



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM CONTROLE, AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA**

CAIO SAÚDE DA SILVA

**AUTOMAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
MÓVEL UTILIZANDO DISPOSITIVO MÓVEL**

Salvador
Setembro de 2014

CAIO SAÚDE DA SILVA

**AUTOMAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA MÓVEL UTILIZANDO
DISPOSITIVO MÓVEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Automação e Controle da Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Controle, Automação e Robótica.

Orientador: Prof. Msc. Oberdan Rocha Pinheiro

Salvador
Setembro de 2014

CAIO SAÚDE DA SILVA

AUTOMAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA MÓVEL UTILIZANDO DISPOSITIVO MÓVEL/ CAIO SAÚDE DA SILVA. – Salvador, Setembro de 2014-

63 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Msc. Oberdan Rocha Pinheiro

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Setembro de 2014.

1. Automação. 2. Estação Elevatória. I. Oberdan Rocha Pinheiro. II. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC III. PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA MÓVEL UTILIZANDO CLP S7-1200 E IHM KTP 600 PN

CDU 02:141:005.7

CAIO SAÚDE DA SILVA

AUTOMAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA MÓVEL UTILIZANDO DISPOSITIVO
MÓVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Automação e Controle da Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Controle, Automação e Robótica.

Aprovado em 14 de dezembro de 2014.

Banca Examinadora

Oberdan Rocha Pinheiro - Orientador _____
Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial pela Faculdade de Tecnologia
SENAI CIMATEC
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Milton Bastos de Souza _____
Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Setembro de 2014

Este trabalho é dedicado à Deus, à minha família e à minha linda esposa

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao meu orientador Oberdan, pelas orientações e suportes.

Aos meus colegas do ISI de automação, que me ajudaram em diversas etapas deste projeto

Aos professores Idelfonso e Milton, sempre solícitos às minhas dúvidas em instrumentação e automação.

Aos meus amigos e familiares.

RESUMO

A indústria de entretenimento de shows brasileira, com destaque a baiana, gera milhões de reais todo ano. A cada novo show em grandes festivais, brasileiros e estrangeiros movimentam a economia local com a procura de hotéis e restaurantes. Os produtores e empresários tem investido cada vez mais em um maior entretenimento, com novos dispositivos que possam levar o público ao êxtase. Por outro lado, é comum o uso de adaptações de estruturas de outros fins, como por exemplo, o uso do elevador da construção civil para a elevação dos artistas. Além disso, o acionamento destes equipamentos são feitos de forma local, o que é altamente inseguro e ineficiente. Neste trabalho, será feito a automação de uma estação elevatória móvel com o uso de uma solução Siemens (CLP S7-1200 + IHM KTP 600 PN) integrada ao *Software TIA portal Basic v.11t*. O sensoriamento da altura será feito por um sensor chamado de *wire-draw*, ou encoder a fio, muito utilizado em estruturas complexas semelhantes. O acionamento pela IHM e a medição da altura pelo sensor levará a uma maior segurança ao operador, além de eficiência e confiabilidade.

Palavras-chaves: entretenimento, estação elevatória, wire-draw, SIEMENS S7-1200.

ABSTRACT

The entertainment industry of Brazilian concerts, especially in Bahia, generates million dollars every year. Each new show at big festivals, Brazilians and foreigners move the local economy with the demand for hotels and restaurants. Producers and entrepreneurs have increasingly invested in a larger entertainment with new devices that can take the audience to ecstasy. Furthermore, it is common to use adaptations of structures other purposes, such as the use of the construction industry elevator for lifting the artists. Moreover, the actuation of these devices are made locally, which is highly inefficient and unsafe. In this work, will be the automation of a mobile lifting station with the use of a Siemens solution (PLC + HMI S7-1200 KTP 600 PN) software integrated with TIA Portal v.11 Basic. The height sensing is done by a sensor called wire-draw, widely used in such complex structures. The drive by the HMI and the height measurement by the sensor will lead to greater safety for the operator, in addition to efficiency and reliability

Key-words: entertainment, lifting station, wire-draw, SIEMENS S7-1200.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Elevador usado no projeto	16
Figura 2 – Sistema de um elevador hidráulico (HARRIS,2013)	17
Figura 3 – Válvula de escape de ar para sincronia dos elevadores	18
Figura 4 – Ligação das mangueiras nos elevadores mestre e escravo	18
Figura 5 – Plataforma de Acionamento dos elevadores hidráulicos	19
Figura 6 – SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RL (SIEMENS-S7-1200, 2014) . .	21
Figura 7 – Módulo <i>Compact Switch</i> CSM 1277 (SIEMENS-S7-1200, 2014)	22
Figura 8 – Painel KTP 600 Basic PN (SIEMENS-KTP, 2014)	23
Figura 9 – <i>Portal view do STEP 7 Basic</i> (SIEMENS, 2013a)	24
Figura 10 – <i>Contato normalmente aberto</i> (BOTELHO, 2011)	25
Figura 11 – <i>Contato normalmente fechado</i> (BOTELHO, 2011)	25
Figura 12 – <i>Contato de detecção de borda de subida</i> (BOTELHO, 2011)	26
Figura 13 – <i>Contato de detecção de borda de descida</i> (BOTELHO, 2011)	26
Figura 14 – <i>Representação de uma bobina simples</i> (BOTELHO, 2011)	26
Figura 15 – <i>Representação de uma bobina SET</i> (BOTELHO, 2011)	27
Figura 16 – <i>Representação de uma bobina RESET</i> (BOTELHO, 2011)	27
Figura 17 – Temporizador com atraso no ligamento (TON) da Siemens (PRUDENTE, 2014)	28
Figura 18 – Bloco contador crescente/decrescente (CTUD) da Siemens (PRUDENTE, 2014)	29
Figura 19 – Bloco comparador maior ou igual Siemens (BOTELHO, 2011)	30
Figura 20 – Programação Linear (SIEMENS, 2013b)	30
Figura 21 – Programação Estruturada (SIEMENS, 2013b)	31
Figura 22 – Barra inferior do elevador	32
Figura 23 – Pistão	33
Figura 24 – Estrutura do elevador em tesoura	34
Figura 25 – Encoder absoluto analógico e transdutor linear rotativo da Hohner (HOHNER, 2014)	34
Figura 26 – Modificação da estrutura de elevador	35
Figura 27 – Criação de um Projeto no <i>TIA Portal Basic v.11</i> (SIEMENS, 2013a)	37
Figura 28 – Adição do CLP S7-1200 CPU 1214C (SIEMENS, 2013a)	38
Figura 29 – Telas do <i>Project View</i> (SIEMENS, 2013a)	38
Figura 30 – Propriedades da Conexão Local	39
Figura 31 – Configuração do IP e da máscara de subrede do computador	40
Figura 32 – Configuração do IP e da máscara de subrede do CLP no <i>TIA Portal v.11</i> . .	41

Figura 33 – <i>Tags</i> utilizadas no projeto	42
Figura 34 – Variáveis locais do bloco de função 'Elevadores'	44
Figura 35 – Bloco FB 'Elevadores' chamado no bloco de organização <i>Main[OBI]</i>	45
Figura 36 – Conexão da IHM com a CPU 1214C	46
Figura 37 – Configuração das telas do sistema	47
Figura 38 – Configuração dos botões das telas	47
Figura 39 – Tela principal da IHM	48
Figura 40 – Área da plataforma para instalação do painel	49
Figura 41 – Disjuntor Bipolar 6A curva C	50
Figura 42 – Relé 24 Vdc	51
Figura 43 – Adição de um resistor de 500 Ω para adequação ao parâmetro da entrada analógica	51
Figura 44 – Leiaute do painel com os equipamentos	53
Figura 45 – Blocos para normalização do sinal	58
Figura 46 – Blocos para escalar o sinal	58
Figura 47 – Diagrama <i>ladder</i> para subida da estação 1	59
Figura 48 – Diagrama <i>ladder</i> para subida da estação 2	59
Figura 49 – Diagrama <i>ladder</i> para descida da estação 1	60
Figura 50 – Diagrama <i>ladder</i> para descida da estação 2	60
Figura 51 – Tela da IHM para a operação de uma estação elevatória	61
Figura 52 – Tela da IHM para a operação de duas estação elevatória	61
Figura 53 – Tela de configuração do programa	62
Figura 54 – Tela de ferramentas do programa	62
Figura 55 – Tela de usuários	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros dos blocos temporizadores Siemens	28
Tabela 2 – Parâmetros dos bloco contador crescente/decrescente Siemens	29
Tabela 3 – Especificações <i>Encoder</i> absoluto analógico Série 64 da Hohner	34
Tabela 4 – Especificações transdutor linear rotativo EM-04 da Hohner	34
Tabela 5 – Variáveis usadas na programação do CLP	36
Tabela 6 – Identificador de área (PRUDENTE, 2014)	41
Tabela 7 – Identificador do modo de acesso (PRUDENTE, 2014)	41
Tabela 8 – Parâmetros do bloco de função (SIEMENS, 2013c)	44
Tabela 9 – Materiais utilizados para o painel	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP Controlador Lógico programável

IHM Interface Homem Máquina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Estação Elevatória	16
2.1.1	Elevador	16
2.1.2	Plataforma de Acionamento	18
2.2	Siemens SIMATIC S7-1200	20
2.2.1	Hardware	20
2.2.1.1	Entradas e Saídas I/O - <i>On Board</i>	21
2.2.1.2	Modo Operacional da CPU	22
2.2.1.3	Ligação com a Porta PROFINET	22
2.2.1.4	HMI <i>Basic Panels</i>	22
2.2.2	Software <i>TIA Portal Basic v.11</i>	23
2.2.2.1	<i>Portal View</i> (Visual Portal) e <i>Project View</i> de STEP 7 BASIC	23
2.2.2.2	Linguagem LADDER	23
2.2.2.3	Contatos	24
2.2.2.4	Bobinas	26
2.2.2.5	Temporizadores	27
2.2.2.6	Contadores	28
2.2.2.7	Comparadores	29
2.2.2.8	Blocos para o SIMATIC S7-1200	29
3	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	32
3.1	Descrição detalhada da solução	32
3.1.1	Escolha do sensor	32
3.1.1.1	Medição Indireta 1	32
3.1.1.2	Medição Indireta 2	33
3.1.1.3	Medição Direta	33
3.1.2	Adequação da Estação Elevatória	35
3.2	CLP S7-1200 e IHM KTP 600 PN	35
3.2.1	Criação do Projeto no <i>TIA Portal v.11</i> e Configurações de Rede do CLP S7-1200	36
3.2.2	<i>Tags</i> do Projeto	40
3.2.3	Programação do CLP S7-1200 no <i>TIA Portal v.11</i>	42
3.2.3.1	Valores analógicos	43

