHNEIDER ELECTRIC, 2013).

- Movimentação horizontal (pequenos transportadores, levantamento de cargas);
- Máquinas de embalagem e condicionamento;
- Máquinas especiais (misturadores, amassadeiras, máquinas têxteis);
- Bombas, compressores, ventiladores.

As principais características do inversor Altivar 31 são (SCHNEIDER ELECTRIC, 2013):

- Comunicam pelas redes industriais *Modbus* e *CANopen*. Estes dois protocolos são incorporados de fábrica ao inversor;
- São fornecidos com dissipador para ambientes normais e invólucros ventilados;
- Possuem IHM com *displays*, teclas de navegação nos menus e controle local (*Run/Stop* e referência de velocidade regulada por um potenciômetro);

O inversor Altivar 31 dispõe de seis entradas lógicas, três entradas analógicas, uma saída lógica/analógica e duas saídas a relés. As principais funções integradas no inversor são as seguintes (SCHNEIDER ELECTRIC, 2013):

- Proteções do motor e do inversor;
- Rampas de aceleração e desaceleração, lineares, em S, em U e personalizadas +/- velocidade,;
- Possui 16 velocidades pré-selecionadas;
- Referências e regulador PI;
- Comando a 2 fios / a 3 fios;
- Lógica de freio;
- Religamento automático com retomada de velocidade (partida com o motor já em movimento) e partida automática;
- Configuração das falhas e dos tipos de paradas;
- Backup da configuração no inversor. Diversas funções podem ser atribuídas numa mesma entrada lógica.

Os dois modelos de 9,1A atuam nos motores de subida e descida dos elevadores de forma e desforma, visto que estes movimentos são feitos com chapas carregadas de Pavers[®], consumindo maior corrente. Os modelos de menor corrente (3,6A) atuam nos motores de avanço e recuo do carro do elevador enquanto o inversor de 13,1A atua no motor que desloca os racks, devendo este trabalhar sempre em baixa velocidade para que os Pavers[®] verdes não sofram deformações.

Este inversor possui maior potência visto que transporta simultaneamente três racks, sendo que dois deles estão sempre carregados com 26 chapas de Pavers®.

3.1.4 Sensor Indutivo

Para os controles de posicionamento e de deslocamento das chapas, limite de avanço/recuo, limite inferior/superior dos elevadores e posicionamento dos racks, o sistema utiliza-se de sensores indutivos modelo NI35U-CK40-AP6X2-H1141 da fabricante Turck, conforme mostra a Figura 9. As seguintes características deste sensor (TURCK, 2013):

- Invólucro em plástico;
- Fixação por parafuso;
- Conector M12;
- *LED (light emitting diode)* de sinalização de alimentação e detecção;
- Distância sensora de 35 milímetros;
- Alimentação de 10 a 32 VCC;
- Saída PNP.



Figura 9: Sensor Indutivo Turck NI35U-CK40-AP6X2-H1141.

Fonte: Turck (2013)

3.1.5 Sensores Fotoelétricos QS186EQ8 e QS18VP6RQ8

No projeto se fez necessária a aplicação de sensores fotoelétricos do tipo barreira, fora utilizados como segurança em dois pontos onde a empilhadeira

introduz e retira os racks. Além da aplicação após o extrator para garantir que as chapas base não entrassem no tombador com Pavers[®] em cima, foram utilizados conjuntos de sensores de barreiras, sendo o emissor formado pelo dispositivo QS186EQ8 e o receptor pelo dispositivo QS18VP6RQ8, conforme mostra Figura 10. Estes sensores possuem as seguintes características (BANNER ENGINEERING, 2012):

- Corpo de policarbonato/ABS, especificação IEC IP67;
- Conector M12;
- Indicadores *LED* de status de operação que são visíveis em 360 graus: *Power ON*, sobrecarga de saída, saída ativa e condições de detecção marginal;
- Fixação através de frente roscada de 18 mm ou montagem lateral;
- Lente acrílica óptica;
- Saída PNP.



Figura 10: Sensor fotoelétrico tipo barreira emissor e receptor.
Fonte: Datasheet Zone (2007)

3.1.6 Encoder incremental HS35B100093127

Para o controle de altura dos elevadores, por ser uma aplicação em que a variação precisa ser mínima, foram utilizados encoders incrementais modelo HS35B100093127 (ver Figura 11), produzidos pela *Veeder-Root* do Brasil. As principais características deste encoder são (VEEDER ROOT, 2013):

- Eixo vazado de 15 mm de diâmetro;
- Alimentação 5-30 VCC;
- Saída 5-30 VCC bidirecional com *marker* mais canais complementares, canais AA\BB\ZZ\;
- Saída a conector tipo militar de 10 pinos mais *plug* fêmea;
- Resolução de 1000 pulsos por voltas.



Figura 11: Encoder Incremental Veeder-Root HS35B100093127.
Fonte: Veeder Root (2013).

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Sistema de forma e desforma de Pavers[®]

A máquina de fabricação de Pavers[®] trabalhava de acordo com a agilidade do operador, fazendo com que a produção fique dependente da vontade humana, o que na maioria das vezes acaba impactando na produtividade. A partir desta problemática, se fez necessária a automação de uma linha de produção sincronizada com a máquina de Pavers[®], maximizando, desta forma, a produtividade. A Figura 12 apresenta o diagrama desenvolvido para estas linhas que são conectadas na máquina de fabricação de Paver[®].

