

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

CRISTIANO JOSÉ LISBOA

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO EM SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE
CARGAS**

PONTA GROSSA

2013

CRISTIANO JOSÉ LISBOA

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO EM SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE
CARGAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Automação Industrial como requisito
parcial à obtenção do título Tecnólogo em
Automação Industrial, no Campus Ponta
Grossa, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná,

Orientador: Prof. Julio C. Guimarães, MSc.

PONTA GROSSA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Automação Industrial
Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADO EM SISTEMA DE ELEVAÇÃO DE CARGAS

Por

CRISTIANO JOSÉ LISBOA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 17 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Julio César Guimarães, Msc.
Orientador

Frederic Conrad Jansen, Msc.
Membro Titular

Marcelo Dias Pedroso, Msc.
Membro Titular

- O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto para aplicar tecnologias de automação e controle de um sistema de elevação de cargas para transportar cabinas em uma linha de montagem de caminhões. Tal sistema deve atender às exigências de segurança e ergonomia no trabalho, permitindo uma operação segura dos operadores do processo sem expor os mesmos a riscos de acidente. Também, busca-se um transporte rápido das cabinas sem causar impactos que possam causar danos. São apresentadas as características do elevador de cabinas utilizado atualmente e as exigências normalizadas que o novo sistema deve atender. É apresentado também o método de desenvolvimento, com a descrição dos testes realizados para aumentar a eficiência e a segurança do sistema.

Palavras-Chave: elevador, controle, automação industrial.

ABSTRACT

The present work has the objective of applying automation and control technologies of a load lifting system for transport cabins in a truck assembly line. Such a system must meet the requirements of safety and ergonomics at work safe measure of process operators without the same risk of accident. Also, if you are looking for a quick transport of cabs without package bumps that can use damages. They are like the features of the booth elevator currently used and the standard conditionalities that the new system must meet. The development method is also launched, with a description of the tests performed to increase the efficiency and safety of the system.

Keywords: elevator, control, industrial automation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Elevador de cargas atual.....	11
Figura 2: Controlador lógico programável, modelo S7 300	15
Figura 3: Diagramas de blocos de um CLP.....	15
Figura 4: Controlador lógico programável tipo modular.....	16
Figura 5: Ciclo de scan de um CLP	17
Figura 6: Inversores de frequência.....	19
Figura 7: Diagrama simplificado de um inversor de frequência.....	19
Figura 8: IHM – Interface Homem Máquina.....	20
Figura 9: Tela de controle de um sistema SCADA	21
Figura 10: Sensor Indutivo.	22
Figura 11: Fechadura Eletromagnética.	22
Figura 12: Células de carga (a) por compressão e (b) por tração-compressão.	23
Figura 13: Encoder (a) absoluto e (b) incremental	24
Figura 14: Tela para seleção do modo de operação.....	27
Figura 15: Tela para movimentação manual	28
Figura 16:Tela para monitoramento e correção de posição	29
Figura 17: Painel remoto de controle	30
Figura 18: Encoder EVM58-IZ.....	30
Figura 19: Inversor SEW instalado no painel de controle.....	30
Figura 20: Visão geral do elevador.....	31
Figura 21:Batentes para proteção	31
Figura 22: Indexação de entradas e saídas em memórias internas	32
Figura 23: Linhas da matriz de posições.....	33
Figura 24: Matriz de posições resultante.....	33
Figura 25: IHM implementada	34
Figura 26: Tela para acesso ao histórico de alarmes.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

PLC - *Programmable Logic Controller* (ou CLP - Controlador Lógico Programável)

IHM – Interface Homem Máquina.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	10
1.1.1 Delimitação do tema	10
1.2 PROBLEMA.....	10
1.3 HIPÓTESE	12
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.4.1 Objetivo Geral.....	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
1.5 JUSTIFICATIVA	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	14
2.2. CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS.....	14
2.2.1. Funcionamento do CLP	16
2.2.2 Linguagens de Programação.....	18
2.3. INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	18
2.4 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA (IHM)	20
2.5. SENSORES	21
2.5.1. Sensores Indutivos	22
2.5.2. Travas Eletromagnéticas.....	22
2.5.3. Células de Carga	23
2.5.4. Sensores de Posição	23
2.6. REDES INDUSTRIAIS.....	24
2.6.1. Ethernet Industrial	25

3. DESENVOLVIMENTO	26
3.1. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO	26
3.2. DIRETRIZES DO PROJETO	27
3.2.1. Modo Manual	27
3.2.2. Modo Automático	28
3.2.3. Modo Semiautomático.....	28
3.2.4. Modo Manutenção.....	29
3.3. CONTROLE DE POSIÇÃO	29
3.4. MONITORAMENTO DO PESO	31
3.5. PROTEÇÕES IMPLEMENTADAS	31
3.5.1. Batentes	31
3.5.2. Sensores de Cabo de Aço.....	32
3.6. DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO	32
3.6.1. Programação do Controlador Lógico Programável	32
3.6.2. Programação da IHM	34
3.7. PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA.....	35
3.8. RESULTADOS E ANÁLISE	36
4. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS.....	39
ANEXO A	40
ANEXO B	41

1 – INTRODUÇÃO

A grande evolução da eletrônica digital e da informática aliadas às técnicas de controle, permitiram o desenvolvimento de sistemas de controle e automação de processos industriais. A necessidade de implantar melhorias nos processos industriais para atender à demanda por produtos com maior qualidade e menor custo, faz com que as empresas utilizem cada vez mais as tecnologias de automação industrial nos processos de produção.

Observa-se habitualmente, que o termo automação industrial é utilizado em referência a qualquer tipo de mecanização avançada ou sinônimo de evolução tecnológica, mais especificamente, relacionado com o mundo cibernético. Isto deve-se ao fato de que a automação é uma técnica que busca avanços tecnológicos para os processos produtivos (SILVEIRA,2002).

De acordo com a definição do Vocabulário Eletrotécnico Internacional, capítulo 351: Controle Automático – IEC 60050(351), um sistema de controle pode ser dividido em duas partes independentes:

- sistema controlado: sistema que executa a operação física;
- equipamento de controle: equipamento que recebe as informações do operador ou do processo a ser controlado e emite ordens ao sistema controlado (GEORGINI,2007).

Um sistema pode ser definido como automatizado quando é capaz de cumprir uma ou mais tarefas por meio de decisões que são tomadas em função de sinais de várias naturezas que provêm do mesmo sistema a ser controlado (PRUDENTE, 2013.). Atualmente, em sistemas automatizados, o equipamento de controle mais utilizado principalmente em processos industriais é o Controlador Lógico Programável (CLP) devido a sua robustez e arquitetura, próprios para ambientes industriais. (FRANCHI,2009).

Graças aos benefícios da automação dos processos de produção os operários não precisam exercer esforços demasiados para cumprir as tarefas, pois as máquinas executam as funções mais complexas, levando o operário à função de operador. Isto gera maior segurança e aumenta a produtividade.

Neste contexto, em Ponta Grossa, Paraná, uma empresa do segmento de automação industrial desenvolve produtos e soluções para movimentação e armazenagem de cargas em plantas industriais, durante a produção. A partir da

solicitação de um cliente, esta empresa desenvolveu um sistema de automação e controle para um elevador de cargas com tecnologias de controle e segurança operacional, cuja função no processo de produção é transportar cabinas de caminhões, durante o processo de montagem do veículo.

O intuito da empresa é atender a necessidade do cliente, substituindo um elevador de cabinas antigo. O qual apresenta problemas operacionais e de segurança, pelo fato de não atender às exigências das normas atuais de segurança e ergonomia no trabalho. Assim, o presente trabalho tem por objetivo mostrar as etapas de desenvolvimento, pesquisa e implementação do sistema de controle de posicionamento do elevador de cargas, assim como os benefícios obtidos.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Desenvolvimento de um sistema de controle para um elevador de cargas de uma linha de montagem de veículos.

1.1.1 Delimitação do tema

Em sistemas de produção em série, como por exemplo montagem de veículos, é fundamental utilizar tecnologias de automação que executem tarefas complexas de forma segura e precisa. Torna-se necessário assim, desenvolver etapas de montagem, as quais são divididas de acordo com as características inerentes ao produto. Em todas as etapas de produção, o transporte das peças, assim como do próprio veículo, deve ser feito de forma segura tanto para o produto, quanto para os profissionais envolvidos. Este trabalho foi desenvolvido em uma fábrica que produz caminhões e delimita-se em apresentar o desenvolvimento do sistema de controle, especificamente dos programas para o controlador lógico programável (CLP) e para a interface homem-máquina (IHM), para um elevador que transporta cabinas de caminhões, conforme solicitações do cliente e exigências da norma regulamentadora NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, do Ministério do Trabalho e Emprego.