3.2.3.2	Bloco de função 'Elevadores'	43
3.2.3.3	Bloco de Organização <i>Main[OB1]</i>	43
3.2.3.4	Transferência do Programa para a CPU	45
3.2.4	Programação da IHM KTP 600 PN no <i>TIA Portal v.11</i>	45
3.3	INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	48
3.3.1	Dimensionamento do Disjuntor Termomagnético Bipolar	49
3.3.2	Relé de Interface	50
3.3.3	Adequações do CLP para montagem	51
3.3.4	Materiais	52
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	Referências	55
	Apêndices	57
	APÊNDICE A Programação Ladder	58
	APÊNDICE B Telas da IHM	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com notável destaque nas expressões artísticas como música, literatura e cinema. O carnaval de Salvador, por exemplo, movimentou 1 bilhão de reais na capital baiana em 2014, com a visita de 500 mil turistas (BAHIA, 2014). Aliado a isso, diversos shows de artistas regionais, nacionais e internacionais movimentam a economia nacional em diversas datas do ano. Este sucesso de público e renda, juntamente a falta de uma cultura de inovação na indústria de entretenimento brasileira, esconde a precariedade e obsolescência da estrutura montada para os *shows* no país. Nos Estados Unidos, a *TaitTowers* é referência mundial em indústria de entretenimento para *shows* (TAITTOWERS, 2014)

Os principais tipos de elevadores de palco usados atualmente, o *Orchestra Lift* e o *Stage Lift*, podem ser vistos em GalaSystem (2014) e Macton (2014). Estes são empregados em grandes estruturas de palco, como o *MGM Grand Las Vegas*, *The Metropolitan Opera House New York*, *Salle Pierre Mercure Montreal*, dentre outros. Algumas empresas brasileiras como a Tmvengenharia (2014) e Fulltecengenharia (2014) importam esta tecnologia.

O elevador em tesoura móvel é um equipamento muito utilizado para elevação de carros em oficinas mecânicas (MOHAWLIFTS, 2014), (BENDPAK, 2014). A Automação Tecnologia para Eventos, uma microempresa do segmento de entretenimento, utiliza este elevador de baixo custo para promover um maior entretenimento em *shows*. Apesar disso, observa-se um baixo emprego de tecnologia de ponta nesse equipamento, o que resulta em uma baixa eficiência e em sérios problemas de segurança. Atualmente, a manipulação do elevador é feita por um operador munido por um rádio comunicador embaixo de toda estrutura do palco, e que a partir das ordens do produtor de palco, eleva ou desce o elevador através de uma torre de comando local. A adoção de um maior nível de automação torna-se vital tanto a nível de eficiência, quanto de segurança e confiabilidade.

O presente trabalho apresenta a implementação da automação da estação elevatória (constituída de um elevador tesoura mestre e um escravo) através do CLP Siemens S7-1200 (SIEMENS-S7-1200, 2014), que é muito utilizado para microautomação devido a sua modularidade e versatilidade. O Software para a programação do CLP e das telas da IHM será o TIA PORTAL da Siemens, que integra todas as funcionalidades do Step 7 e do WinCC. O sensoramento foi realizado depois de um estudo do melhor custo/benefício para a aplicação em questão. O trabalho foi desenvolvido utilizando uma estação elevatória cedida pela empresa Automação Tecnologia em Eventos, e testes realizados no Senai Cimatec

O trabalho foi dividido em um capítulo para as referências bibliográficas, dando ênfase à estrutura da estação elevatória móvel, composta pela plataforma e pelos elevadores, e à solução SIEMENS, explicando e detalhando o CLP S7-1200, a IHM KTP 600 PN e o *Software TIA Portal*

Basic v.11. O Outro capítulo é a proposta de automação da estação elevatória, sendo demonstrada toda a metodologia utilizada. Por fim as considerações finais, as referências bibliográficas e os apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Estação Elevatória

2.1.1 Elevador

O elevador usado neste projeto é bastante utilizado em oficinas mecânicas para a elevação de carros (MOHAWLIFTS, 2014), (BENDPAK, 2014). Além disso, pode ser utilizado em ambientes que necessitam de acessibilidade, onde a instalação da rampa é inviável, em shows e eventos artísticos, além de igualmente útil para operação e manutenção em altura (BILDEN, 2014).

A estrutura do elevador é apresentada na Figura 1:



Figura 1 – Elevador usado no projeto

O funcionamento do elevador hidráulico é baseado no princípio de Pascal e explicado em Netto (1998), no qual que a pressão exercida em um ponto do líquido se propaga igualmente para todos os outros pontos do líquido. Um pistão dirigido por óleo, montado dentro de um cilindro, eleva a estrutura do elevador em tesoura. Este cilindro está ligado a um sistema hidráulico que é composto por um reservatório de óleo, uma bomba acionada por um motor elétrico e uma válvula entre o cilindro e o tanque, conforme Figura 2 . O sistema inicia-se com a bomba forçando o óleo do tanque para o cilindro do elevador. Quando a válvula é aberta, o fluido de pressurização escoará pelo caminho de mínima resistência, retornando para o tanque. Por outro

lado, quando a válvula está fechada, o óleo só tem como caminho o cilindro. Conforme o óleo injeta-se no cilindro, ele empurra o elevador para cima. Quando chega na altura desejada, o sistema de comando envia um sinal para o motor elétrico parar a bomba. O fluido não passará mais pelo cilindro e não terá caminho para voltar, uma vez que a válvula estará fechada. O pistão então pára sobre o óleo pressurizado e o elevador permanece fixo na posição atual. Na descida, o sistema de comando envia um sinal para abrir a válvula, normalmente acionada por uma solenóide. O óleo então escoar por gravidade de volta para o tanque. Para interromper a descida, fecha-se a válvula novamente.

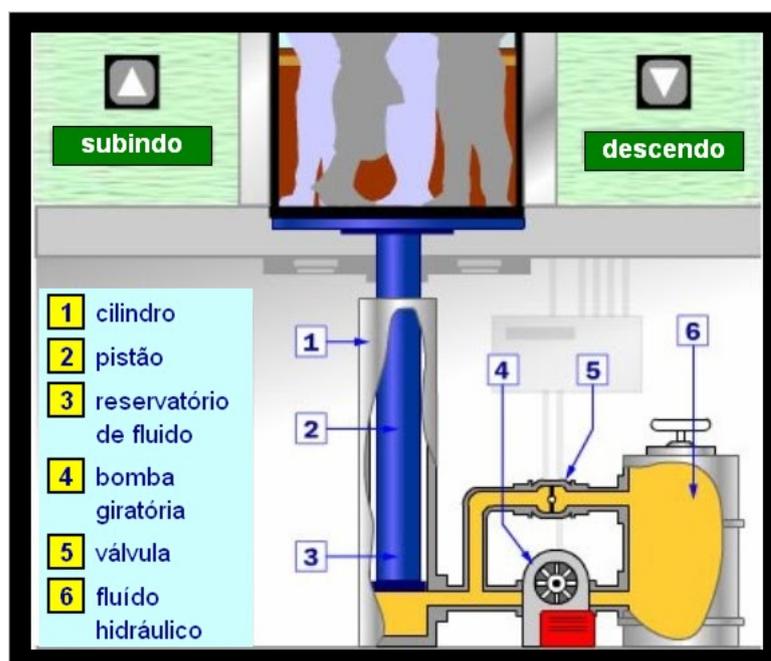


Figura 2 – Sistema de um elevador hidráulico (HARRIS,2013)

O elevador hidráulico usado neste projeto possui a estrutura de tesoura e rodas livres, e é concebido para ser montado no solo com uma altura máxima de 2100 mm da empresa (TRAINSWAY, 2014). Ele trabalha em paralelo entre um mestre e um escravo, e seu funcionamento é conforme explicado anteriormente, com a diferença que o óleo que sai do tanque vai para o elevador mestre, e deste para o escravo. A sincronia de subida entre os elevadores é feita por uma válvula manual instalada na plataforma de acionamento, conforme destacado na Figura 3

A ligação das mangueiras nos respectivos elevadores está apresentada na Figura 4. Como pode ser observado, duas mangueiras interligam-se ao elevador mestre, e uma ao elevador escravo.



Figura 3 – Válvula de escape de ar para sincronia dos elevadores



Figura 4 – Ligação das mangueiras nos elevadores mestre e escravo

2.1.2 Plataforma de Acionamento

A plataforma de acionamento dos elevadores integra as funções de *up*, *down*, *lock* e botão de emergência em *push buttons*, além de uma chave liga/desliga e uma lâmpada mostrando o estado de ligado ou desligado da plataforma. Além disso, a plataforma comporta o motor, a

bomba, a válvula para escape dos gases, o taque reservatório do óleo e todo sistema de comando elétrico. A funcionalidade de todos os botões e chaves é bem intuitiva, com uma atenção especial aos botões *lock* e *down*. O primeiro é projetado para ao ser acionado, o elevador desça lentamente até achar uma trava. Isso garante que o sistema esteja fixo em caso de dúvidas do operador. O botão *down* faz o elevador descer completamente, mas necessita do uso de um compressor para deslocar o elevador para cima, para retirá-lo da trava. Na Figura 5, pode-se observar a plataforma de acionamento com os botões e chave integrados. Ela é integrada a estação elevatória, por isso é da mesma empresa (TRAINSWAY, 2014).