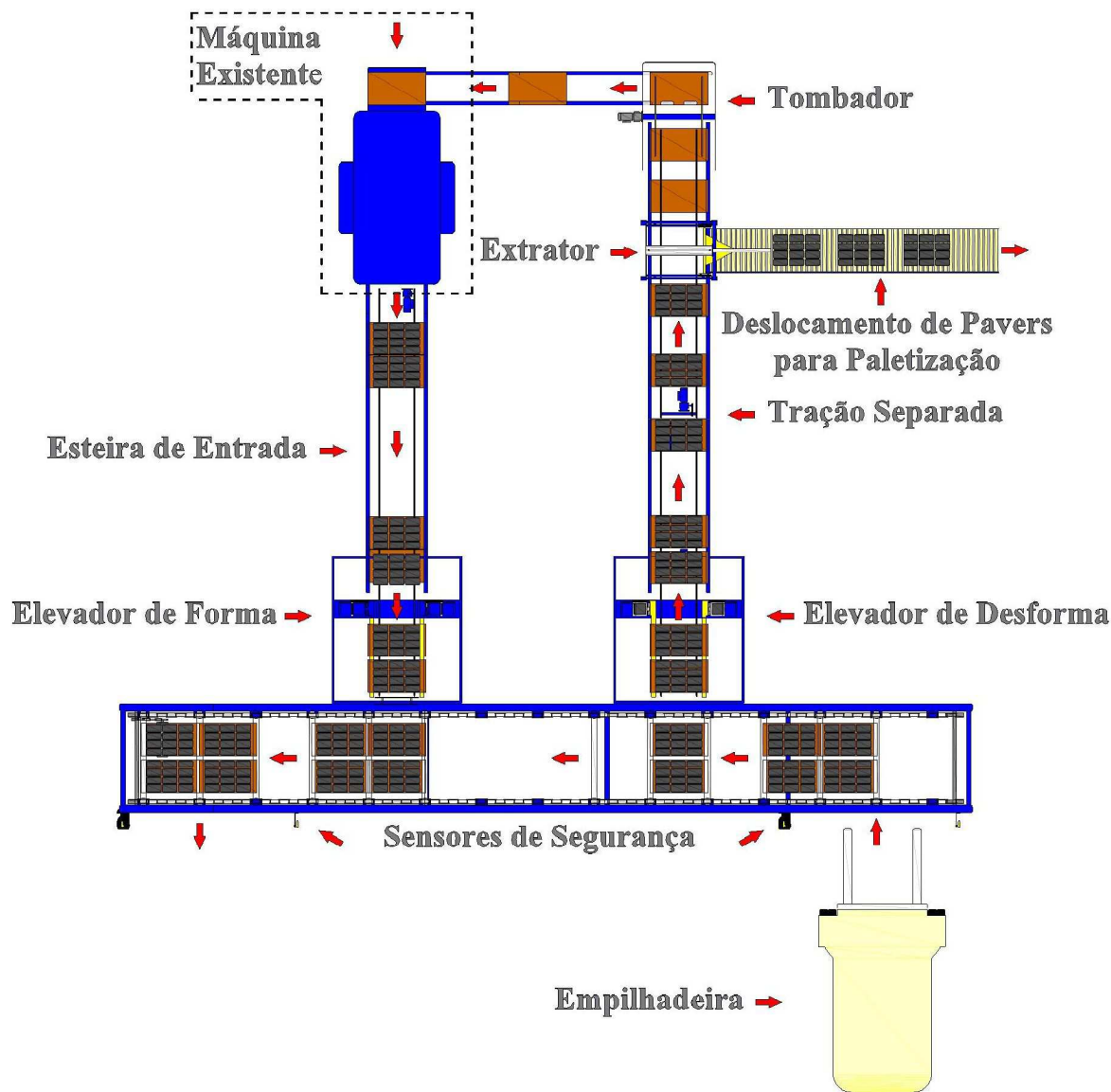


Figura 12: Descrição do processo de fabricação de Paver®.

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Esteira de entrada do elevador de Forma

Inicialmente o Paver® é prensado em uma máquina já existente, que desloca chapas carregadas de material verde, uma por uma até a esteira de entrada do elevador de forma, conforme mostra a Figura 13. Esta esteira está ligada diretamente ao elevador de forma. No controle da linha de forma de Pavers®, existe um sensor que detecta a presença de chapas na entrada do elevador de forma, esta chapa é transportada através da esteira até sobre os garfos onde um sensor detecta

a presença da primeira chapa posicionada, um segundo sensor de posição detecta e presença da segunda chapa.