1.2 PROBLEMA

Na linha de montagem o transporte das cabinas dos caminhões, atualmente é feito colocando as mesmas em carros para transporte, posicionados sobre trilhos, para serem levadas por um operador para dentro de um elevador. A figura 1 mostra um elevador de cargas similar. O transporte ocorre do pavimento superior da linha de produção para o pavimento inferior (térreo), ou seja, o elevador desloca uma cabina por vez, de um pavimento para outro.



Figura 1: Elevador de cargas atual.
Fonte: Autoria própria.

Quando o elevador está posicionado no pavimento superior, o operador deve abrir manualmente duas portas, uma externa e outra interna. Em seguida, uma cabina é acomodada no interior do elevador pelo operador que empurra um carro. Feito isto, as duas portas são fechadas permitindo que o operador acione o elevador, utilizando um painel remoto, por meio de um botão de comando.

Ao chegar ao pavimento inferior (térreo), outro operador abre manualmente as portas do elevador para retirar a cabina do interior, após retirá-la, fecha as mesmas, liberando o elevador para um novo ciclo.

O sistema de controle atual opera por meio de um sistema partida de motor com reversão de rotação, controlado por dois painéis remotos: um localizado no pavimento térreo e outro no superior. Os acionamentos remotos têm apenas 3 elementos (botões) de controle, cujas funções são: subir, descer e parada de emergência.

As paradas são realizadas por meio de sensores que detectam a presença do elevador no pavimento, parando o mesmo no ponto correto. Em caso de falha de um dos sensores de parada, há dois sensores de emergência posicionados próximos ao sensor de parada de seu respectivo pavimento, que fazem a mesma função.

Devido ao peso da carga, de aproximadamente 3000 kg, as paradas frequentemente ocorrem fora do nível exato do pavimento. Isto ocorre pelo fato de que o cabo de aço, que faz a sustentação e movimentação do elevador, apresenta contrações, resultando na existência de um pequeno degrau entre o elevador e o pavimento. Fato este que causa atraso na retirada das cabinas, em outras etapas da linha de produção e ainda, gera condições de riscos à segurança dos operadores, que passam a ter que realizar grandes esforços para retirar a carga do elevador.

1.3 HIPÓTESE

Com o desenvolvimento e implementação de um sistema de controle de posição, utilizando um controlador lógico programável (CLP), adequadamente programado, auxiliado por sensores adequados para posicionar corretamente o elevador, almeja-se tornar o sistema preciso durante o transporte e mais seguro para os operadores.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de controle de posicionamento para o elevador com o objetivo de atender às normas de segurança e ergonomia para que se obtenha um sistema moderno, de fácil operação e que promova o transporte sem causar danos à carga nem condições de riscos aos operadores.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um sistema de controle de posição;
- Programar um CLP para controlar o elevador;

- Aplicar redes de comunicação e interfaces adequadas para monitoramento do sistema;
- Aplicar critérios preconizados pelas normas de segurança e ergonomia para incrementar a segurança dos operadores;

1.5 JUSTIFICATIVA

A falta de precisão que o sistema atual apresenta durante o transporte, a demora para retirar a carga do elevador e as condições inseguras dos operadores, justificam a elaboração deste trabalho.

A implementação de um novo sistema de controle resultará em maior agilidade operacional do processo, maior confiabilidade por se tratar de um sistema que promoverá monitoramento do equipamento, facilitando a correção de falhas, com maior segurança e ergonomia para os operadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A palavra *automation* foi inventada pelo *marketing* da indústria de equipamentos da década de 1960. O neologismo, sem dúvida sonoro, buscava enfatizar a participação do computador no controle automático industrial (MOARAES & CASTRUCCI, 2007).

Os primeiros avanços significativos na automação industrial ocorreram na década de 1960, com a introdução de uma automação de tipo “rígido”, isto é, a máquina executava uma ou mais tarefas com a mínima intervenção humana, para produzirem um tipo particular de produto. Assim, as máquinas apresentavam uma desvantagem, se o produto mudasse, a conversão do sistema era praticamente impossível. Hoje em dia, integrando vários tipos de tecnologias (informática, eletrotécnica, pneumática e hidráulica), é possível desenvolver máquinas que operam sob o controle direto de um computador. Essa integração de tecnologias denomina-se de automação flexível (FMS – *Flexible Manufacturing System*), (PRUDENTE, 2013).

Atualmente, o principal fator que motiva a automação de processos é a busca por melhores níveis de qualidade dos processos, assim como dos produtos, com o objetivo de reduzir perdas, consequentemente custos e principalmente, possibilitar a produção de bens que de outra forma não poderiam ser produzidos. Outra justificativa para investir em automação é o incremento obtido na segurança dos processos industriais, pois a automação tem sido considerada como uma forma de minimizar a ocorrência de erro humano (GUTIERREZ & PAN, 2008).

2.2 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS

O Controlador Lógico Programável (CLP), mostrado na figura 2, foi desenvolvido a partir de uma demanda da indústria automobilística norte-americana, especificamente na Hydronic Division, da General Motors, na década de 1960, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis a relés, uma vez que as interconexões dos relés eletromecânicos eram fixas e sua alteração exigia paradas do processo produtivo (SILVEIRA & SANTOS, 2002).



Figura 1: Controlador lógico programável, modelo S7-300.
Fonte: SIEMENS AG (www.siemens.com).

O CLP é um equipamento composto de componentes eletrônicos e memória programável que contém dados e programas com a finalidade de ler e executar instruções, interagindo com um sistema que deve ser controlado por dispositivos de entrada e saída do tipo digital ou analógico (Norma IEC 61131-1). Basicamente, é constituído por pontos de entrada e saída, um processador, memória e barramento para transmissão de dados, controle e endereçamento, conforme mostra o diagrama de blocos da figura 3.

Um ponto de entrada é considerado o ponto onde um sinal é recebido a partir de um dispositivo ou componente externo (SILEVIRA & SANTOS, 2002). O ponto de entrada pode ser digital ou analógico. Um ponto de saída é o ponto que envia um sinal, analógico ou digital, para um atuador do processo, sendo que o atuador é o dispositivo que executa ações de controle no processo.

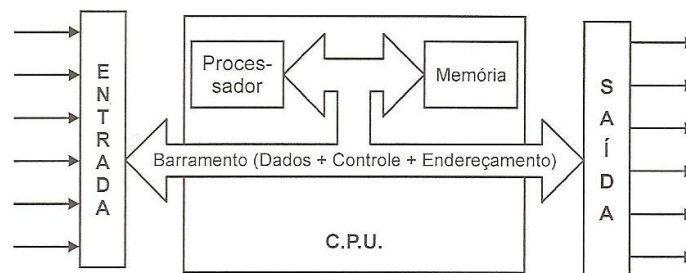


Figura 3: Diagrama de blocos de um CLP.
Fonte: GEORGINI, 2000.

Os CLP's são classificados em função do número de pontos de entradas e saídas, da seguinte forma (BRUNE, 2005):

- pequeno porte: possuem até 128 pontos de entradas e saídas;
- médio porte: possuem entre 128 a 512 pontos de entradas e saídas;

- grande porte: possuem acima de 512 pontos de entradas e saídas.

A arquitetura típica, mostrada na figura 4, é constituída por quatro partes importantes (ROSARIO, 2005), que são:

- fonte de alimentação: local de fornecimento de tensão aos módulos de entradas e saídas;
- CPU (Unidade de Processamento Central): onde estão armazenados O processador, sistema de memória e os circuitos internos;
- módulo de entradas e/ou saídas: pontos de envio e de recebimento de dados, podendo ser analógicos ou digitais;
- base (ou *rack*): promove a conexão entre a fonte de alimentação, CPU e módulos de entradas/saídas.