Figura 5 – Plataforma de Acionamento dos elevadores hidráulicos

As especificações do motor, da bomba e da válvula, segundo os dados do fabricante, podem ser visualizados abaixo:

Motor

- *Type*: Y90L
- *Max power*: 2,2 kW
- *Max voltage*: AC 400 or 230 V \pm 5
- *Max electricity*: 400V:5A/ 230V:10A
- *Poles*: 4
- *Speed*: 1450rpm/min
- *Building shape*: B14

- *Insulation class: F*

Bomba

- *Type: P4.3*
- *Model: gear pump*
- *Max flux: 3.2cc/r*
- *Joint type: joint*

Overflow valve

- *Setting working pressure: 240bar*
- *Intermittent working pressure: 150-300bar*

2.2 Siemens SIMATIC S7-1200

2.2.1 Hardware

O sistema de automação Siemens SIMATIC S7-1200 é composto por um CLP compacto e modular usado para faixas de baixa e média potência, e por um painel visualizador da série SIMATIC *HMI Basic Panels*, ligados entre si através de uma rede SIMATIC NET. Todos os dispositivos são configurados e programados através da plataforma *software* TIA Portal V11 (WinCC+ Step 7 Basic) (PRUDENTE, 2014).

O CLP S7-1200 é o núcleo do sistema de automação (SIEMENS-S7-1200, 2014). É um controlador simples, mas com alta precisão nas tarefas de automação. Em Zhengzhong et al. (2013) Botelho (2011) e Napoli (2013) são apresentados projetos de micro-automação com o CLP S7-1200. Pode ser encontrado em quatro tipos diferentes de CPU, sendo a CPU 1214C AC/DC/RL usado neste projeto. O primeiro termo à esquerda indica a fonte de alimentação da CPU (AC=120/230 VAC volts em corrente alternada). O termo do meio refere-se a alimentação das entradas digitais *on board*, ou seja, 24 volts em corrente contínua. O termo à direita indica o tipo de alimentação das saídas digitais, ou seja, RL (relé) acima de 30 Volts em corrente contínua ou máximo de 250 volts em corrente alternada (PRUDENTE, 2014). O módulo 1214C pode ser visto na Figura 6

Resumo das principais características da CPU S7-1214C:

- Uma porta PROFINET integrada



Figura 6 – SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RL (SIEMENS-S7-1200, 2014)

- Memória 50 KB de memória de trabalho, 2 MB de memória de carregamento, 2 KB de memória de dados retentivos
- Tempo de execução em operações booleanas: 0,1 μ S/instrução
- Duas entradas analógicas on board
- 14 entradas discretas onboard/ 10 saídas discretas on board
- Seis contadores rápidos (três contadores rápidos de 100 kHz, três de 30 kHz)
- Duas saídas de pulso PTO integradas
- Relógio integrado com *backup* de duração típica de 10 dias

2.2.1.1 Entradas e Saídas I/O - On Board

As entradas digitais são alimentadas por 24V DC. Já as saídas digitais do tipo relé trabalham acima de 30 VDC com corrente contínua de 2 A, com carga resistiva de 30 watts, ou no máximo 250 VAC e corrente de 2 A, com carga resistiva de 200 watts. Os estados das entradas e saídas são visíveis por meio de LEDs (PRUDENTE, 2014).

A CPU 1214C possui dois canais de entradas analógicas *on board* com campo de medida de 0 a 10 volts. A resolução do conversor é de 10 bits, tendo como valor numérico de conversão de 0 a 27648. Isso significa que para uma tensão de 0 V, o conversor utiliza o valor numérico 0, enquanto que para a tensão 10 V, utiliza 27648. (PRUDENTE, 2014)

2.2.1.2 Modo Operacional da CPU

A indicação do estado da CPU é feita através dos três LEDs existentes na parte frontal, os quais são:

- *RUN/STOP*: O LED amarelo corresponde à condição de *STOP*. O verde à condição de *RUN*, e o brilho repentino ao iniciar, à condição de *START UP*
- *ERROR*: O LED vermelho corresponde à condição de *ERROR*
- *MAINT*: O LED amarelo corresponde à condição de funcionamento estável

2.2.1.3 Ligação com a Porta PROFINET

A porta PROFINET integrada ao sistema SIMATIC S7-1200 é utilizada para programação e comunicação com dispositivos IHM e outros controladores. A interface de comunicação é constituída de uma conexão do tipo RJ45 com funcionalidade *autocrossover* e imunidade a ruído, e velocidade de transmissão de dados de até 10/100 Mbytes por segundo. Com o uso do módulo CSM 1277 *Compact Switch*, conforme Figura 7, pode-se ligar até três dispositivos ao PLC SIMATIC S7-1200 com as configurações linear, estrela ou árvore. Este equipamento é descrito em (SIEMENS-CSM, 2014)



Figura 7 – Módulo *Compact Switch* CSM 1277 (SIEMENS-S7-1200, 2014)

2.2.1.4 HMI Basic Panels

Os painéis do sistema S7-1200 possuem telas de cristal líquido, grau de proteção IP65, além de certificações CE, UL, cULus e NEMA 4X (SIEMENS-KTP, 2014). Eles possuem as principais operações de comando e controle, e são configurados e controlados pelo software TIA

Portal v.11 da Siemens. O painel usado neste projeto foi o KTP 600 *Basic* PN de 6", conforme Figura 8.



Figura 8 – Painel KTP 600 Basic PN (SIEMENS-KTP, 2014)

2.2.2 Software TIA Portal Basic v.11

O *Software TIA Portal Basic v.11* é responsável pela programação e configuração do CLP S7-1200 e da IHM KTP 600 *Basic* PN (SIEMENS, 2013a). Ele é responsável por integrar toda a estrutura de hardware, interligando um sistema computacional com os controladores e painéis (estes últimos pelo uso da ferramenta *WinCCBasic*) (PRUDENTE, 2014).

O *TIA portal Basic v.11* oferece dois diferentes visuais do projeto que são:

- *Portal view*: orientado em função da tarefa a ser executada e das ferramentas
- *Project view*: orientado mais ao projeto a ser executado

2.2.2.1 Portal View (Visual Portal) e Project View de STEP 7 BASIC

O *Portal view* apresenta as tarefas do projeto e organiza as funções das ferramentas da tarefa a ser executada (cf. Figura 9)

O *Project view* permite acesso aos componentes do projeto como: a barra de tarefas, a área de trabalho para configuração do hardware, o Catálogo *hardware*, Janela de inspeção, Janela de informação e um *Link* para passagem ao *Portal view*.

2.2.2.2 Linguagem LADDER

A linguagem LADDER é a mais empregada do mundo na programação de CLPs. É também denominada de "esquema de contatos", por se assemelhar a um esquema elétrico

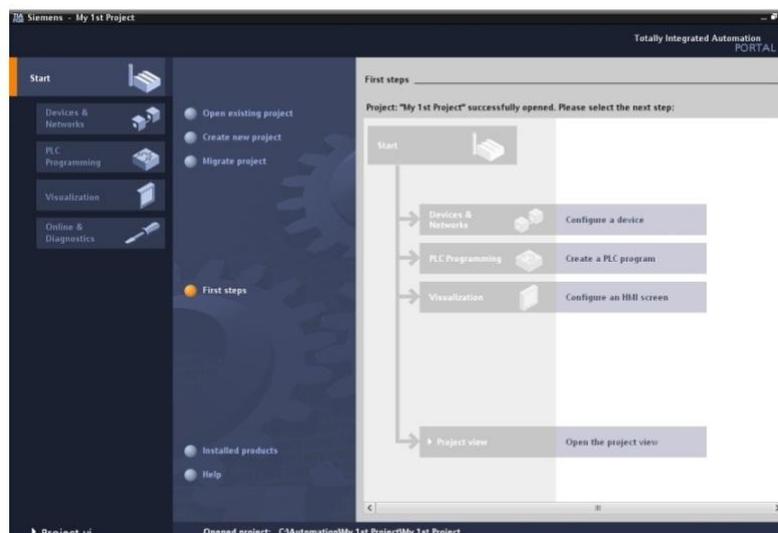


Figura 9 – Portal view do STEP 7 Basic (SIEMENS, 2013a)

funcional. É composta por uma série de sinais gráficos padronizados pela norma IEC 61131-3, derivados de uma simbologia americana. A palavra LADDER significa "escada", e cada degrau denomina-se *rung* (PRUDENTE, 2010).

Os esquemas em linguagem LADDER são compostos por duas linhas verticais e linhas horizontais, sob as quais estão os elementos do sistema a controlar (PRUDENTE, 2014). Algumas especificações do diagrama LADDER são:

- A barra vertical esquerda corresponde a barra de alimentação, responsável pelo comando dos elementos de entrada;
- A barra vertical direita conecta todos os elementos de saída;
- A zona de teste(ou zona de *input*) corresponde a parte do sistema (nas linhas horizontais) onde são desenhados os vários elementos de entrada (série, paralelo, normalmente aberto, normalmente fechado)
- A zona de ação(ou zona de *output*) corresponde a parte do sistema (nas linhas horizontais) onde são desenhados os vários elementos de saída.

Os componentes básicos da linguagem LADDER são: os contatos, as bobinas, os temporizadores, os contadores, as instruções de comparação e as instruções de cálculos matemáticos

2.2.2.3 Contatos

Os contatos são componentes da linguagem LADDER que representam variáveis digitais. Podem ser normalmente aberto ou normalmente fechado (BOTELHO, 2011).

O contato normalmente aberto é acionado permitindo a passagem de corrente, quando é associado a ele o valor booleano verdadeiro (ou 1). Caso seja associado o valor falso (ou 0), o contato fica aberto, não permitindo a passagem de corrente. No *software TIA Portal*, o componente correspondente a este contato pode ser visto na Figura 10

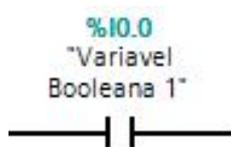


Figura 10 – Contato normalmente aberto (BOTELHO, 2011)

O contato normalmente fechado permite a passada de corrente quando é associado a ele o valor booleano falso (ou 0). Caso seja associado o valor verdadeiro (ou 1), o contato fica aberto, não permitindo a passagem de corrente. Ele trabalha de forma contrária ao contato normalmente aberto. Na Figura 11, pode-se observar um contato normalmente fechado

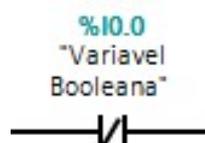


Figura 11 – Contato normalmente fechado (BOTELHO, 2011)

O CLP S7-1200 possui instruções para detecção da borda de subida e descida através de uma representação do tipo a contato. Estas instruções são a *Scan operand for positive signal edge* e a *Scan operand for negative edge*.