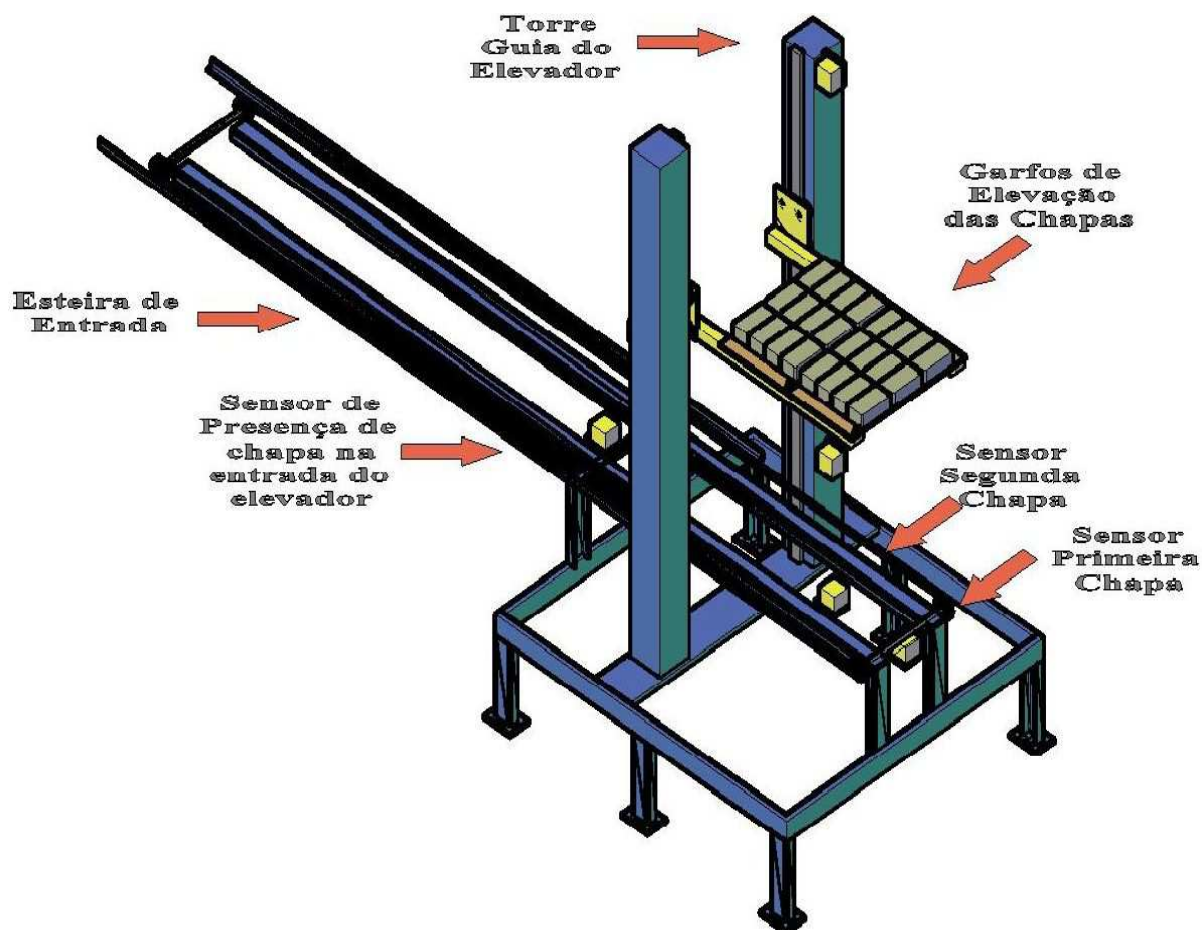


Figura 13: Diagrama do elevador de forma de Paver®.

Fonte: Autoria própria.

3.2.3 Elevador de forma

Após a chegada de duas de chapas de Pavers®, o elevador de forma (ver Figura 13) sobe até alinhar com a gaveta a ser carregada, depois o conjunto avança até que as chapas de Pavers® estejam alocadas dentro da gaveta. Em seguida, o elevador desce até seu nível inferior e recua para a posição inicial. Ao descer, as chapas que estavam no elevador ficam no rack e assim o ciclo é repetido sendo carregado em seguida a gaveta logo abaixo da última carregada. Os racks são compostos por dois conjuntos de treze gavetas e ficam em cima de uma esteira tracionada.

Caso aconteça algum problema ao carregar as chapas no elevador, existe uma saída digital do CLP utilizada para desligar a máquina de Pavers®, evitando assim acúmulo de material nas esteiras.

3.2.4 Esteira de racks

A esteira de racks apresentada na Figura 14 é responsável por garantir que as posições dos racks estejam sempre em linha com os elevadores de forma e desforma. Para isso, foi instalado sensores indutivos que monitoram a posição dos racks através de chapas metálicas soldadas em suas bases. Para a segurança foram instalados sensores fotoelétricos do tipo barreira com a finalidade de evitar que a esteira ligue enquanto a empilhadeira estiver colocando ou retirando racks, também foram instaladas duas chaves fim-de-curso como itens de segurança para evitar que a esteira avance e o rack caia de sobre ela.