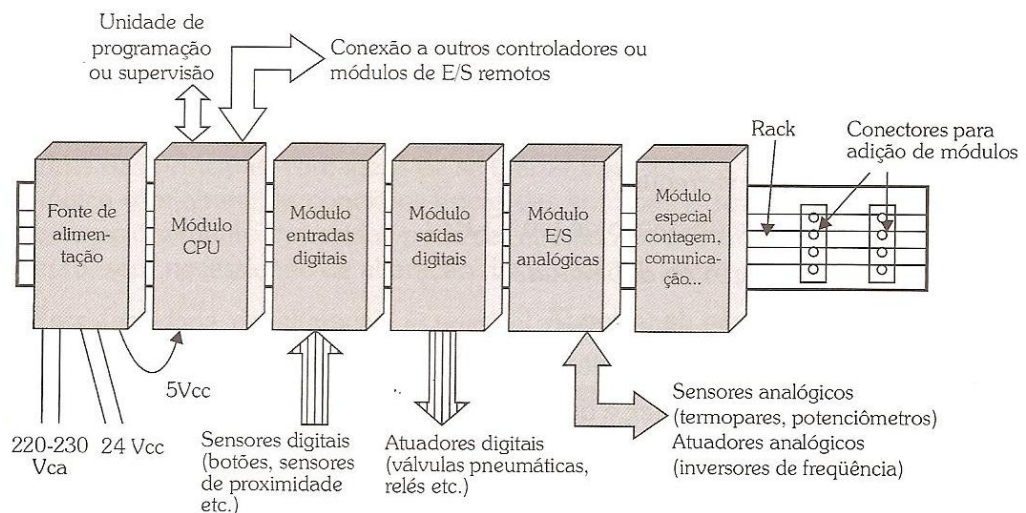


Figura 4: Controlador lógico programável tipo modular.
Fonte: FRANCHI, 2009.

2.2.1 Funcionamento do CLP

O CLP é um dispositivo de estado sólido que executa operações lógicas sequenciais programadas. Os programas são escritos em aplicativos (ou *softwares*) específicos dos fabricantes de CLP's. Estes *softwares* são utilizados para programação, pelo usuário, e para a transferência do programa para o processador do CLP. São exemplos destes programas aplicativos, *MICROWIN* desenvolvido para programar CLP's da marca SIEMENS e o *RSLogix*, utilizado para programar CLP's da Allen Bradley (ANTONELLI, 1998).

A CPU executa todas as operações programadas conforme uma ordem sequencial denominada de ciclo de *scan* ou varredura, mostrado na figura 5.

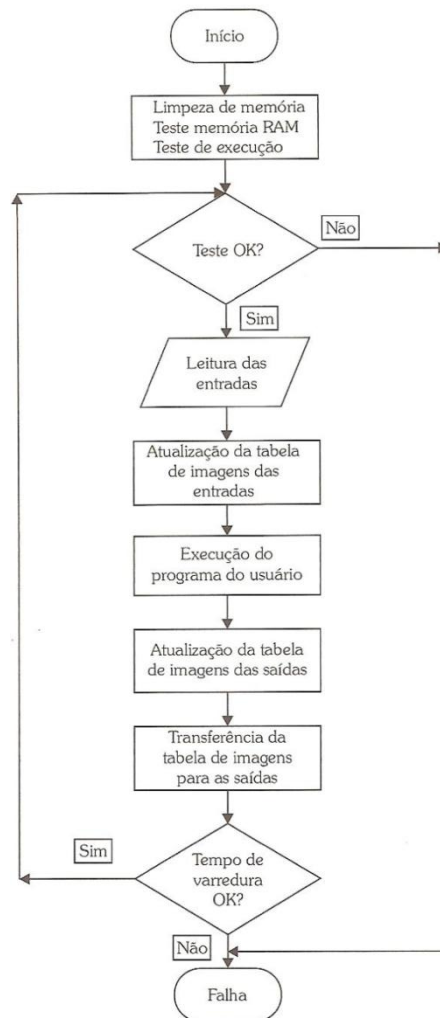


Figura 5: Ciclo de *scan* de um CLP.
Fonte: FRANCHI, 2009.

Cada vez que o CLP é energizado é executado um autoteste constituído por: limpeza de memória, teste de memória RAM e teste de execução. Caso não ocorram falhas, é realizada a leitura das entradas, cujos dados são armazenados em um registro denominado de tabela imagem das entradas. Feito isto, ocorre a execução do programa do usuário. Em seguida é atualizada a tabela imagem das saídas para realizar a transferência dos dados para as saídas.

Todas estas operações constituem o ciclo de *scan* e o tempo para executá-lo é denominado de tempo de *scan*. Quando se escolhe um CLP deve-se verificar se o tempo de *scan* é pequeno, para evitar que ocorram variações em uma entrada que o CLP não leia. Caso o tempo de *scan* seja longo demais, pode ocorrer o bloqueio do CLP. Geralmente o CLP tem um *timer* de máquina denominado *watch-dog* (cão de guarda), que é regulado a um valor de aproximadamente 150 ms, cuja função é

parar automaticamente o ciclo se o escaneamento superar tal limite (PRUDENTE, 2013).

2.2.2 Linguagens de Programação

A programação de um CLP é feita por meio de linguagens normalizadas, com o objetivo de uniformizar as funções e recursos de programação, facilitando para o usuário o desenvolvimento do programa. As linguagens normalizadas são, basicamente, de dois tipos (IEC 61131-3): linguagens gráficas e linguagens textuais.

As linguagens gráficas são:

- linguagem LADDER;
- diagrama de blocos funcionais (FBD – *Function Block Diagram*);
- sequenciamento gráfico de funções (SFC – *Sequential Function Chart*).

As linguagens textuais são:

- lista de instruções (IL – *Instruction List*);
- texto estruturado (ST – *Structured Text*).

Atualmente a linguagem mais utilizada para programação de CLP's é a linguagem gráfica LADDER, devido a simbologia utilizada, semelhante aos esquemas elétricos funcionais (PRUDENTE, 2013).

2.3 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

O avanço das técnicas de controle e da eletrônica de potência permitiu o controle de velocidade dos motores elétricos. Tais avanços permitiram o desenvolvimento de conversores de frequência com dispositivos de estado sólido, tais como: tiristores e transistores de potência. Existem dois tipos básicos de conversores de frequência: os cicloconversores e os inversores (figura 6).

Os cicloconversores convertem a frequência de rede de 60 Hz para uma frequência mais baixa. Trata-se de uma conversão direta de corrente alternada em corrente alternada (CA-CA).

Os inversores de frequência promovem uma conversão indireta da frequência, isto é, a corrente alternada é retificada para corrente contínua (CA – CC).



Figura 6: Inversores de frequência.
Fonte: WEG Motores (www.weg.com.br).

A partir da retificação, controlada ou não, a tensão contínua é chaveada para obter um trem de pulsos que alimenta o motor, conforme mostra o circuito simplificado da figura 7. Devido à natureza indutiva do motor, a corrente que circula tem um aspecto de corrente alternada. Em resumo, os inversores convertem CA em CC e novamente em CA.

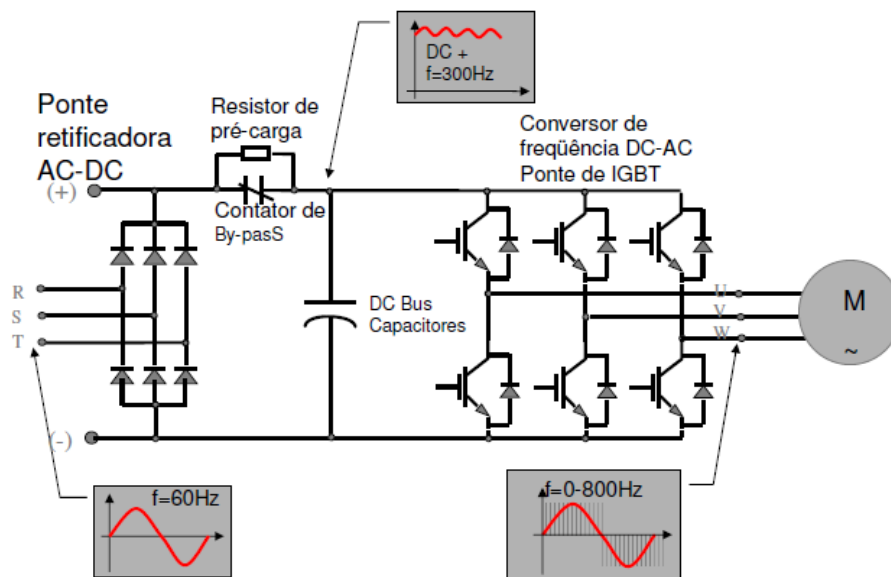


Figura 7: Diagrama simplificado de um inversor de frequência.
Fonte: ALTUS (www.altus.com.br).

Normalmente os inversores possuem entradas e saídas digitais e/ou analógicas que podem ser acionadas por botões e sensores com o objetivo de alterar a velocidade de forma programada. Este recurso é denominado de função *multi-speed* (FILHO, 2002). Também é possível integrar os inversores a uma rede de comunicação industrial, como por exemplo PROFIBUS, por meio de um *driver* de comunicação.

2.4 INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM)

Quando se trabalha com sistemas complexos surge a necessidade de criar uma interface amigável para facilitar o trabalho dos operadores envolvidos na interpretação das informações do processo. Assim, surge o sistema Supervisório ou IHM (Interface Homem Máquina), mostrada na figura 8. Tem por objetivo permitir a supervisão e, em alguns casos, o comando de determinados pontos do processo (CASTRUCCI & MORAES, 2007).