O *Scan operand for positive signal edge* ou detecção de borda de subida detecta em um ciclo de scan a transição de 0 para 1. O funcionamento é análogo ao contato normalmente aberto, com a única diferença que o contato *scan operand for positive signal edge* só fecha na subida da variável associada. Caso não haja nenhuma transição de 0 para 1, o contato permanece aberto, não permitindo passagem de corrente. Na Figura 12, pode-se observar duas variáveis associadas ao componente da borda de subida. A variável acima é o bit em que deve ser detectada a variação da borda de 0 para 1, já a variável abaixo corresponde a variável de armazenamento do estado anterior da primeira variável (variável acima do contato).

Já o *Scan operand for negative signal edge*, detecta em um ciclo de scan a transição de 1 para 0. O funcionamento é análogo ao caso anterior. Na Figura 13, pode-se observar este contato.

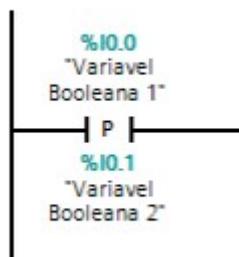


Figura 12 – Contato de detecção de borda de subida (BOTELHO, 2011)



Figura 13 – Contato de detecção de borda de descida (BOTELHO, 2011)

2.2.2.4 Bobinas

As bobinas são componentes da linguagem LADDER responsável em atualizar informações de saída. Elas são classificadas como: bobinas simples, bobina SET e bobina RESET (BOTELHO, 2011).

As bobinas simples são acionadas (com estado verdadeiro) caso toda lógica que a antecede possua valor lógico verdadeiro. Caso a lógica torna-se falsa, ou seja, assumo valor lógico 0, a bobina é desenergizada assumindo o valor lógico 0. Logo, não há retenção do valor lógico na bobina simples (cf. Figura 14).

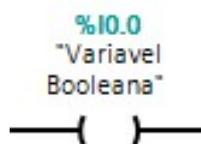


Figura 14 – Representação de uma bobina simples (BOTELHO, 2011)

A bobina SET difere-se da bobina simples, uma vez que retém o valor lógico de saída em verdadeiro (ou 1), independentemente se a lógica que a antecede vá para falso (ou 0). Após a saída ser "setada" para verdadeiro, o valor lógico dela só voltará a ser falso caso haja em outra linha do programa uma bobina reset, associada a mesma variável lógica da saída, sendo energizada. Na Figura 15 , pode-se observar uma bobina SET associada a variável I0.0

A bobina RESET também é uma bobina de retenção, uma vez que retém o valor lógico

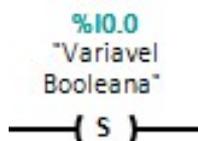


Figura 15 – Representação de uma bobina SET (BOTELHO, 2011)

da saída em falso (ou 0). Análogo ao caso anterior, após a saída ser "resetada" para falso, o valor lógico só voltará a ser verdadeiro caso haja em outra linha do programa uma bobina set, associada a mesma variável de saída, sendo energizada. Na Figura 16, pode-se observar uma bobina RESET associada a variável I0.0

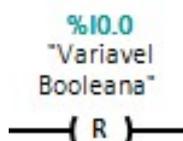


Figura 16 – Representação de uma bobina RESET (BOTELHO, 2011)

2.2.2.5 Temporizadores

Em muitos projetos de automação, há a necessidade de realizar algumas ações com tempo predeterminado. Para satisfazer essas exigências, o CLP da Siemens S7-1200 possui quatro tipos de *Timers* (PRUDENTE, 2014):

- *Timer* de pulso
- *Timer* com atraso na ligação
- *Timer* com atraso no desligamento
- *Timer* com atraso na ligação com memória

O *Timer* de Pulso (TP) é um bloco que gera um pulso cuja duração é definida pela entrada de *Preset*. Com a borda de subida de um sinal na entrada do temporizador, parte um pulso de duração preestabelecido, independentemente do estado desta entrada.

O *Timer* com atraso na ligação (TON) é um bloco que adiciona um atraso preestabelecido pela entrada *Preset*. Quando a entrada do temporizador se ativa, inicia-se a contagem do tempo. Transcorrido esse tempo, a saída do temporizador passa a ter valor lógico verdadeiro (ou 1). Se a qualquer momento a entrada passar a ter valor lógico falso, o *timer* zera.

O *Timer* com atraso no desligamento (TOF) possui funcionamento contrário ao bloco anterior, ou seja, a contagem do tempo é inicializada quando a entrada do temporizador se torna falsa (ou 0). Ao final da contagem, a saída do temporizador passa a ter valor lógico falso. Se a qualquer momento a entrada passar a ter valor lógico verdadeiro, o *timer* zera.

O *Timer* com atraso no ligamento com memória (TONR) tem o funcionamento análogo ao bloco com atraso no ligamento. A diferença está na memória do tempo transcorrido, ou seja, caso a entrada do temporizador torne-se falsa durante a contagem, ele não zera, mas armazena o tempo transcorrido. Caso haja uma recontagem, parte-se de onde parou.

Na Figura 17 é representado o bloco TON do *Software TIA Portal* da Siemens. Os blocos TP, TON e TOF seguem o mesmo padrão. O bloco TONR se difere por apresentar uma entrada de *Reset* representada pela letra R. A Tabela 1 mostra os parâmetros dos blocos *Timers* no STEP 7 *Basic*

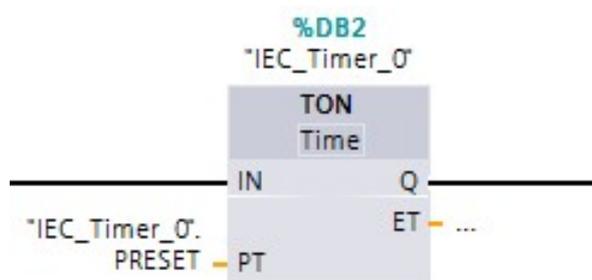


Figura 17 – Temporizador com atraso no ligamento (TON) da Siemens (PRUDENTE, 2014)

Tabela 1 – Parâmetros dos blocos temporizadores Siemens

Parâmetro	Tipo de dados	Comentários
IN	Booleana	Ativa a entrada do <i>timer</i>
R	Booleana	Zera a contagem
PT	Time	Imposta valor do tempo
Q	Booleana	Saída do <i>timer</i>
ET	Time	Saída do tempo transcorrido

2.2.2.6 Contadores

Os contadores são blocos da linguagem LADDER com formato similar ao do *timer*. No *TIA Portal* existem três tipos principais: os contadores crescentes (CTU), decrescentes (CTD), crescente/decrescente (CTUD).(PRUDENTE, 2014).

O funcionamento dos três contadores é de forma análoga. A entrada do bloco verifica uma transição de um contato de um valor lógico falso para verdadeiro. O contador crescente (CTU) conta até o valor máximo quando chega à borda de subida do sinal na entrada (CU). O valor predefinido (PV) é usado como parâmetro pelo contador. Caso o valor corrente seja maior ou igual a PV, a saída Q é ativada. Já a entrada *reset* (R), ao ser ativada, zera a contagem.

O contador decrescente (CTD) possui apenas uma entrada diferente em relação ao bloco crescente. Ao invés da entrada R, possui a entrada LOAD, que ao ser ativada com uma borda de subida, o contador carrega o valor corrente com o valor predefinido (PV).

O contador CTUD (c.f Figura 18) possui as características dos dois blocos acima mencionados. A tabela 2 apresenta o significado dos parâmetros dos contadores.

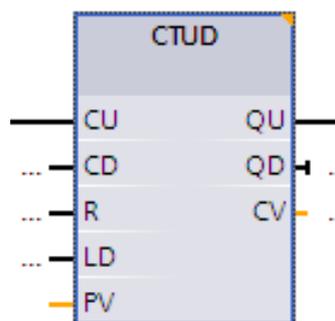


Figura 18 – Bloco contador crescente/decrescente (CTUD) da Siemens (PRUDENTE, 2014)

Tabela 2 – Parâmetros dos bloco contador crescente/decrescente Siemens

Parâmetro	Tipo de dados	Comentários
CU,CD	Booleana	Contagem crescente e decrescente
R (CTU,CTD)	Booleana	Zera a contagem
LOAD (CTD,CTUD)	Boolean	Carrega o valor preestabelecido (PV)
PV	Int	Valor de contagem
QU	Booleana	Verdadeira se $CV \geq PV$
QD	Booleana	Verdadeira se $CV \leq 0$
CV	Int	Valor corrente

2.2.2.7 Comparadores

Os comparadores tem a função de comparar dois valores analógicos (inteiro,real) e podem ser de igualdade (=), desigualdade (<>), maior (>), maior ou igual (\geq), menor, e menor (<) ou igual (\leq) (BOTELHO, 2011).

No *Software TIA Portal* da Siemens, os comparadores comparam a variável acima do bloco com a que está abaixo dele. Na Figura 19, pode-se ver o bloco comparador maior ou igual (\geq) cujas variáveis são inteiras. Caso a operação seja verdadeira, a saída é habilitada. A operação do bloco comparador só é possível se as duas variáveis forem inteiras ou reais. Caso uma seja de um tipo diferente, o bloco sinaliza um erro.

2.2.2.8 Blocos para o SIMATIC S7-1200

O programa para o SIMATIC S7-1200 é gravado nos blocos, dentre os quais estão: o bloco de organização, o bloco de função, a função e o bloco de dados. Como padrão, o bloco de

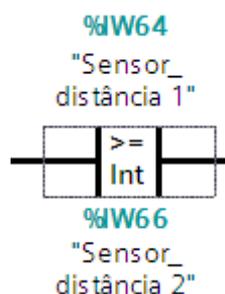


Figura 19 – Bloco comparador maior ou igual Siemens (BOTELHO, 2011)

organização Main[OB1] já existe e representa a interface do sistema operacional da CPU e o programa usuário (SIEMENS, 2013b).