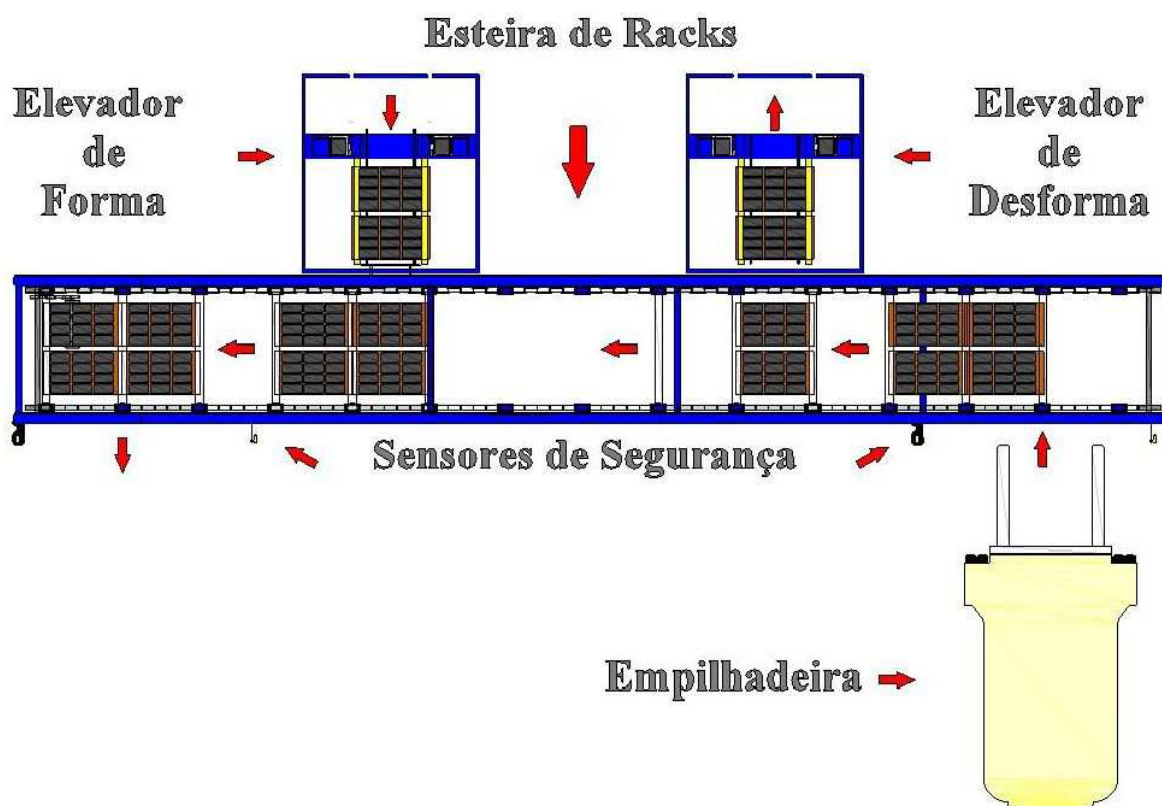


Figura 14: Diagrama da Esteira de Racks.

Fonte: Autoria própria.

3.2.5 Elevador de desforma

Simultaneamente ao carregamento de Pavers[®] recém-fabricados, em paralelo a ele, o elevador de desforma, idêntico aquele mostrado na Figura 13, está retirando de outro rack os Pavers[®] já curados. Este elevador opera com o mesmo princípio do elevador de forma, porém de maneira oposta, iniciando pelo descarregamento da primeira gaveta.

O sistema de desforma parte de sua posição inicial avançando o carro em direção ao rack. O elevador sobe até a primeira gaveta a ser descarregada, recua o carro até o seu limite com a chapa de Pavers[®] e desce o elevador até a posição inicial. Esta esteira também tracionada por um moto-reductor retira o par de chapas de Pavers[®] curados e transfere para a próxima esteira.

3.2.6 Controle de velocidade dos motores dos elevadores

Para o controle da velocidade dos motores dos elevadores foram aplicados inversores de frequência, sensores indutivos e encoders, esta aplicação pode ser dividida em duas partes como segue.

3.2.6.1 Controle de avanço e recuo dos elevadores

Para esta aplicação foram instalados quatro sensores indutivos monitorando os passos de avanço e recuo dos elevadores, com as seguintes funções específicas:

- Sensor 1 – Monitora e limita a posição de recuo do elevador;
- Sensor 2 – Quando o elevador passa pelo sensor 2 avançando, uma saída do CLP é ligada e envia um sinal na entrada digital 1 do inversor de controle de velocidade de avanço/recuo do elevador, fazendo com que o mesmo acelere o motor, já no retorno o sensor 2 desliga a entrada digital 2 do inversor fazendo com que o motor desacelere;

- Sensor 3 – Ao chegar ao sensor 3 a saída 4 do CLP desliga a entrada digital 1 do inversor o que faz com que a velocidade do motor reduza;
- Sensor 4 – Monitora e limita a posição de avanço do elevador.

3.2.6.2 Controle de subida e descida dos elevadores

A leitura dos pulsos dos encoders é feita pelo CLP *Step 7 – 200* da Siemens. Este possui duas portas de contagem rápida configuradas originalmente como entradas digitais, conforme mostra o esquema de configuração em linguagem *Ladder* da Figura 15. Foi necessário alterar a configuração da entrada para trabalhar como entrada de contagem rápida de pulsos, para que fosse possível fazer a leitura do sinal do encoder.