Uma Interface Homem Máquina (IHM) recebe sinais vindos do CLP e do operador e somente envia sinais para o CLP. Em arquiteturas mais modernas, a IHM pode ter o controlador programável incorporado, caracterizando um sistema inteligente. Normalmente a IHM está próxima à linha de produção instalada na estação de trabalho. É possível configurar parâmetros do processo localmente, monitorar informações, visualizar características operacionais e informações sobre a produtividade.



Figura 8: IHM – Interface Homem Máquina.
Fonte: SIEMENS AG (www.siemens.com).

Geralmente, a IHM é utilizada para monitorar e rastrear informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados que, em seguida, são manipuladas, analisadas, armazenadas e, posteriormente, apresentadas graficamente ao usuário por meio de telas de controle, conforme mostra a figura 9.

As telas apresentam animações gráficas que facilitam ao operador a compreensão das operações do processo. Também oferecem recursos como histórico de variáveis, relatórios de produção, receitas (ou *scripts*) de produtos e outros que ajudam o operador interagir com o processo com segurança e confiabilidade.

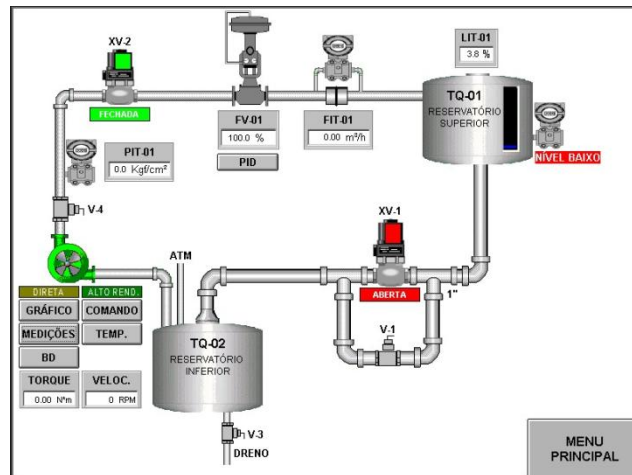


Figura 9: Tela de controle de um sistema SCADA.
Fonte: ELIPSE Software (www.elipse.com.br).

Quando o processo é de grande porte e complexidade, sendo necessário controlá-lo por vários pontos distribuídos na planta, então o controle torna-se um sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), cuja operação é centralizada em uma sala de controle que permite a interação do operador com o processo.

2.5 SENSORES

Os dispositivos de entrada são elementos de campo que agem como coletores de dados. Um sensor é um dispositivo que detecta a variação de uma grandeza física, como exemplo a temperatura, e a converte em um sinal elétrico de tensão ou corrente proporcional, para transmitir ao controlador (MORAES & CASTRUCCI, 2007). As categorias dos sensores são:

- térmicos;
- ópticos;
- magnéticos;
- eletromecânicos;
- eletrônicos.

Estes dispositivos foram introduzidos na década de 1960 e substituíram as chaves mecânicas, principalmente em ambientes industriais. Geralmente são utilizados em controle de processos para detecção de posição, variação de pressão,

nível, temperatura, vazão e presença. Há também sensores especiais desenvolvidos para medições de variáveis complexas como pH, entre outras.

2.5.1 Sensores Indutivos

O sensor indutivo, mostrado na figura 10, é baseado no princípio físico da indução, ou seja, detectam a presença de metais, por meio da variação do campo magnético.



Figura 10: Sensor indutivo.
Fonte: FESTO (www.festo.com.br)

Quando o metal está presente (ou próximo), circuitos eletrônicos detectam as variações na intensidade do campo e enviam um sinal de corrente ou tensão para o CLP.

2.5.2 Travas Eletromagnéticas

A trava (ou fechadura) eletromagnética, mostrada na figura 11, foi desenvolvida para substituir a trava mecânica. Construída para trabalhar energizada durante 24 horas por dia, não apresenta desgaste, falha ou a necessidade de manutenção pelo fato de não ser constituída por sistemas mecânicos. É ideal para qualquer tipo de porta, sendo totalmente silenciosa durante o funcionamento, podendo ser acionada por botoeira, teclado ou terminais de acesso.



Figura 11: Fechadura eletromagnética.
Fonte: Pepper Fulchs (fabricante).

Entre as principais aplicações deste dispositivo, está o travamento de portas de elevadores, evitando aberturas acidentais das mesmas.

2.5.3 Células de Carga

O uso de células de carga, mostradas na figura 12, como sensores de medição de força abrange hoje uma vasta gama de aplicações: desde balanças comerciais até na automação e controle de processos industriais.

O funcionamento das células de carga baseia-se na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro (ou *strain gage*), quando submetido a uma deformação.



Figura 12: Células de carga (a) por compressão e (b) por tração-compressão.
Fonte: ACR Sistemas Industriais (www.acr1.com.br).

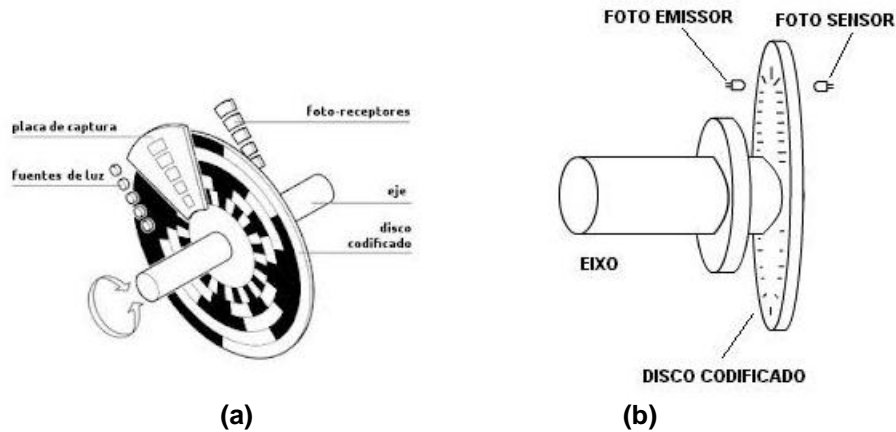
Geralmente usam-se quatro extensômetros ligados em ponte de Wheatstone, porque assim quando houver variação em uma das resistências, causada pela deformação dos extensômetros, um sinal elétrico proporcional à deformação é gerado, obtendo-se o valor da força aplicada. A geração do sinal pode ser por compressão, tração ou ambos os fenômenos simultaneamente.

2.5.4 Sensores de Posição

Os sensores de posição fornecem um sinal de tensão proporcional a um deslocamento que pode ser: *linear*, que é o deslocamento em relação a um ponto de referência ou partida; *angular*, que é o deslocamento em relação a um eixo.

O *encoder* é um sensor de posição fotoelétrico muito utilizado em aplicações para controle de posição. Converte um movimento angular ou linear em uma série de pulsos elétricos, fornecendo para o CLP um sinal elétrico proporcional à posição,

velocidade ou rotação. A conversão desses movimentos em pulsos elétricos é feita por meio da detecção fotoelétrica, como é mostrado na figura 13.



**Figura 13: Encoder (a) absoluto e (b) incremental.
Fonte: Pepper Fulchs (fabricante).**

São dois tipos de *encoders*: incrementais e absolutos. Ambos são constituídos por discos giratórios que definem um valor referente a uma posição específica quando se movimentam.

O *encoder* incremental necessita de um sensor de referência, correspondente ao ponto de partida, para detectar uma posição específica ou um deslocamento. O *encoder* absoluto não precisa de um sensor de referência, uma vez que o sistema de discos permite reconhecer uma posição ou deslocamento independente do ponto de partida.

2.6 REDES INDUSTRIAIS

Conforme o número de controladores programáveis aplicados em automação, os tipos de sistemas são classificados em: concentrados ou distribuídos. Em um sistema concentrado um único computador gerencia o processo, podendo haver terminais remotos para monitoramento. Em um sistema distribuído o gerenciamento da informação, assim como o controle, é realizado por máquinas alocadas ao longo da planta. Desta forma, sistemas distribuídos utilizam redes de comunicação (MORAES & CASTRUCCI, 2007)

Na automação industrial, uma rede industrial é constituída por protocolos de comunicação utilizados para supervisionar e controlar um determinado processo, com uma troca rápida e precisa de informações entre sensores, atuadores, computadores, CLP's, entre outros. (FERNANDES, 2003). As redes podem ser de dois tipos:

- redes proprietárias: são protocolos específicos de cada fabricante, próprios para processos de pequeno porte, nos quais não é necessário comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes.