Na execução de tarefas de média/alta automação, a programação estruturada torna-se muito mais eficiente. O programa é dividido em blocos gerenciáveis, que representam pequenos programas, e ordenados de acordo com suas funções. Estes blocos são chamados pelo bloco de organização, são executados, e voltam exatamente para a linha posterior no bloco principal que realizou a chamada.

O CLP S7-1200 permite tanto a programação linear, quanto a programação estruturada. Na primeira, as instruções são executadas da primeira à última instrução, sequencialmente, em um único bloco. Quando chega na última instrução, a execução do programa reinicia-se a partir do início (c.f Figura 20). Este tipo de programação é utilizado para tarefas simples de baixa automação.

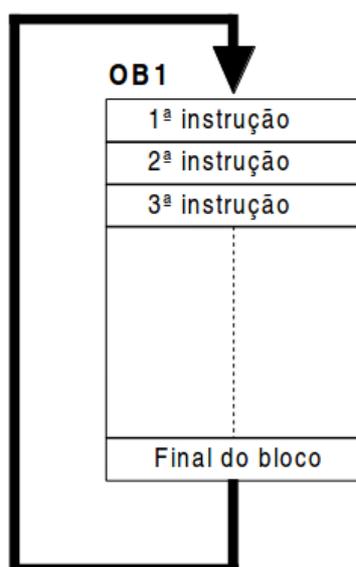


Figura 20 – Programação Linear (SIEMENS, 2013b)

Na programação estruturada do CLP S7-1200, estão disponíveis os seguintes tipos de blocos:

- OB (Bloco de Organização): Um bloco OB é a interface entre o sistema operacional e o programa usuário. É no OB que os demais blocos são chamados.
- FB (Bloco de Função): Um bloco de função é um bloco com memória programável do usuário. A cada chamada(instância) é atribuído um bloco de dados DB. Também é possível atribuir um espaço de memória para diversas instâncias em um único bloco de dados na forma de múltipla instância. A partir do FB, poderão ser chamados outros FBs e FCs.
- FC (Função): Uma função difere do FB pois não tem memória atribuída. Os dados locais se perdem após a execução. Para salvar os dados de forma permanente, pode ser usado um DB global associado. A partir da função, é possível chamar outras FCs e FBs.
- DB(Bloco de Dados): Os DBs são as áreas de memória usadas para o armazenamento de dados do usuário, utilizáveis em qualquer ponto do programa (DB globais), ou então, ligadas aos blocos FB (DB de instância).

No *Software TIA Portal Basic v.11*, quando somente variáveis internas tiverem sido criadas nas FCs e FBs, estas poderão ser chamadas com qualquer frequência, sendo que nas FBs, a cada nova chamada, um novo bloco de dados será atribuído. (SIEMENS, 2013b). Na Figura 21 é apresentada a linguagem estruturada utilizando os blocos acima mencionados.

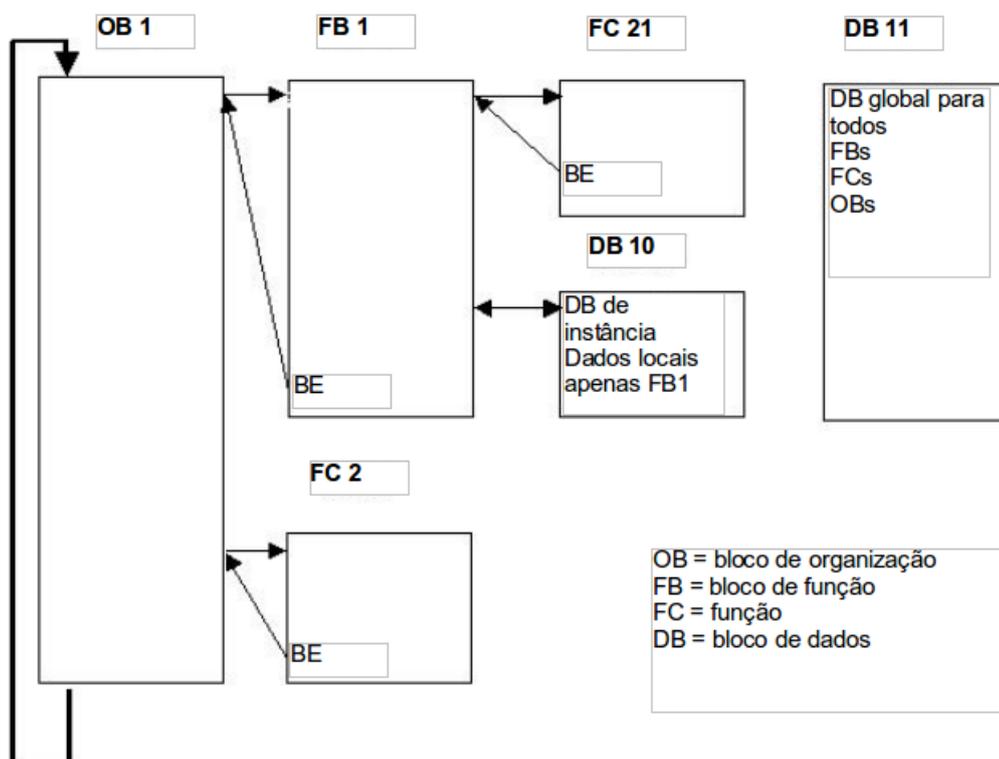


Figura 21 – Programação Estruturada (SIEMENS, 2013b)

3 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

3.1 Descrição detalhada da solução

3.1.1 Escolha do sensor

O processo de automação iniciou-se com a definição do sensor para a medição do deslocamento do elevador. Foram avaliadas três maneiras possíveis para medição deste deslocamento:

1. Medição Indireta 1: A medição do deslocamento da barra inferior do elevador
2. Medição indireta 2: A medição do deslocamento do pistão
3. Medição Direta: A medição do deslocamento vertical do elevador

3.1.1.1 Medição Indireta 1

A primeira proposta para medição do deslocamento vertical do elevador foi a medição do deslocamento horizontal da barra inferior (cf. Figura 22). Esta medição tem como vantagem a escolha de um sensor mais simples, quando comparado à medição direta, uma vez que a distância medida é menor. Por outro lado, a determinação do deslocamento vertical do elevador será por equações matemáticas, o que resulta em mais erros na medição.



Figura 22 – Barra inferior do elevador

3.1.1.2 Medição Indireta 2

A segunda proposta para medição do deslocamento vertical do elevador foi a medição do deslocamento do pistão (c.f Figura 23). Assim como no caso anterior, a medição indireta é feita por um sensor mais simples, mas sujeita aos erros no cálculo do deslocamento vertical do elevador.



Figura 23 – Pistão

3.1.1.3 Medição Direta

A terceira proposta foi a medição direta do deslocamento vertical do elevador (c.f Figura 24). O sensor precisa ter uma faixa de medição de no mínimo 2,1 metros, e se adequar a estrutura em tesoura do elevador.

As possibilidades de medição da altura foram avaliadas baseado no melhor custo benefício, em aplicações semelhantes, e com profissionais da área de automação e instrumentação. A escolha foi pela medição direta, e o sensor usado foi o *Wire Draw*, ou também chamado de *encoder* a fio. Este sensor é altamente usado em aplicações industriais semelhantes, como empilhadeiras, elevadores em tesoura, lançamento de satélites para o espaço, dentre outras aplicações. É produzido quase integralmente por empresas fora do país como [micro-epsilon \(2014\)](#), [Sick \(2014\)](#) e [Siko \(2014\)](#), além de uma nacional [Hohner \(2014\)](#). Optou-se, então, pelo *Encoder* absoluto analógico Série 64, em conjunto com o transdutor linear rotativo EM-04 da *Hohner* (c.f Figura 25), empresa nacional de sensores de precisão.

As especificações do *Encoder* Série 64 e do transdutor linear rotativo EM-04 estão apresentadas na Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente.



Figura 24 – Estrutura do elevador em tesoura

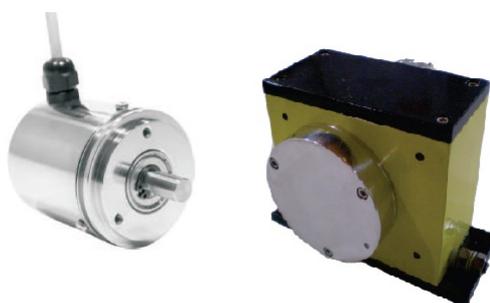


Figura 25 – Encoder absoluto analógico e transdutor linear rotativo da Hohner (HOHNER, 2014)

Tabela 3 – Especificações *Encoder* absoluto analógico Série 64 da Hohner

Característica	Descrição
Alimentação	24 Vdc
Corrente total máxima	100 mA
Corrente por saída	0 a 20 mA ou 4 a 20 mA
Linearidade da escala	± 0,1
Temperatura de operação	- 10 a 70 °C

Tabela 4 – Especificações transdutor linear rotativo EM-04 da Hohner

Característica	Descrição
Resolução	0,1 mm
Faixa de Medição	4000 mm
Cabo	0,5 ØAço inoxidável revestido com nylon

3.1.2 Adequação da Estação Elevatória

O funcionamento da plataforma de acionamento apresentada no capítulo anterior mostra a funcionalidade dos *push-buttons*: *up*, *down*, *lock* e botão de emergência. A adequação da plataforma aos *shows* torna-se necessária, uma vez que a exigência dos produtores musicais é para que a estação elevatória não gere ruído excessivo, o que atrapalharia o decorrer dos espetáculos. Sendo assim, o *push button down* foi desativado pelo fato de utilizar um compressor para retirar o elevador da trava. A função de descida, então, foi adaptada para ser feita através do botão *lock*. Como explicado no capítulo anterior, ao apertar este botão, o elevador desce até achar uma trava. Isso garante que o sistema esteja fixo em caso de dúvida do operador. Como pode ser visto, caso permaneça o sistema original, a função descida não pode ser feita pelo botão *lock*. A fim de fazer com que o elevador desça e não engate em uma trava, foi inserida uma espuma entre a estrutura do elevador (c.f Figura 26). Com isso, quando o operador aciona o *lock*, o elevador desce e "procura" uma trava mas não a acha, pois a estrutura foi afastada pela espuma.