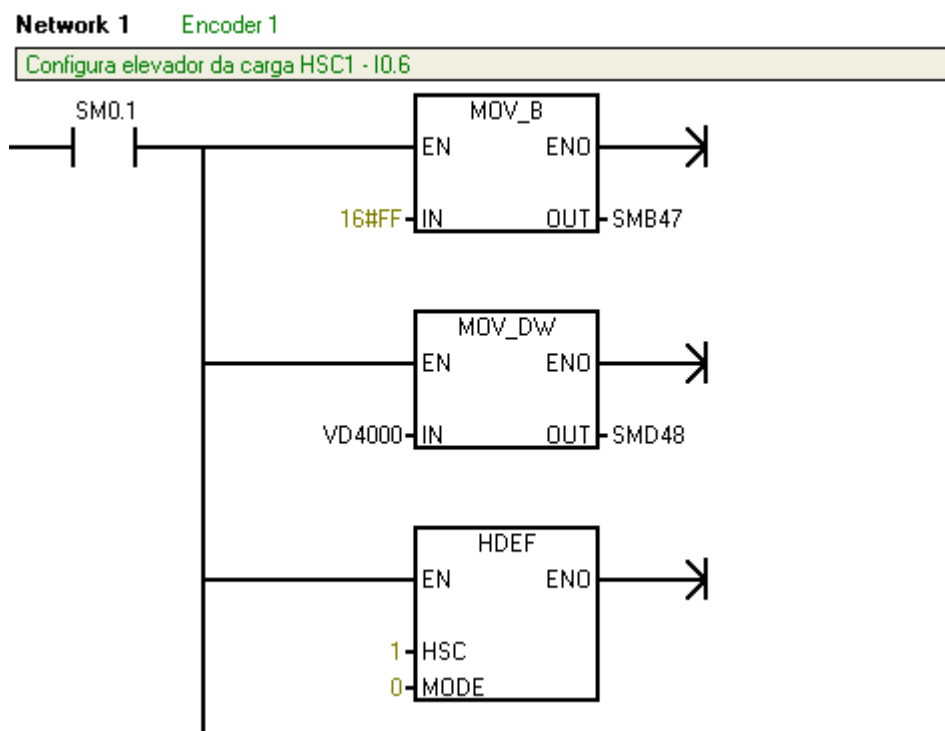


Figura 15: Configuração da porta de contagem rápida.
Fonte: Autoria Própria.

O CLP faz a leitura do sinal através de uma porta de contagem rápida de 4KHz. A figura 15 mostra o programa em *ladder* usado para configuração da

entrada. O grupo de pulsos é convertido em um sinal de 16 bits. Esse valor é convertido pelo CLP, que faz os cálculos da altura do elevador.

Sabe-se a distância exata entre o ponto de partida e altura desejada. De posse da medida de cada encoder, faz-se o cálculo do comprimento exato, subtraindo-se o valor de leitura de cada encoder até a posição em que se encontra o elevador.

O cálculo do controle de posição do elevador é feito de acordo com o valor informado pelo operador através da IHM, para cada posição é determinado um valor que depois de multiplicada por uma variável interna, é transformada e apresentada em forma de milímetros, de acordo com a seguinte relação:

$$P_{ELE} = \frac{P_{MAX} \times HELE}{H_{MAX}} \quad (1)$$

Onde HMAX (altura máxima do elevador), em centímetros, PMAX (quantidade de pulsos do encoder na altura máxima), HELE (altura do elevador) para forma ou desforma e PELE (quantidade de pulsos até a gaveta pré-determinada).

Com os valores de altura máxima do elevador e quantidade máxima de pulsos pré-determinada no *Start Up* da máquina, basta ao operador inserir a altura desejada que o CLP automaticamente calcula a quantidade de pulsos que o elevador deve subir, dois sensores indutivos limitam a subida e descida do elevador.

3.2.7 Sistema de retirada de Pavers® e tombamento de chapas

Após serem descarregadas, as chapas passam por duas esteiras com velocidades diferentes, sendo a velocidade da segunda um pouco maior do que primeira, o que garante um distanciamento entre uma chapa e outra. Isto representa uma segurança visto que o próximo passo é a extração do Paver® sobre a chapa.

Quando a chapa entra no extrator de Pavers®, ilustrado na Figura 16, um sensor indutivo detecta a sua presença e para a esteira que está transportando as chapas. Um carro extrator composto de uma chapa fixada em rodinhas é movimentado por um cilindro pneumático que retira os Pavers® sobre a chapa. As posições de recuo e avanço do extrator são monitoradas por sensores indutivos. Após a chapa base sair do extrator, um conjunto de sensores do tipo barreira faz a leitura de presença de resíduos de material sobre as chapas.

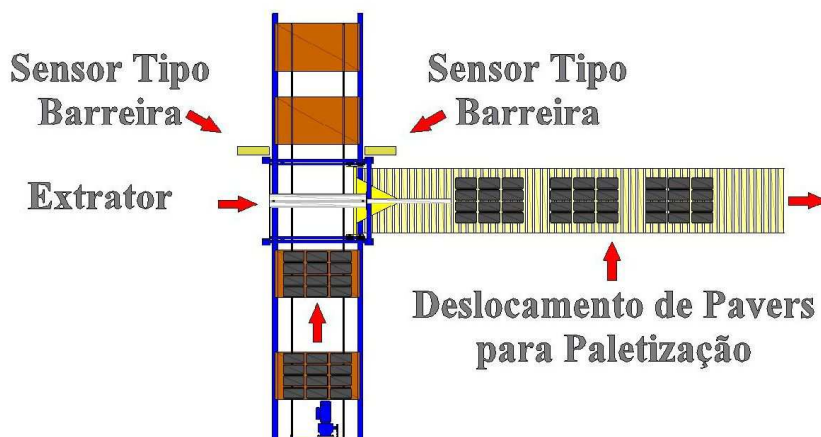


Figura 16: Diagrama do Extrator de Paviers®.

Fonte: Autoria própria.

Ao sair do extrator, não existindo nenhum resíduo que possa gerar danos ao equipamento, a chapa passa por um tombador, conforme mostra a Figura 17, para que os resíduos de pó que ficaram na chapa caiam. Para isso a chapa é girada em 180°, sendo dois passos de 90° cada.

A detecção da chapa na entrada do tombador e o controle do giro são feitos por sensores indutivos. Após o giro, a chapa retorna para a entrada da máquina de Paviers® através de uma esteira tracionada por um moto-reductor.