- redes abertas: são protocolos de redes desenvolvidos para promover a integração de dispositivos de vários fabricantes. Como exemplo, pode-se citar a rede PROFIBUS, que permite a comunicação entre dispositivos de vários modelos e fabricantes.

2.6.1 Ethernet Industrial

A rede Ethernet é provavelmente a tecnologia de rede mais difundida, que permite uma grande escala de produção e disponibilidade, com baixo custo e tornando-se uma alternativa bastante atrativa para interconexão de dispositivos de automação, apesar de que o protocolo Ethernet não foi desenvolvido para aplicações em automação industrial, pelo fato de não apresentar algumas características desejáveis em ambientes de controle em tempo real, como determinismo e segurança na transmissão de dados (FOROUZAN, 2006).

Algumas organizações desenvolveram a partir de seus protocolos níveis de aplicação para a Ethernet TCP/IP. Presentemente, pode-se citar:

- Foundation Fieldbus High Speed Ethernet;
- EtherNet/IP (ControlNet/DeviceNet sobre TCP/IP);
- Modbus/TCP (Modbus sobre TCP/IP);
- Profinet (Profibus sobre Ethernet), (BORGES, 2007).

Segundo Erickson, Coester & Henning (2006), o padrão Ethernet Industrial alcançará uma grande fatia do mercado, mas não deverá substituir completamente os barramentos de campos tradicionais, pelo fato de não haver justificativas para isto, além do fato de que a Ethernet apresenta altos custos quando deseja-se elevado desempenho.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta as etapas de implementação do projeto. Conforme as solicitações do cliente, operação do elevador deve atender às normas de segurança do trabalho, especificamente a norma regulamentadora NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. O trabalho foi desenvolvido com recursos adquiridos pela empresa para a implementação do sistema.

3.1 DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

O ciclo operacional completo do elevador é constituído pelas seguintes etapas:

1 - quando o elevador estiver no 1º pavimento a porta interna do cesto (ou compartimento de carga) abre-se automaticamente, após a abertura completa é liberada a abertura da porta externa superior, por meio de chaves e/ou travas de segurança;

2 - o operador coloca a cabina no seu interior fecha manualmente a porta externa. Em seguida, pressionando um botão no painel de comando remoto, fecha a porta interna. Depois que as duas portas estiverem fechadas, é autorizada qualquer movimentação do equipamento;

3 - o operador envia o elevador para o pavimento térreo, por meio de um botão de comando localizado no painel remoto;

4 - no pavimento térreo, o elevador para na posição adequada, abre-se automaticamente a porta interna e em seguida, libera a abertura da porta externa inferior, para que o operador possa entrar e retirar a cabina. Feita a retirada da mesma o operador deve fechar manualmente a porta externa inferior, pressionar um botão no painel de comando remoto para fechar a porta interna do cesto. Quando as duas portas estiverem fechadas, deve-se acionar um comando, no painel remoto, para o elevador retornar ao 1º pavimento para que um novo ciclo tenha início.

3.2 DIRETRIZES DE PROJETO

Conforme especificações do cliente, o equipamento deve possuir 4 modos operacionais, ao invés de somente um, como era o modelo antigo.

Os modos operacionais são os seguintes:

- modo manual;
- modo automático;
- modo semiautomático;
- modo manutenção.

A tela de controle implementada na IHM para o operador selecionar o modo de operação está mostrada na figura 14.

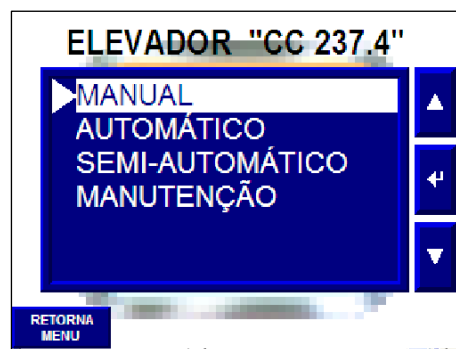


Figura 14: Tela para seleção do modo de operação.
Fonte: autoria própria.

Vale ressaltar que o cliente solicitou uma função denominada de “selamento”, isto é, uma rotina e/ou ciclo operacional deve ser executado integralmente após o operador dar um comando, não sendo possível haver interrupções neste ciclo, exceto em caso de emergência.

3.2.1 Modo Manual

Neste modo o funcionamento ocorre através da IHM, mostrado na figura 15. É um modo de operação sem selamento dos movimentos, isto é, a operação ocorre por meio dos sensores e atuadores com as funções básicas da programação. Este modo facilita verificações e intervenções de manutenção, sendo inclusive de acesso restrito aos profissionais de manutenção. Cada movimento do elevador pode ser

realizado separadamente, conforme a necessidade durante as intervenções para manutenção.

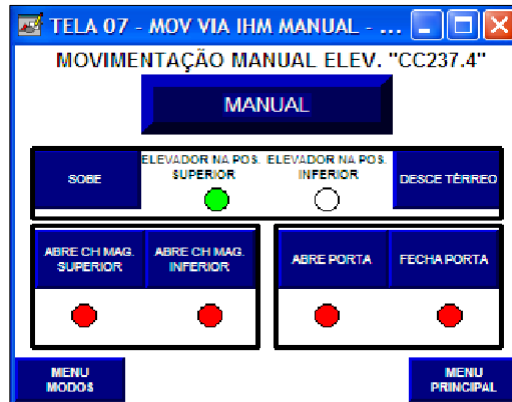


Figura 15: Tela para movimentação Manual
Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Modo Automático

Neste modo, são consideradas as solicitações de segurança, conforme a norma regulamentadora NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, quais sejam:

- O operador deve manter pressionado o botão para fechar a porta interna do elevador, pelo fato desta porta ser do tipo “guilhotina”;
- Quando o elevador atingir a posição adequada e abrir a porta interna, o operador deve abrir imediatamente a porta externa. Caso isto não ocorra em um período de cinco segundos, a porta externa é travada automaticamente por meio de uma trava eletromagnética, sendo necessário que o operador pressione um botão para liberar a mesma;
- Em caso de haver um desnivelamento, o controle deve realizar a correção automática de posição de parada.

3.2.3 Modo Semiautomático

A operação ocorre somente por meio da IHM, localizada no painel geral, não sendo possível operar o elevador pelos painéis remotos.

3.2.4 Modo Manutenção

Este modo de operação é de acesso exclusivo aos profissionais de manutenção. Quando habilitado no modo manutenção o elevador não executa qualquer movimento, sendo que os painéis remotos e a IHM permanecem bloqueados, ou seja, mesmo que o operador dê um comando, não haverá operação ou movimentação com o objetivo de evitar acidentes.

O modo manutenção ainda conta com uma serie de dispositivos físicos que foram instalados afins de que a movimentação do elevador também seja bloqueada eletricamente e mecanicamente.

3.3 CONTROLE DE POSIÇÃO

Conforme solicitação do cliente, o sistema de controle de posicionamento do elevador deve ser capaz de corrigir a posição automaticamente, quando ocorrer uma parada fora do nível do pavimento. Esta correção deve ser monitorada pelo operador através de uma tela de comando via IHM ou pelo painel remoto. A tela desenvolvida para a IHM está mostrada na figura 16 e o painel remoto está mostrado na figura 17.

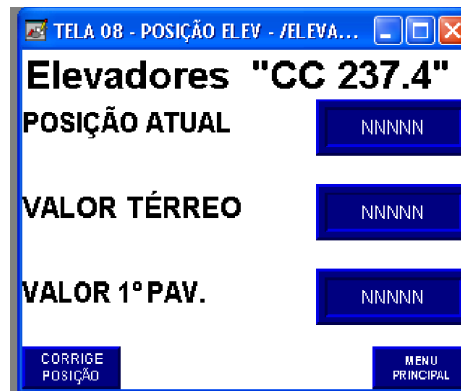


Figura 16: Tela para monitoramento e correção da posição
Fonte: autoria Própria.

O painel remoto permite ao operador corrigir, por meio de comandos manuais (pulsos aplicados em botão), caso o sistema automático de controle falhar.

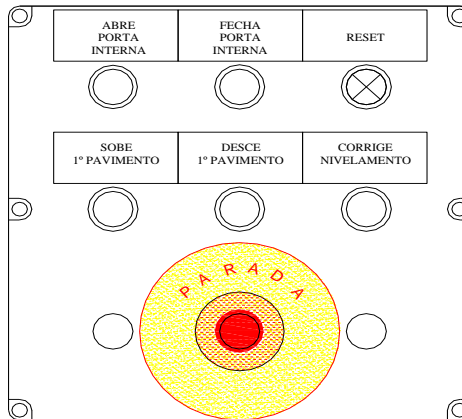


Figura 17: Painel remoto de controle.
Fonte: autoria própria

Para correção do posicionamento, utilizou-se um *encoder* do tipo absoluto, instalado diretamente no cesto do elevador, obtendo-se assim melhor monitoramento do deslocamento do elevador. O *encoder* utilizado está mostrado na figura 18.