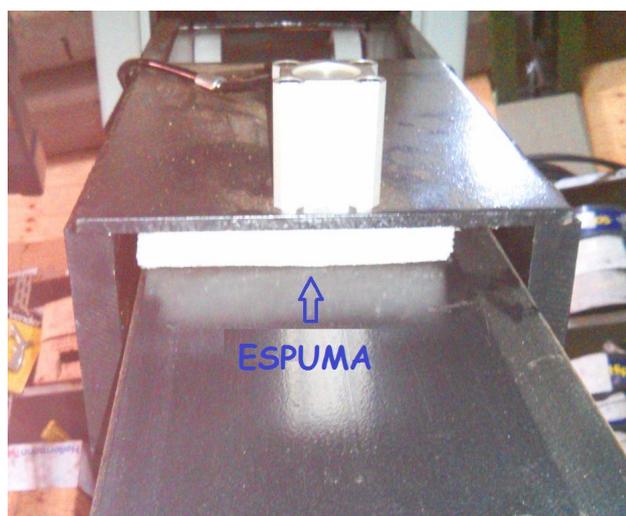


Figura 26 – Modificação da estrutura de elevador

3.2 CLP S7-1200 e IHM KTP 600 PN

A automação da estação elevatória móvel proposta é o acionamento paralelo, tanto pela plataforma, quanto pela Interface Homem Máquina (IHM). O usuário poderá a configuração do CLP S7-1200 partiu na definição das entradas e saídas a serem controladas. Conforme discutido no tópico 3.1.2, o *push button down* foi desativado, sendo a descida realizada pelo *lock*, e a subida pelo *up*. A parada de emergência é feita pelo botão cogumelo presente na plataforma. O projeto prevê a expansão para operar com duas estações, por isso todas as entradas e saídas do CLP foram dobradas.

O acionamento das estações feito pela IHM deve contar com telas bem intuitivas ao operador, para possibilitar fácil operação. As funções de subida, descida, parada, definição da

altura desejada, e observação da altura mostrada pelo sensor deverão estar presentes nas telas.

As entradas e saídas do CLP são: os botões de subida, os de descida, os de parar, e os os sensores analógicos para a medição da altura, como entradas; e os acionamentos dos contatores dos motores e as válvulas, como saídas. As alturas desejadas pelo operador são definidas como variáveis de memória. A Tabela 5 apresenta todas as variáveis detalhadas usadas na programação do CLP:

Tabela 5 – Variáveis usadas na programação do CLP

Variável	Tipo de dado	Descrição
Subir_1	Booleano	Entrada
Subir_2	Booleano	Entrada
Parar_1	Booleano	Entrada
Parar_2	Booleano	Entrada
Descer_1	Booleano	Entrada
Descer_2	Booleano	Entrada
Sensor_distancia 1	Inteira	Entrada
Sensor_distancia 2	Inteiro	Entrada
Altura_desejada 1	Real	Memória
Altura_Desejada 2	Real	Memória
Subir_motor 1	Booleana	Saída
Subir_motor 2	Booleana	Saída
Válvula_descer 1	Booleana	Saída
Válvula_descer 2	Booleana	Saída

3.2.1 Criação do Projeto no *TIA Portal v.11* e Configurações de Rede do CLP S7-1200

Toda programação e configuração do CLP S7-1200 e da IHM KTP-600 PN da Siemens são feitos através do *Software TIA Portal Basic v.11*. Este *Software* integra as seguintes funcionalidades para a automação de um sistema (SIEMENS, 2013b):

- Configuração e parametrização do Hardware
- Programação do CLP
- Estabelecimento da comunicação
- Teste, *Startup* e diagnóstico
- Criação de telas da IHM através do WinCC Basic integrado

O primeiro passo é a criação do projeto através da *Portal View*. Para isso, deve-se selecionar a opção "*Create new project*" e informar o nome do projeto, a pasta onde será salva, o autor e alguns comentários, conforme pode ser visto na Figura 27.

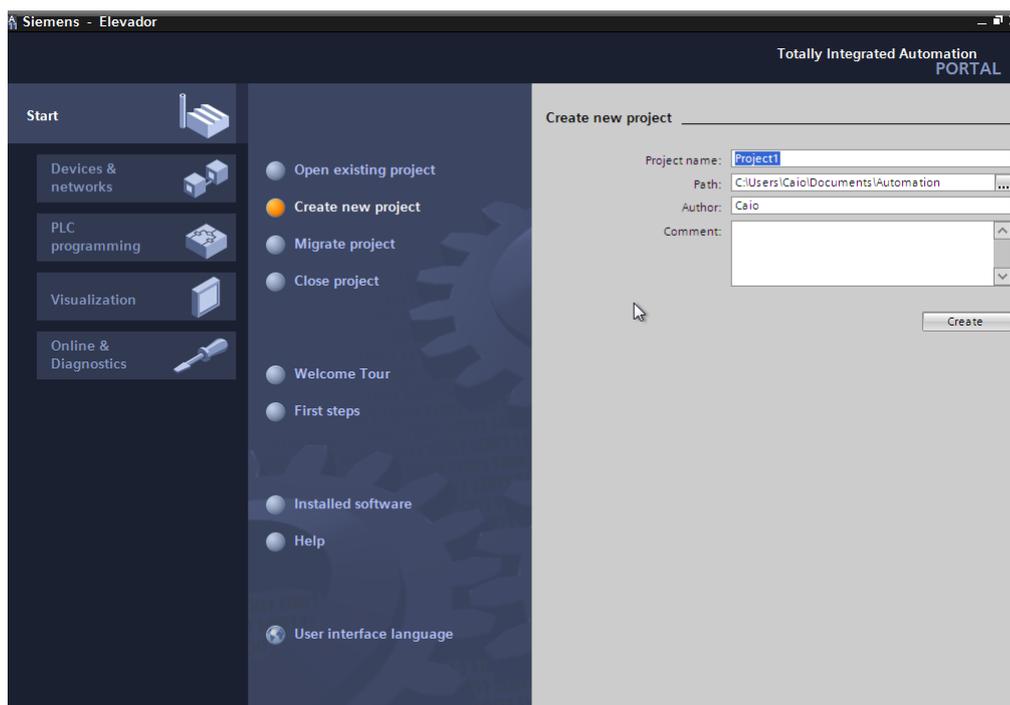


Figura 27 – Criação de um Projeto no TIA Portal Basic v.11 (SIEMENS, 2013a)

É importante ressaltar que depois da criação do projeto, é necessário ter todas as especificações dos equipamentos a serem incluídos no sistema, com os respectivos números técnicos. No projeto da automação da estação elevatória serão incluídos os seguintes equipamentos:

- CPU 1214C AC/DC/RLY (6ES7 214-1BE30-X0B0)
- SIEMENS IHM KTP 600 PN 6"

O próximo passo para adicionar estes equipamentos é selecionar "*Devices&Networks: Configure a Device*", presente na opção "*First steps*", e clicar em "*add new device*". O primeiro equipamento adicionado será o CLP SIMATIC S7-1200, com a respectiva CPU 1214C AD/DC/RLY e seu número técnico, conforme Figura 28.

Após escolher o CLP correto, confirme em "*Add*". A tela do *Project View* é então automaticamente aberta. Nela estão presentes todos os elementos do projeto (c.f Figura 29). Na parte superior está a barra de ferramentas, na esquerda a árvore do projeto com todos os elementos para configurar de um projeto e na direita os "*Task-Cards* com instruções e bibliotecas. Ao clicar em algum item da árvore de projeto, ele será exibido no centro juntamente com as telas de configurações abaixo. Na tela do CLP, por exemplo, é possível adicionar os módulos de comunicação, os *Signal Modules* e as *Signal Boards*, com entradas e saídas adicionais. Além disso, no canto inferior esquerdo há a possibilidade de voltar à janela do "*Portal View*" (SIEMENS, 2013a).

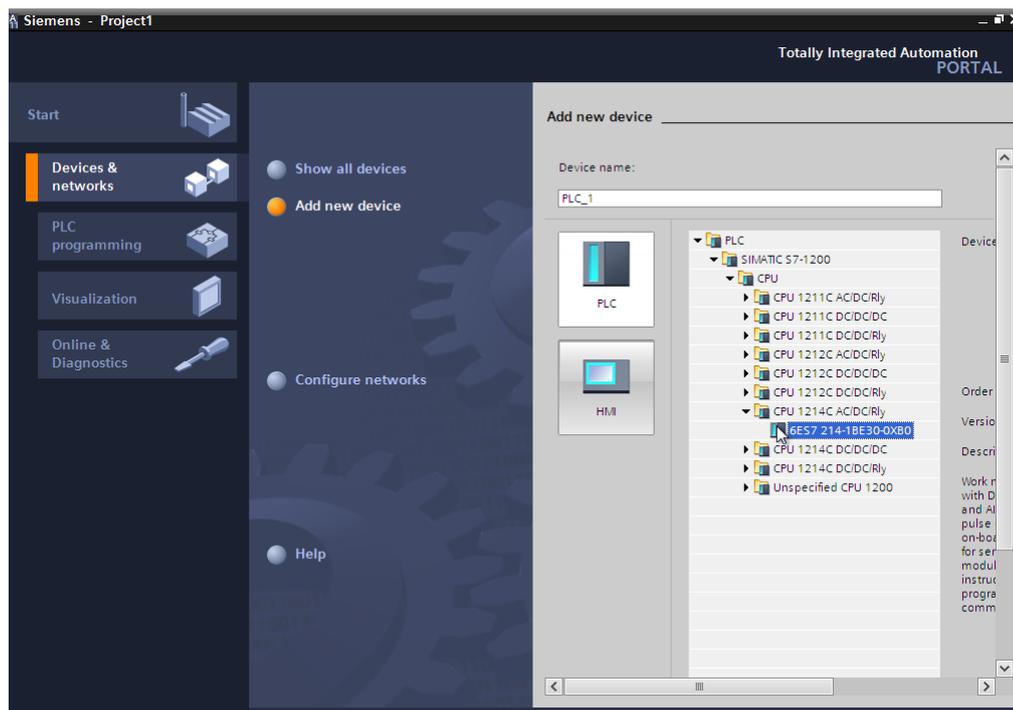


Figura 28 – Adição do CLP S7-1200 CPU 1214C (SIEMENS, 2013a)