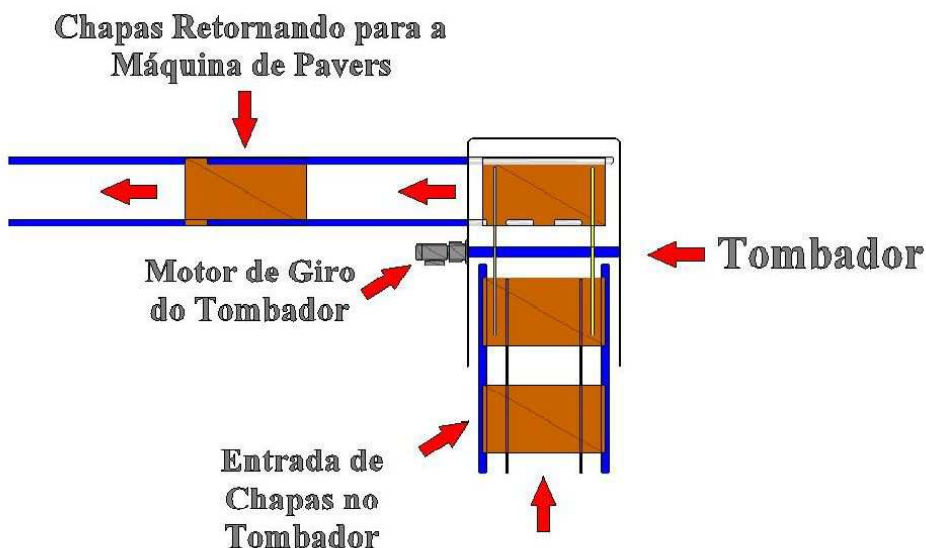


Figura 17: Diagrama do Tombador de Chapas.

Fonte: Autoria própria.

Com a explanação concluída quanto ao controle da linha de forma e desforma de Pavers[®], será apresentada no próximo item a implantação do programa do CLP e IHM, que integra todos os sistemas sensores e atuadores aqui descritos. O operador da linha de forma e desforma de Pavers[®] têm ao seu dispor várias opções de controle:

- Opção de cancelar o ciclo em qualquer momento através de botões de parada de linha espalhados pela máquina;
- Acompanhamento da posição dos elevadores;
- Opção para controlar manualmente todas as etapas do processo. Em caso de falha em algum dispositivo (sensor, encoder, botoeiras ou fim de curso) do controle automático;
- Ajuste da altura do elevador;
- Parametrização dos inversores.

3.2.8 APLICAÇÃO DO CLP E IHM

A máquina trabalha em ciclo totalmente automatizado, porém, caso seja necessário, os operadores do processo ainda possuem opções de acionamentos manuais. Caso venha a acontecer qualquer problema que necessite de intervenção humana, o operador passa a ter todos os controles de movimento do equipamento através de botoeiras que possibilitam que todos os movimentos da linha sejam executados manualmente.

O operador também pode interromper o ciclo a qualquer momento através de botões de parada de linha localizados na entrada do elevador de forma, na entrada do elevador de desforma atrás da esteira de racks e próximo ao extrator. Esses botões apenas interrompem momentaneamente a máquina, para intervenções breves. Quando desabilitados a máquina volta a trabalhar normalmente.

A opção de emergência, conforme norma NR 12 interrompe o comando de todos os acionamentos, sendo necessário reiniciar o funcionamento da máquina nesse caso.

4 RESULTADOS

4.1 SISTEMA DE FORMA E DESFORMA DE PAVERS[®]

O resultado da implementação dos elevadores de forma e desforma são mostrados na Figura 18. A obtenção de resultados referentes ao controle dos elevadores foi dividida em duas etapas. Inicialmente para comprovar se a leitura da altura do elevador é condizente com o valor real que ele está posicionado, foram feitas medições manualmente, através do uso de trenas aferidas, e comparados com as leituras dos encoders (Figura 19). Não foi verificada variação entre os valores lidos pelos encoders e os valores medidos com a trena, o que torna esse sistema confiável no que diz respeito a leitura de posicionamento dos elevadores.



**Figura 18: Elevadores de forma e desforma.
Fonte: Autoria própria.**

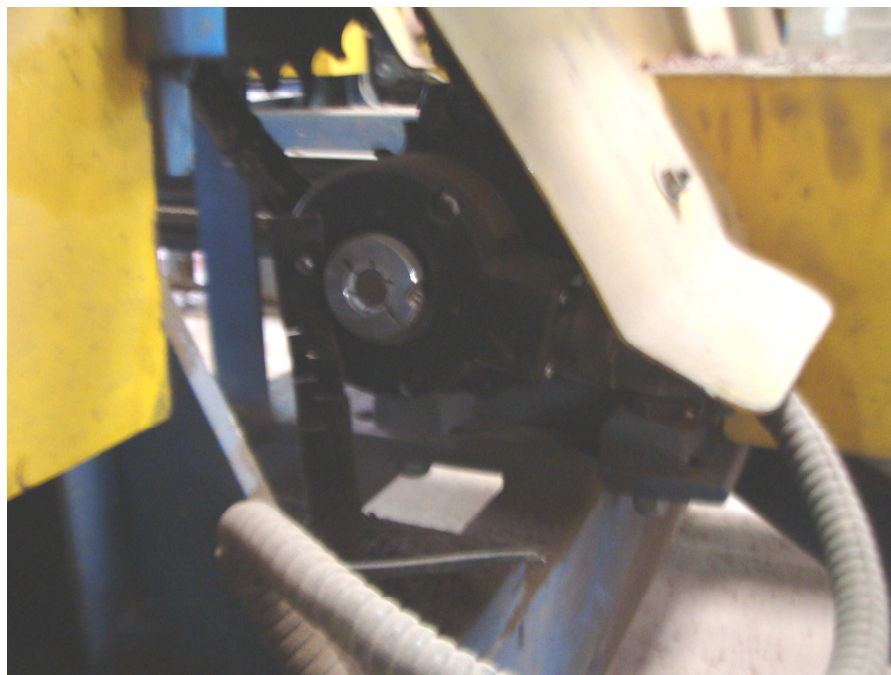


Figura 19: Encoder do Elevador de Forma.
Fonte: Autoria própria.