Figura 18: Encoder EVM58-IZ.
Fonte: Pepper Fulchs (fabricante).

O controle de velocidade do motor do elevador, durante a aceleração e frenagem, é feito por meio de inversores de frequência SEW Eurodrive, modelo Movitrac B, mostrado na figura 19, para facilitar o correto posicionamento.



Figura 19: Inversor SEW instalado no painel de controle.
Fonte: autoria própria.

3.4 MONITORAMENTO DO PESO

Foi solicitado pelo cliente um sistema de monitoramento do peso no interior do elevador para que o limite de carga (3500 kg) não seja excedido.

Isto foi feito com células de carga que monitoram constantemente o peso da carga do elevador através da tensão do cabo de aço de sustentação do elevador. A figura 20 mostra uma vista geral do elevador desenvolvido e implementado.

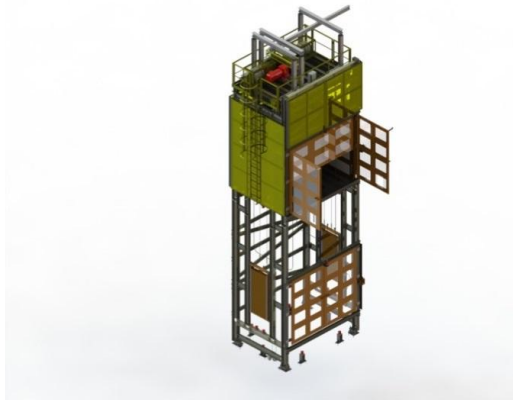


Figura 20: Visão geral do elevador
Fonte: autoria própria.

As células de carga foram instaladas na parte inferior do elevador (piso) para que assim seja possível detectar a carga inserida.

3.5 PROTEÇÕES IMPLEMENTADAS

3.5.1 Batentes

São limitadores de curso, cuja função é proteger contra impactos as peças e dispositivos constituintes do sistema, conforme mostrado na figura 21.



Figura 21: Batentes para proteção.
Fonte: autoria própria

3.5.2 Sensores de cabo de Aço

Estes sensores são parte de um conjunto constituído por suportes móveis, em formato “L”, que funcionam como atuadores. Quando o cabo de sustentação está devidamente tensionado, atuam o sensor indutivo, indicando ao CLP que o cabo está tensionado adequadamente e que o elevador está apto para movimentação. Se o cabo estiver frouxo, estes sensores não atuarão, indicando uma condição insegura para movimentação.

3.6 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO

A programação foi desenvolvida nas seguintes etapas: programação do controlador lógico programável (CLP) e configuração da interface homem máquina (IHM) conforme descrito a seguir.

3.6.1 Programação do Controlador Lógico Programável

A programação do CLP foi implementada na linguagem Ladder, utilizando o *software* RS Logix 5000, produzido pela Rockwell Automation, considerando as exigências do cliente e normas de segurança para acionamentos.

Para incrementar a segurança, foi adotado o procedimento de indexar todos os sensores e/ou atuadores a uma memória interna, permitindo assim que seja possível verificar a ocorrência de eventuais falhas e/ou erros de execução do programa, conforme mostra a figura 22.

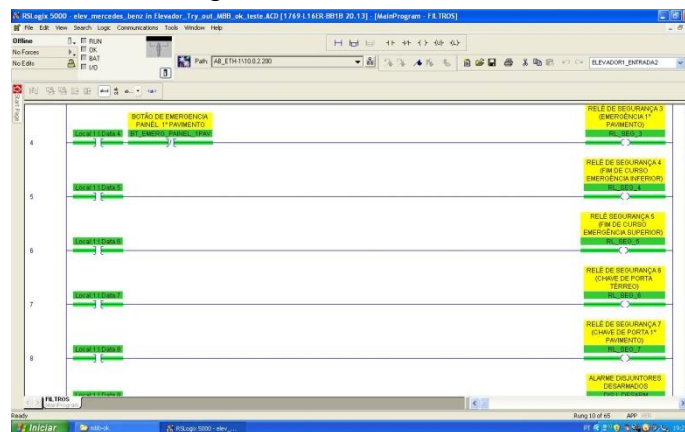


Figura 22: Indexação de entradas e saídas em memórias internas.
Fonte: autoria própria

O controle de posição do elevador foi feito por meio de uma matriz constituída por quatro linhas, sendo que cada linha corresponde a uma *Double Word*, que por sua vez possui 32 bits. As linhas da matriz de posições são mostradas na figura 23.

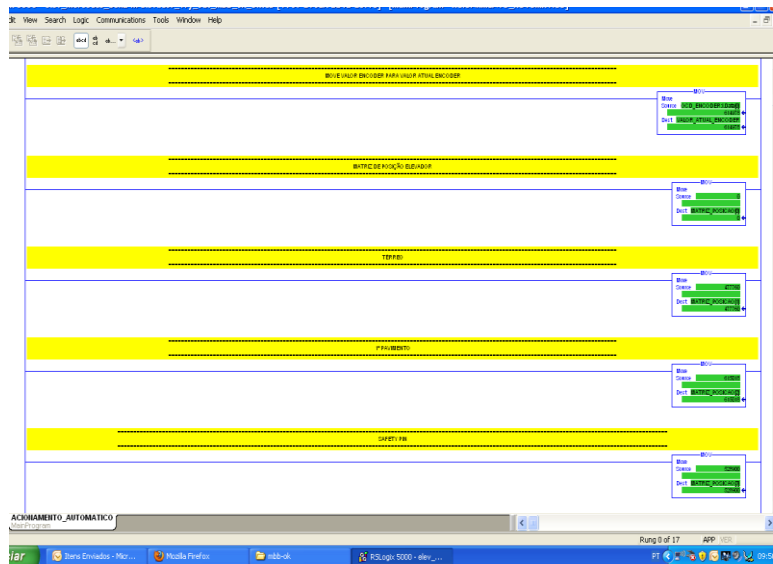


Figura 23: Linhas da matriz de posições.
Fonte: autoria própria

Uma linha da matriz representa um *byte* formado por oito *bits*, os quais são representados nas 32 colunas da matriz. Estes *bytes* representam cada *set point* da posição de parada. A verificação da posição do elevador é feita comparando o valor detectado e enviado pelo sensor (*encoder*) com o valor do *set point*. A matriz de posições resultante é mostrada na figura 24.

A captura de tela mostra uma tabela de variáveis de controle de posição. A tabela possui as seguintes colunas: Nome, Valor, Tipo, Data Type e Description. As variáveis são organizadas em grupos de 32 bits por linha.

Nome	Valor	Tipo	Data Type	Description
MATRIZ_POSICAO				
+ MATRIZ_POSICAO000	0	Decimal	DINT	
+ MATRIZ_POSICAO001	137218	Decimal	DINT	
+ MATRIZ_POSICAO002	40	Decimal	DINT	
- MATRIZ_POSICAO03	528800	Decimal	DINT	
MATRIZ_POSICAO03.0	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.1	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.2	1	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.3	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.4	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.5	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.6	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.7	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.8	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.9	1	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.10	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.11	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.12	1	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.13	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.14	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.15	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.16	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.17	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.18	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.19	1	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.20	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.21	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.22	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.23	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.24	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.25	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.26	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.27	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.28	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.29	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.30	0	Decimal	BOOL	
MATRIZ_POSICAO03.31	0	Decimal	BOOL	

Figura 24: Matriz de posições resultante.
Fonte: autoria própria.

A vantagem de utilizar uma matriz com valores de referências (*set points*) da posição é que permite:

- detectar se o elevador está parado ou em movimento;
- verificar o deslocamento realizado desde o ponto de partida até um ponto qualquer de chegada.

A comunicação entre o sensor de posição (*encoder*) e o CLP é realizada por meio de uma rede ethernet.

3.6.2 Programação da IHM

A programação da IHM foi realizada através do *software* Factory Talk, da Rockwell Automation, devido a IHM utilizada é produzida por este fabricante. A figura 25 mostra a interface utilizada. Sua configuração conta com um *driver* de comunicação, o RS Linx, o qual faz a leitura direta dos TAG's desejados no CLP, obtendo-se assim um monitoramento das entradas e saídas.