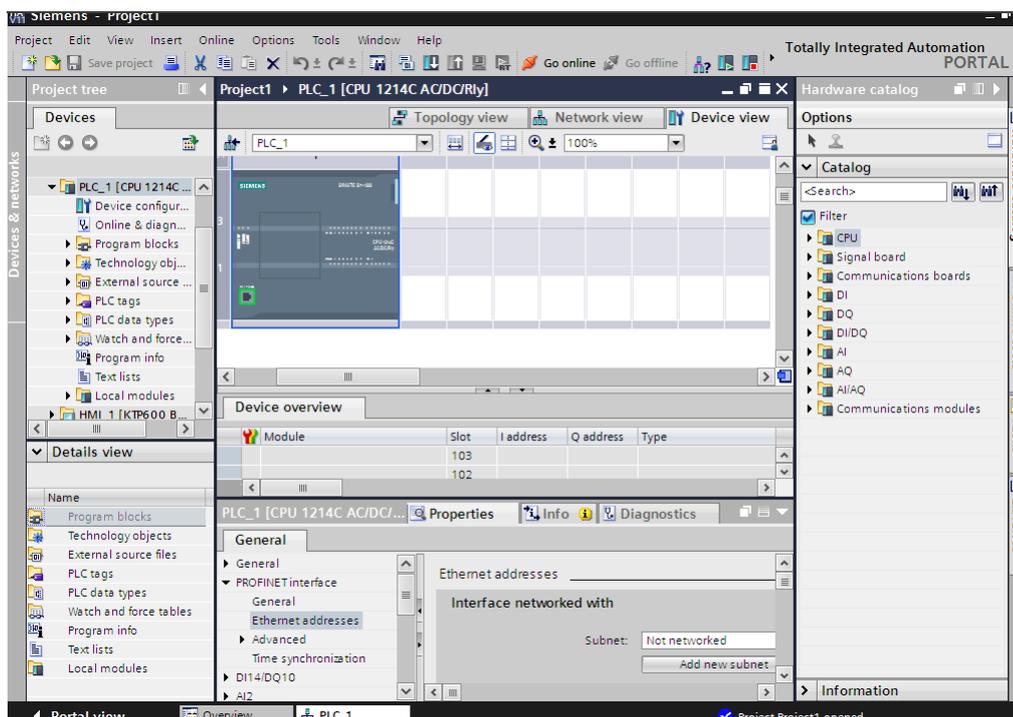


Figura 29 – Telas do Project View (SIEMENS, 2013a)

Para que os equipamentos do projeto de automação da estação elevatória possam se comunicar através de uma rede PROFINET, é necessário a configuração dos IPs e das máscaras de subrede de cada um. A faixa dos IPs escolhidos deverá respeitar a estrutura da máscara de subrede, que nesse projeto será adotada a tradicionalmente utilizada em redes privadas "255.255.255.0". Além disso, os endereços IP do computador, CLP e IHM deverão ser diferentes

e começar, por exemplo, pela faixa "192.168.0.X", sendo X um número de 0 a 255. Estas modificações deverão ser realizadas nas configurações de ETHERNET.

Inicialmente será configurada a rede do computador e do CLP. As configurações de rede da IHM serão feitas ao adicionar este equipamento ao projeto, que será feito após todas as configurações e programação do CLP.

O computador responsável pela programação do CLP e da IHM usado neste projeto utiliza o sistema operacional *Windows 7*, logo todas as janelas e passos ditos serão baseados nesse SO. As idéias usadas podem ser facilmente adaptadas para outro sistema operacional.

O primeiro passo para a configuração é acessar o "Painel de Controles", através do menu "Iniciar". Clicar em "Central de Redes e Compartilhamento", e em "Alterar as configurações do adaptador". Na janela aberta, deve-se selecionar a "Conexão Local", clicar com o botão direito e selecionar "Propriedades". O próximo passo é selecionar "TCP/IPv4" e clicar em propriedades (c.f Figura 30). O último passo é definir o endereço IP e a máscara de subrede, como mostrado na Figura 31.

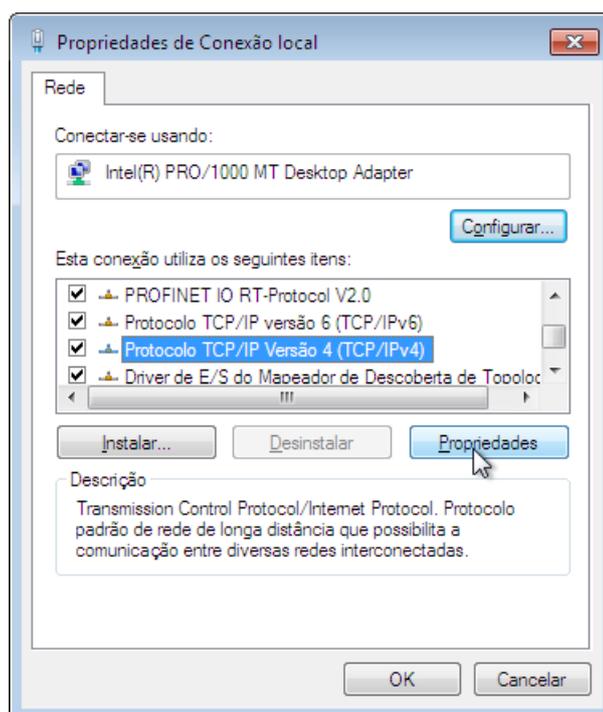


Figura 30 – Propriedades da Conexão Local

Neste projeto, os endereços dos equipamentos na rede seguirão o padrão dado abaixo:

CLP

- IP: 192.168.0.1
- Máscara de Subrede: 255.255.255.0

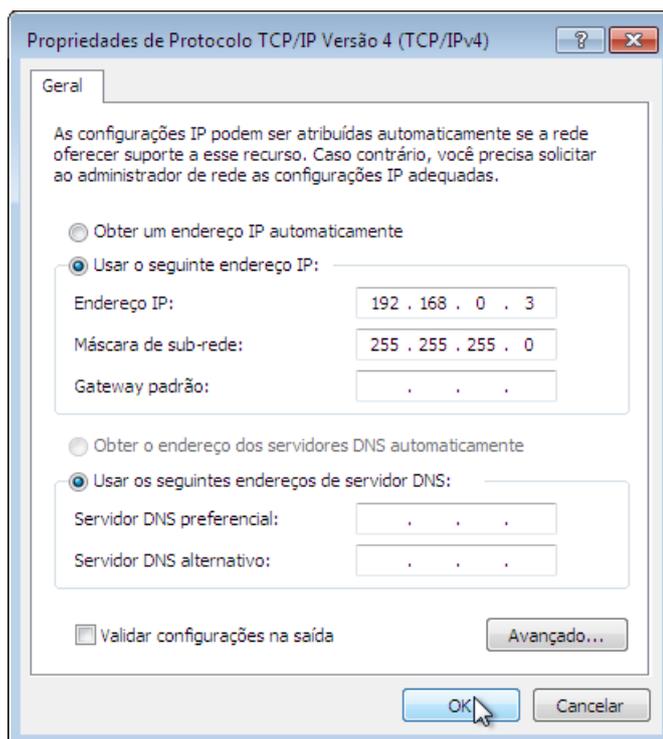


Figura 31 – Configuração do IP e da máscara de subrede do computador

IHM

- IP: 192.168.0.2
- Máscara de Subrede: 255.255.255.0

Computador

- IP: 192.168.0.3
- Máscara de Subrede: 255.255.255.0

A configuração do CLP inicia inserindo o número do IP e a máscara de subrede na "Ethernet addresses", localizada em ("PLC_1[CPU 1214C AC/DC/Rly]" → "Device configuration" → "Properties" → "Profinet interface"). A Figura 32 apresenta a configuração do CLP na rede.

3.2.2 Tags do Projeto

A CPU S7-1200 é um dispositivo digital com arquitetura interna de 32 bits, que suporta os seguintes tipos de dados: (PRUDENTE, 2014)

- *Bool, Byte, Word, Dword, Char, Sint, USint, Int, Uint, Dint, UDint, Real, Lreal, Time, String, DTL.*

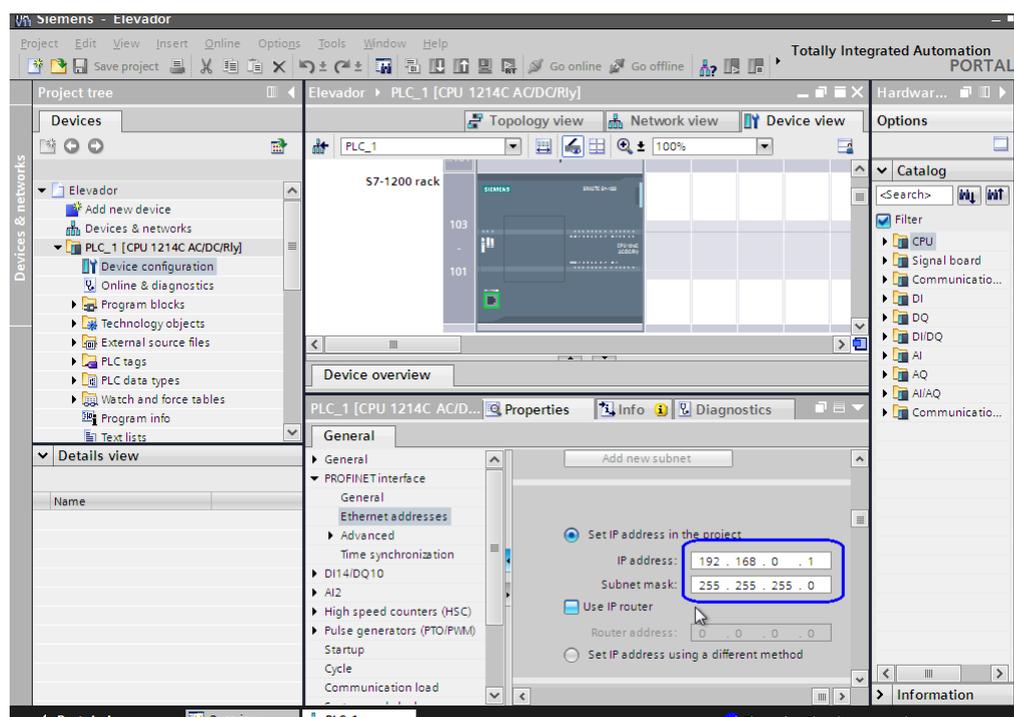


Figura 32 – Configuração do IP e da máscara de subrede do CLP no TIA Portal v.11

Os indicadores de área deste controlador programável estão apresentados na Tabela 6, e os indicadores do modo de acesso, na Tabela 7.