Para verificar o controle de velocidade realizado pelos inversores (Figura 20), foram analisadas as posições e os tempos de parada dos carros, visto que principalmente no elevador de forma esta parada deve ser feita de modo suave para evitar que os Pavers[®] verdes sofram deformações.

Foi verificado um aumento de produção quando trabalhado com a linha totalmente no modo automático. Enquanto a produção média era de 400 metros quadrados por dia no modo manual, com a linha trabalhando em automático a produção aumentou para 500 metros quadrados ao dia. A diminuição de custos de manutenção, paradas não programadas e auxílio na integração da planta industrial foram fatores positivos na implementação do projeto. Verificou-se também a redução do quadro de funcionários de seis para dois trabalhadores que passaram a trabalhar com menos esforço físico e menor risco de acidente.

4.2 APLICAÇÃO DO CLP E IHM

A implementação do CLP e IHM foi concluída, com sucesso e todas as necessidades do operador foram satisfeitas no que diz respeito ao acesso de dados e condições de alteração de valores do controle. A Figura 21 e a Figura 22 mostram a IHM e os CLPs instalados em painel de controle, respectivamente.



Figura 20: Painel de controle com os inversores.
Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento do projeto, como a Empresa não adquiriu o *software* STEP S7 PC Micro/WIN, foi usada a versão demonstrativa, e os resultados foram satisfatórios.



Figura 21: Interface IHM.
Fonte: Autoria própria.

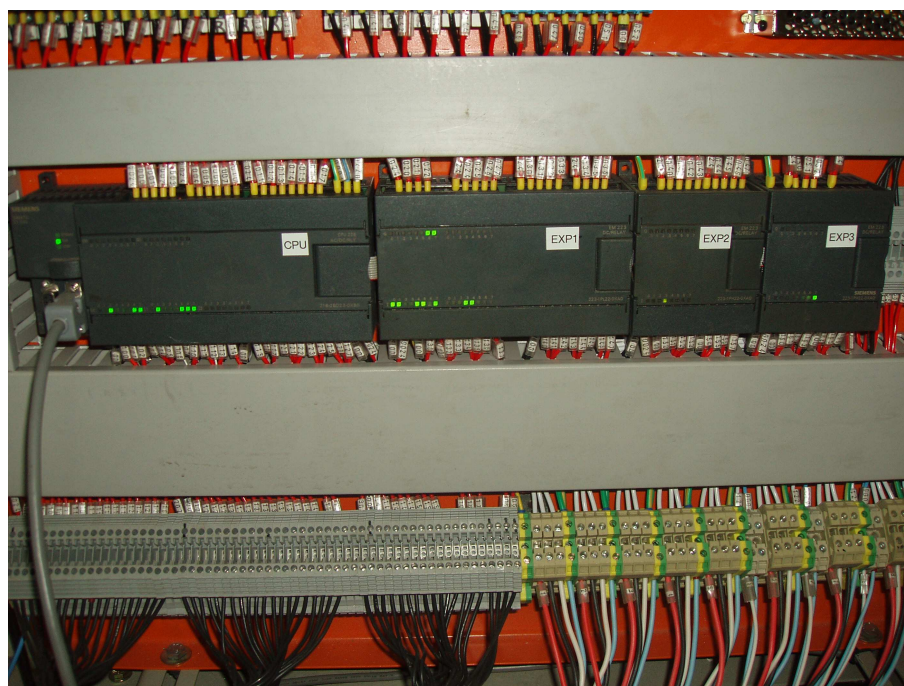


Figura 22: CLP Siemens.
Fonte: Autoria própria.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi apresentada a automação de uma linha de forma e desforma de Pavers[®], utilizando-se equipamentos como CLPs, encoders, sensores, motores, entre outros componentes. A linha de forma e desforma implementada atendeu completamente os seus propósitos.

Pode-se dizer que com relação ao custo, o projeto poderia ter um gasto menor, mas por questão de padronização, foram utilizados materiais já existentes em outras máquinas envolvidas no processo de fabricação de Pavers[®], o que facilita no momento da manutenção e na capacitação e treinamento dos colaboradores que trabalham na manutenção dos equipamentos.

Além das vantagens já citadas no decorrer do trabalho, como ganho de produção, diminuição de custos de manutenção, de paradas não programadas e do auxílio na integração da planta industrial, foi de extrema importância o desenvolvimento deste projeto por parte do acadêmico, pois foi possível aplicar na prática grande parte dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Praticamente, todas as disciplinas estudadas em sala de aula foram relevantes para o desenvolvimento deste projeto, desde as do início do curso, como Cálculo e Eletricidade, até as disciplina do final do curso, como Manufatura Integrada por Computador e, principalmente, Informática Industrial.

Ao longo do desenvolvimento deste projeto foram encontradas algumas dificuldades. Falhas mecânicas na fabricação da estrutura metálica da linha de forma e desforma de Pavers[®] provocaram interrupções frequentes nos testes dos componentes instalados.

O CLP e IHM por serem equipamentos de fabricantes diferentes, não havia uma comunicação pré-definida para usar como referência. Para que fosse feita a comunicação, foi necessário o auxílio do suporte técnico da Siemens, através do *Hot Line* (serviço de consultoria a clientes Siemens).