Figura 25: IHM implementada.
Fonte: autoria própria.

A IHM é utilizada para controlar o elevador quando este estiver configurado para operar nos modos manual e/ou semiautomático. Para isso, foram utilizadas memórias internas do programa do CLP para permitir ao operador controlar o elevador através da IHM.

Foram programados alarmes para serem visualizados pelo operador via IHM, por meio da tela mostrada na figura 26, para garantir maior segurança operacional. São, aproximadamente, quarenta funções de alarmes implementadas e mostradas no Anexo B.



Figura 26: Tela para acesso ao histórico de alarmes.
Fonte: autoria própria.

3.7 PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

Neste projeto foram adotados critérios de ergonomia e a segurança para atender às exigências da norma regulamentadora NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Esta norma estabelece procedimentos obrigatórios nos locais destinados a máquinas e equipamentos, como piso, áreas de circulação, dispositivos de partida e parada, proteção de máquinas e equipamentos, bem como manutenção e operação.

Conforme a norma NR 12, os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- não se localizem em suas zonas perigosas;
- possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- não acarretem riscos adicionais;
- não possam ser burlados;

Neste contexto, foi estabelecido uma sequência de ações que constituem um procedimento de rotina que o operador deve executar sempre que estiver trabalhando. Algumas destas rotinas são:

- 1 – quando o elevador está vazio, o operador deve carregá-lo da seguinte forma: abrir as portas externas manualmente, em seguida inserir a cabina no interior.

2 – depois de inserida a cabina, o operador deve fechar as portas externas manualmente; as portas externas fechadas permitem o fechamento das portas internas;

3 – o operador deve dar um comando no painel remoto, localizado a uma distância de aproximadamente 2 m da porta, para fechar as portas internas. Feito isto deve dar outro comando para iniciar o transporte para outro pavimento;

4 – durante o deslocamento do elevador, as portas externas (dos pavimentos térreo e superior) permanecem travadas, evitando que sejam abertas manualmente pelos operadores;

5 – quando o elevador chegar ao pavimento térreo, após a parada, as portas internas abrem-se automaticamente. Quando estas portas estiverem abertas as portas externas são destravadas automaticamente, permitindo que o operador abra manualmente as mesmas e retire a cabina do interior, conforme o Anexo A.

Desta forma impede-se que o operador fique exposto a riscos de contatos com as partes móveis do elevador, conforme exige a norma regulamentadora NR 12 do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego). No Anexo B estão discriminados os alarmes, solicitados pelo cliente, que foram implementados.

3.8 RESULTADOS E ANÁLISE

Antes de implementar o projeto, houve um período de testes no qual toda a estrutura, sistema elétrico e dispositivos de automação são testados, para que se identifiquem possíveis falhas ou equipamentos que possam vir a não corresponder de forma satisfatória.

Durante este período a programação do CLP foi testada como se estivesse em funcionamento na planta da fábrica. Foram realizados correções e ajustes no programa, dentre as quais pode-se citar:

- o sistema de correção de posicionamento teve mudanças no formato dos cálculos, para indicar com maior precisão e confiabilidade o nivelamento do elevador do com o pavimento de destino;

- às células de carga, inicialmente operavam de forma independente uma da outra. Isto não apresentou bons resultados e, por isso, foi implementado um canal de comunicação entre as duas para realizar uma média entre os valores de suas pesagens, obtendo-se um valor mais próximo do valor real do peso;

- foi necessário instalar um resistor de frenagem para que o inversor não apresentasse problemas de sobrecorrente, no momento da frenagem.

Como resultado do desenvolvimento e implementação, espera-se um considerável aumento da velocidade do transporte e um aumento de produtividade.

Observou-se um ganho de confiabilidade do equipamento, pelo fato de redução da taxa de falhas e, conseqüentemente o número de paradas. Verificou-se que as falhas apresentadas, geralmente ocorreriam por causa de erros operacionais.

Após a instalação e validação do equipamento nas instalações do cliente, foi realizada uma semana de testes de testes em condições reais. Observou-se, que a velocidade do elevador implementado é o dobro da velocidade do antigo, gerando um ganho considerável de produtividade (os dados de produtividade não foram quantificados porque não fazem parte do escopo deste trabalho).

As melhorias na segurança mostraram ser eficazes na prevenção de acidentes, pois os operadores mostraram poucas dificuldades para controlar e/ou utilizar os comandos em todas as suas funcionalidades.

Os equipamentos utilizados (CLP, sensores, IHM, etc.) mostraram-se eficientes quando foram colocadas a prova no período de testes, não ocorrendo falhas neste período.

4. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho foram alcançados todos os objetivos iniciais do projeto, ou seja, a programação do CLP e IHM para controlar o posicionamento do elevador e atender às exigências na norma NR 12.

A movimentação do elevador tornou-se mais eficiente, pois conta com o controle do CLP, dos inversores, sensores e IHM.

O sistema de detecção de falhas mostrou-se eficiente pelo fato dos operadores poderem saber detalhadamente as falhas que ocorrem no processo, facilitando solucionar as mesmas.

O protocolo de comunicação utilizado não apresentou *delay*, mostrando todos os valores e estados dos dispositivos e equipamentos em tempo real nas telas de controle configuradas na IHM.

As programações implementadas inicialmente foram alteradas durante a execução do projeto para atender a algumas solicitações do cliente, referentes a rotinas operacionais. Após estas alterações, a lógica programada apresentou ótima funcionalidade, evitando falhas, pelo fato de haver redundâncias no sistema de segurança.

Nota-se uma crescente preocupação, por parte das empresas, com a segurança no trabalho e a ergonomia dos funcionários envolvidos. Tanto que, atualmente, os projetos são solicitados conforme as normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, não somente quanto à parte mecânica e elétrica, mas também quanto à programação dos controladores (CLP's) e interfaces operacionais (IHM's), com a informação de falhas e/ou riscos por meio de alarmes para o operador.

REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, Pedro Luis. **Controlador Lógico Programável**. Apostila para o Curso Técnico em Eletrônica. São Paulo: [s.n.], 1998.
- BRUNE, Osmar. **CLP's de Pequeno Porte**. Mecatrônica Atual – Ano 4, Nº 21, abril/maio 2005.
- FERNANDES, R.G. **Ethernet Industrial** - A Tendência na Indústria para Automatização do Chão de Fábrica. Revista Mecatrônica Atual, Nº 12, outubro 2003.
- FILHO, Guilherme Filippo. **Motor de Indução**. São Paulo: Érica, 2000, 243p. ISBN: 85-7194-701-5.
- FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006. 840 p. ISBN 9788536306148.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009. 352 p. ISBN 9788536501994.
- GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: descrição e implementação de sistemas seqüenciais com PLCs**. 9. ed. São Paulo, SP: Érica, 2007. 236 p. ISBN 9788571947245.
- GUTIERREZ, R.M.V.; PAN, S.S.K. **Complexo Eletrônica: Automação do Controle Industrial**. Disponível em:
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2807.pdf. Acesso em 14 de agosto de 2013.
- MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. **Engenharia de Automação Industrial**, 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- ROSÁRIO, J.M. **Princípios da Mecatrônica**. 1ª Ed. São Paulo: Pretince-Hall, 2005.
- SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 2ª Ed. São Paulo: Érica, 2002.
- OLIVEIRA, Julio Cesar Peixoto. **Controlador Programável**. São Paulo: Makron Books, 1993. xii 200 p., il.
- PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial PLC: Teoria e Aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

ANEXO A

1. Descrição do Processo

1.1. Funcionamento Automático

O modo AUTOMÁTICO funcionará somente quando a chave seletora do painel e a IHM (Interface Homem Máquina) estiverem selecionado o mesmo. O funcionando no seu ciclo em automático requer intervenção do operador somente na abertura das portas externas e no fechamento das portas internas, e se necessário nivelamento do elevador.