Durante a implantação foi verificada a necessidade de instalação de um inversor de frequência para controlar a velocidade do moto-reductor no giro das chapas do tombador, visto que o mesmo não tinha uma parada precisa. Após a instalação e ajustes necessários do inversor o problema foi solucionado.

Como trabalhos futuros, para melhorar o processo de produção pode-se implementar um equipamento automatizado para fazer a paletização dos Pavers[®], ou seja, o empilhamento automático destes. No momento, esse projeto está em fase de estudos de viabilidade e desempenho.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. Editora Érica. 1ª edição, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND. Associação Brasileira de Cimentos Portland. **Associação Brasileira de Cimentos Portland**, 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-intertravado-alia-durabilidade-e-estetica>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

BANNER ENGINEERING. Clearware Tech. Disponível em: <<http://www.clrwr.com/Banner-WORLD-BEAM-QS18-Sensors.htm>>. Acesso em: 23 Agosto 2013.

CASCAES, Giovani M. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4176/000408319.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 Agosto 2013.

CASILLO, Danielle. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFRSA. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011_1/Automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20-%20IHM.pdf>. Acesso em: 21 Agosto 2013.

DAKOL AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.dakol.com.br/novo/produto-detalle.php?grup=276138&subgrupo=377&ID=3791>>. Acesso em 21 abr. 2013.

DATASHEETZONE. Datasheetzone. **Datasheetzone**, 2010. Disponível em: <http://www.google.com.br/imgres?um=1&sa=N&hl=pt-BR&rlz=1T4WQIB_pt-BRBR541BR542&biw=1280&bih=624&tbn=isch&tbnid=8xFXkBPqiNQ-vM:&imgrefurl=http://www.dz863.com/datasheet-8283236563-QS186EQ8_Compact-Sensors-Series-Dc-Operation/&docid=LysHbmjYIC5hsM&imgurl=ht>. Acesso em: 15 Agosto 2013.

ELIAS ROCHEL, Luiz C. ABINEE. **Associação Brasileira da Indústria Elétronica**, 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Stoa. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/59285/mod_resource/content/1/Aula%20

12%20-%20Automa%C3%A7%C3%A3o%20(Teoria).pdf>. Acesso em: 21 Agosto 2013.

FIORITI, Cesar F. **Pavimentos Intertravados De Concreto Utilizando Resíduos De Pneus Como Material Alternativo**. 2007. 218p.[s.n.], São Carlos SP, 2007.

JUNIOR, Corradi R. Electronic Electricity Software. Disponível em: <http://www.corradi.junior.nom.br/sensores_Ind.pdf>. Acesso em: 20 Agosto 2013.

KOPELVSKI, Maycon M. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Disponível em: <http://www.cefetsp.br/edu/maycon/arqs/ap_clp_rev00.pdf>. Acesso em: 21 Agosto 2013.

MARTINS, Geomar M. UFSM. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/desp/geomar/automacao/Apostila_032012.pdf>. Acesso em: 15 Agosto 2013.

OLIVEIRA, Mário A. D. ISNTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO MT. Disponível em: <<http://www.redeprof.cba.ifmt.edu.br/~mario/Encoder%20%5BModo%20de%20Compatibilidade%5D.pdf>>. Acesso em: 21 Agosto 2013.

ORGANON ENGENHARIA. Organon Engenharia. **Organon Engenharia**, 2013. Disponível em: <http://organonautomacao.com.br/organon/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=56>. Acesso em: 16 Agosto 2013.

PARKER HANNIFIN CORPORATION. Parker. Disponível em: <http://www.parker.com/literature/Brazil/m_1002_2.pdf>. Acesso em: 20 Agosto 2013.

SCHNEIDER ELECTRIC. Schneider Electric. Disponível em: <[http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/all/D39F56523BA222AA852576580064CF48/\\$File/atv31-catalogo_br-out04.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/all/D39F56523BA222AA852576580064CF48/$File/atv31-catalogo_br-out04.pdf)>. Acesso em: 4 Julho 2013.

SIEMENS. **S7 200 Programmable Controler System Manual**, Nuremberg Alemanha, 2007 Edição 09/2007

SIEMENS. Siemens. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/interfaces-de-seguranca/plc-de-seguranca/simatic-s7->

200/Documents/SIMATIC%20S7-200%20Informa%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica.pdf>. Acesso em: 6 Junho 2013a.

SIEMENS. Siemens. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/fim-de-curso/Documents/Catalogo3SE5-Final.pdf>>. Acesso em: 20 Agosto 2013b.

SILVA PIRACICABA, Marcelo E. D. A rede social para o compartilhamento acadêmico. **Ebah**, 2007. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPAkAB/apostila-clp>>. Acesso em: 21 Agosto 2013.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson Eugenio dos. **Automação e controle discreto**. São Paulo: Érica, 1998 229 p.

TURCK. Clearwalter Tech. Disponível em: <<http://www.clrwtr.com/PDF/TURCK/TURCK-CK40-Inductive-Sensors.pdf>>. Acesso em: 24 Agosto 2013.

VEEDER ROOT. Gilbarco. **Danaher Sensors & Controls**, 2013. Disponível em: <http://www.gilbarco.com.br/produtos/Controle/Catalogo/RA58.asp?Novo=1&Indice=1&Cod_Prod=RA58-0000006&Descr_Prod=Encoder Absoluto Ra58>. Acesso em: 26 Agosto 2013.

WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A. WEG. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-027-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 21 Agosto 2013.