Descrição do ciclo:

- O elevador para nivelado na posição de carga e descarga do 1º pavimento do prédio;
- As portas internas do elevador abrem-se automaticamente se o nivelamento estiver no limite estabelecido;
- O operador abre, manualmente, as portas externas do elevador;
- O operador posiciona os skids/ carrinhos/ embalagens/ dentro do elevador;
- O operador fecha, manualmente, as portas externas do elevador;
- O operador fecha, manualmente via botoeira às portas internas, o operador deverá manter pressionado o botão até que o movimento de fechar as portas internas seja concluído;
- Para executar qualquer movimentação no elevador todas as portas devem estar fechadas;
- Em caso de limite de peso excedido será gerado um alarme na IHM e acionará o led vermelho na torre de sinalização;
- O operador aciona o botão “decida” do elevador;
- O elevador transporta os skids/ carrinhos/ embalagens/ para o andar de baixo do prédio (porrão);
- As portas internas do elevador abrem-se automaticamente quando elevador nivelado;
- O operador abre, manualmente, as portas externas do elevador;

- O operador retira os skids/ carrinhos/ embalagens;
- O operador fecha, manualmente, as portas externas do elevador;
- O operador fecha, manualmente via botoeira às portas internas, o operador deverá manter pressionado o botão até que o movimento de fechar as portas internas seja concluído;
- O operador aciona o botão “subida” do elevador para iniciar um novo ciclo;
- Em caso de parada desnivelada o operador devera nivelá-lo através do botão de “corrige nivelamento”;
- Portas internas do elevador abrirão automaticamente quando o elevador estiver dentro do limite estabelecido de posicionamento e o ciclo continuará normalmente;
- O botão de emergência ou “PARADA” deve apenas ser utilizado em casos de emergência ou erro de operação;
- Quando qualquer botão de emergência for acionado, para que o elevador volte a funcionar o botão de emergência deve ser liberado e o botão “RESET” deve ser pressionado para retomar as condições de funcionamento;

1.2. Funcionamento Semi – Automático

O modo SEMIAUTOMÁTICO funcionará quando for selecionado esse modo na IHM do Painel e a chave seletora do painel permanecer em Automático.

O funcionamento se deve em somente um pulso nos botões SOBE e DESCE da IHM, para realizar o movimento completo de subida ou descida, assim como comando de ABRE das portas internas o comando de DESCE funciona por comandos momentâneos. Nesse modo de funcionamento, o elevador respeita os limites de posicionamento, as seguranças de software e físicas.

O modo SEMIAUTOMÁTICO é recomendado utilização após realização de alguma manutenção do elevador para conferencia do seu funcionamento normal.

1.3. Funcionamento Manual

O modo MANUAL poderá ser selecionado com chave do painel em modo Manual, os comandos serão realizados via IHM e painéis remotos de comando, pelo pessoal de manutenção protegidos por senha.

Os movimentos do elevador se farão por comandos momentâneos dos botões SOBE e DESCE, ou ABRE e FECHA, conforme o acionamento do manutentor. Nesse modo o elevador respeita os limites de movimento e seguranças físicas, mas não as seguranças de software.

1.4. Funcionamento Manutenção

O modo manutenção é usado para bloquear toda a parte lógica de movimentação do elevador, quando a chave estiver em modo de MANUTENÇÃO, nenhuma função de subida ou descida do elevador será acionada, tanto no modo AUTOMÁTICO, SEMIAUTOMÁTICO ou MANUAL.

1.5. Segurança

Para que o elevador feche a porta interna e a externa deve estar fechada, e para que o cesto seja movimentado portas internas e externas devem estar fechadas.

2. Processo de nivelamento

Em caso de necessidade de ajuste de nivelamento de posição porão ou 1º Piso, o operador poderá ajustar a posição do elevador na botoeira externa ao elevador, no sentido sobe ou desce. Para esse processo existirá por segurança a monitoração lógica por tempo de acionamento, sentido e distância de movimento.

Como qualquer outra movimentação do elevador a correção de nivelamento exige portas fechadas. (externas e internas)

O nivelamento respeita um calculo que precisa de uma diferença maior que 1mm para efetuar a correção.

Para uma correção mais próxima do valor desejado recomenda – se que o botão “corrige nivelamento” seja pressionado até que o elevador alcance sozinho a posição desejada.

3. Procedimento de manutenção

Para realização de manutenção recomenda – se os seguintes passos fazer o login com a senha da manutenção para habilitar o modo manual,

- Travar o elevador com a corrente de manutenção no pavimento superior;

- Abrir a porta do porão manualmente pelo dispositivo contido na própria chave;
- Ativar manualmente todas as travas safety pin;
- Fechar novamente a porta do porão e reativar a chave magnética através do dispositivo da própria chave;
- Liberar a corrente de manutenção;
- Entrar na tela da IHM de monitoração de posição e manter pressionado o botão “ desce s_pin”, até o elevador chegar ao destino;
- Novamente coloca – se a corrente de manutenção para que a movimentação seja bloqueada;
- O próximo passo é no menu modos da IHM selecionar o modo manutenção, fazer o mesmo com a chave seletora do painel.
- Após isso realizar o logout do usuário manutenção, para que todo e qualquer tipo de movimentação seja bloqueada.
- Após a manutenção, com o elevador ainda preso pela corrente de manutenção o responsável pela manutenção deverá voltar às travas safety pin a condição inicial;
- Retirar a corrente de manutenção;
- Logar novamente com o usuário da manutenção e alterar modo de operação para manual na IHM e na chave seletora;
- Fazer os primeiros testes de movimentação em modo manual;
- Só depois de comprovado o funcionamento em modo manual realizar os testes em automático.

ANEXO B
HISTÓRICO DE ALARMES

DESCRIÇÃO ALARME	POSSÍVEIS CAUSAS	SOLUÇÃO
Alarme Bit start não ok	<ul style="list-style-type: none"> • Alguma das condições básicas de funcionamento não está ok 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar histórico de alarme para descobrir quais dos alarmes estão setados
Alarme corrente quebrada ou danificada	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste 	<ul style="list-style-type: none"> • Troca da corrente ou reaperto
Alarme disjuntores desarmados	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de corrente • Desarme manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Rearmar disjuntor
Alarme emergência 1º pavimento acionada	<ul style="list-style-type: none"> • Botão de emergência acionado • Cabo rompido • Cabo mal conectado 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar condição física do botão • Verificar cabo • Verificar conexões
Alarme emergência Porão acionada	<ul style="list-style-type: none"> • Botão de emergência acionado • Cabo rompido • Cabo mal conectado 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar condição física do botão • Verificar cabo • Verificar conexões
Alarme emergência painel acionada	<ul style="list-style-type: none"> • Botão de emergência acionado • Cabo rompido • Cabo mal conectado 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar condição física do botão • Verificar cabo • Verificar conexões
Alarme inversor de elevação	<ul style="list-style-type: none"> • Falha no motor • Comando físico • Falta de alimentação inversor 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar motor • Circuito de comando • Verificar alimentação inversor
Alarme inversor da porta	<ul style="list-style-type: none"> • Falha no motor • Comando físico • Falta de alimentação inversor 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar motor • Circuito de comando • Verificar alimentação inversor
Alarme fim de curso inferior acionado	<ul style="list-style-type: none"> • Falha no sensor de parada • Cabo do sensor de parada rompido • Cabo do sensor de emergência rompido 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltar elevador manualmente para posição correta • Verificar acionamento do sensor de parada • Verificar sensores de parada e de emergência
Alarme fim de curso superior acionado	<ul style="list-style-type: none"> • Falha no sensor de parada • Cabo do sensor de parada rompido • Cabo do sensor de emergência rompido 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltar elevador manualmente para posição correta • Verificar acionamento do sensor de parada • Verificar sensores de parada e de emergência
Alarme limitador de carga 1	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de peso • Sensor danificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar a carga • Verificar célula de carga
Alarme limitador de carga 2	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de peso • Sensor danificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar a carga • Verificar célula de carga
Alarme porta externa 1º pavimento aberta	<ul style="list-style-type: none"> • Porta aberta • Chave magnética danificada 	<ul style="list-style-type: none"> • Fechar a porta • Verificar a chave magnética
Alarme porta externa térrea aberta	<ul style="list-style-type: none"> • Porta aberta • Chave magnética danificada 	<ul style="list-style-type: none"> • Fechar a porta • Verificar a chave magnética

ANEXO B
HISTÓRICO DE ALARMES

Alarme sensor 1 cabo de aço frouxo	<ul style="list-style-type: none"> • Cabo de aço danificado • Cabo de aço frouxo • Sensor danificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Trocar sensor • Verificar cabo do sensor • Verificar cabo de aço
Alarme sensor 2 cabo de aço frouxo	<ul style="list-style-type: none"> • Cabo de aço danificado • Cabo de aço frouxo • Sensor danificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Trocar sensor • Verificar cabo do sensor • Verificar cabo de aço
Alarme termistor motor de elevação	<ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento no motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor com defeito • Rolamento preso
Alarme termistor motor porta	<ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento no motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor com defeito • Rolamento preso
Alarme tempo excedido porta interna	<ul style="list-style-type: none"> • Porta não fechou no tempo definido 	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrução de movimento • Falha no inversor • Falha no motor
Alarme sem modo operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Combinação de modo da chave do painel mais modo da IHM não geram modo operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar posição da chave manual/automático no painel • Verificar status do modo na IHM do painel