Tabela 6 – Identificador de área (PRUDENTE, 2014)

Código do elemento	Descrição
I	Registro de imagem do processo de entrada
Q	Registro de imagen do processo das saídas
M	Área de memória <i>Merker</i> ou relés internos
L	Área de memória temporária
DB	<i>Data Block</i>

Tabela 7 – Identificador do modo de acesso (PRUDENTE, 2014)

Código modo	Descrição
B	Acesso a <i>byte</i>
W	Acesso a <i>word</i> ou palavra(2 <i>bytes</i>)
D	Acesso a <i>double word</i> (4 <i>bytes</i>)

As variáveis deste projeto foram definidas na Tabela 5. Para a programação do CLP no TIA Portal v.11 é necessário, inicialmente, a definição das Tags que serão utilizadas no projeto. O primeiro passo é acessar o menu do controlador programável, expandir o item "PLC Tags" e clicar em "Default tag table". A Figura 33 mostra as Tags utilizadas para a automação de duas automações elevatórias, uma vez que há duplicidade de cada elemento. A primeira coluna representa o nome, a segunda o tipo de dado, a terceira o endereço da tag, a quarta e a quinta

mostram se estas *tags* são visíveis e acessíveis na IHM, respectivamente, e a sexta coluna são comentários a respeito de cada uma. A definição do endereço das variáveis inteiras se basearam nas configurações de fábrica das duas entradas analógicas integradas. A SIEMENS tem como padrão IW64 e IW66 como endereços dos canais analógicos.

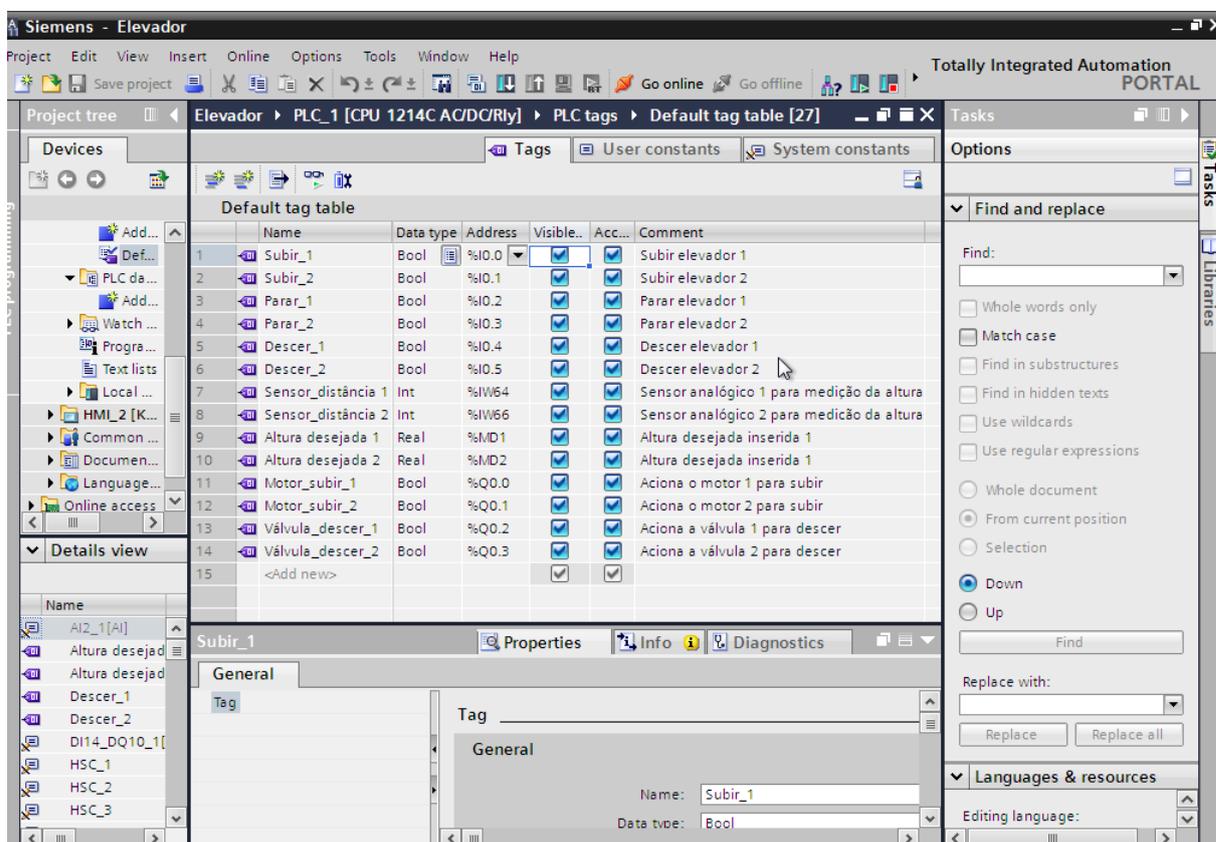


Figura 33 – Tags utilizadas no projeto

3.2.3 Programação do CLP S7-1200 no TIA Portal v.11

A programação utilizada neste projeto foi a estruturada. Esta forma de programar é a mais indicada em projetos mais complexos de automação, conforme explicado no capítulo anterior.

O bloco *Main[OB1]* é a chamada função principal, a partir da qual pode ser chamada uma função (FC) ou um bloco de função (FB). A diferença entre a FC e FB, como explicado no capítulo anterior, é que a última tem memória associada, ou seja, a cada chamada dela, um bloco de dados (DB) é associado. Neste projeto, a programação da estação elevatória é feita em uma FB, que é chamada pelo bloco OB1. Todos os blocos estão em "Program blocks" na aba do CLP na árvore de projeto.

3.2.3.1 Valores analógicos

Os sinais analógicos podem registrar quaisquer valores dentro de uma faixa, ao contrário dos digitais que só podem ter dois estados. O potenciômetro é um exemplo de sensor analógico que tem o valor da resistência alterada, de acordo com a posição do cursor (SIEMENS, 2013c).

As variáveis analógicas são convertidas em tensão, resistência elétricas ou correntes através de um transdutor. Na CPU 1214C, as variáveis analógicas tem campo de medida de 0 a 10 Volts, com o valor numérico de conversão de 0 a 27648. O conversor analógico-digital (A/D) é de 10 bits.

O programa *TIA Portal v.11* realiza a normalização através de operações de cálculos. Para que isso ocorra com a máxima precisão, os valores normalizados são convertidos para real para que os erros no arredondamento sejam mínimos (SIEMENS, 2013c). Logo, a saída do sensor analógico *Wire-Draw* foi normalizado de inteiro (entre os valores 0 a 27648) para real (0.0 a 1.0). O valor normalizado resultante foi então escalado para a altura desejada (entre 0.0 e 2.1m). Toda a programação para os valores analógicos foi duplicada, uma vez que no escopo do projeto há a possibilidade de expansão para duas estações elevatórias.

3.2.3.2 Bloco de função 'Elevadores'

No Bloco de Função "Elevadores" foi feita toda a programação das estações elevatórias. Este bloco é criado ao clicar em ("PLC_1[CPU 1214C AC/DC/Rly]" → "Program Blocks" → "add new block"). Na janela aberta deve-se selecionar a opção "FB", dar um nome ao bloco e clicar em "Ok".

Os parâmetros do bloco que formam a interface do bloco para a chamada do programa estão mostrados na Tabela 8.

As variáveis locais do bloco de função 'Elevadores' estão definidas na Figura 34. A programação em Ladder deste bloco está apresentada no Apêndice A.

3.2.3.3 Bloco de Organização *Main[OB1]*

O bloco de organização *Main[OB1]* é a interface entre o sistema operacional e o sistema usuário. É neste bloco que o FB 'Elevadores' é chamado. Isto é feito ao selecionar o FB 'Elevadores' em *Program blocks*, e arrastá-lo até o *Main[OB1]*. Uma janela com o bloco de dados de instância é automaticamente aberta. Coloca-se um nome, depois selecione a opção "automatic" e confirme em "ok". O próximo passo é ligar as variáveis de entrada e de saída do bloco com as *Tags* do CLP mencionadas no tópico 3.2.2. Deve-se levar em consideração que as *tags* "Parar_1" e "Parar_2" são botões com contatos normalmente fechados, portanto deverão ser negados na entrada do bloco, ou seja, as funções "para_1" e "para_2" estarão ativas quando os botões "Parar_1" e "Parar_2" estiverem acionados, e desta forma, não existir sinal em %I0.2

Tabela 8 – Parâmetros do bloco de função (SIEMENS, 2013c)

Tipo	Desig	Função	Disponível em
Parâmetro de entrada	<i>Input</i>	Parâmetros cujos valores são lidos pelo bloco	Funções, blocos de funções e alguns tipos de blocos de organização
Parâmetro de saída	<i>Output</i>	Parâmetros cujos valores são gravados pelo bloco	Funções e blocos de função
Parâmetro de transição	<i>InOut</i>	Parâmetros cujo valor é lido pelo bloco na chamada e no qual se realiza a gravação após o processamento	Funções e blocos de função
Dados locais temporários	<i>Temp</i>	Variáveis usadas para o armazenamento de resultados intermediários temporários. Os dados temporários são mantidos somente durante um ciclo	Funções, blocos de funções e blocos de organização
Dados locais estáticos	<i>Static</i>	Variáveis usadas para o armazenamento de resultados intermediários estáticos no bloco de dados de instância. Os dados estáticos são mantidos até nova gravação, inclusive ao longo de diversos ciclos	Blocos de funções

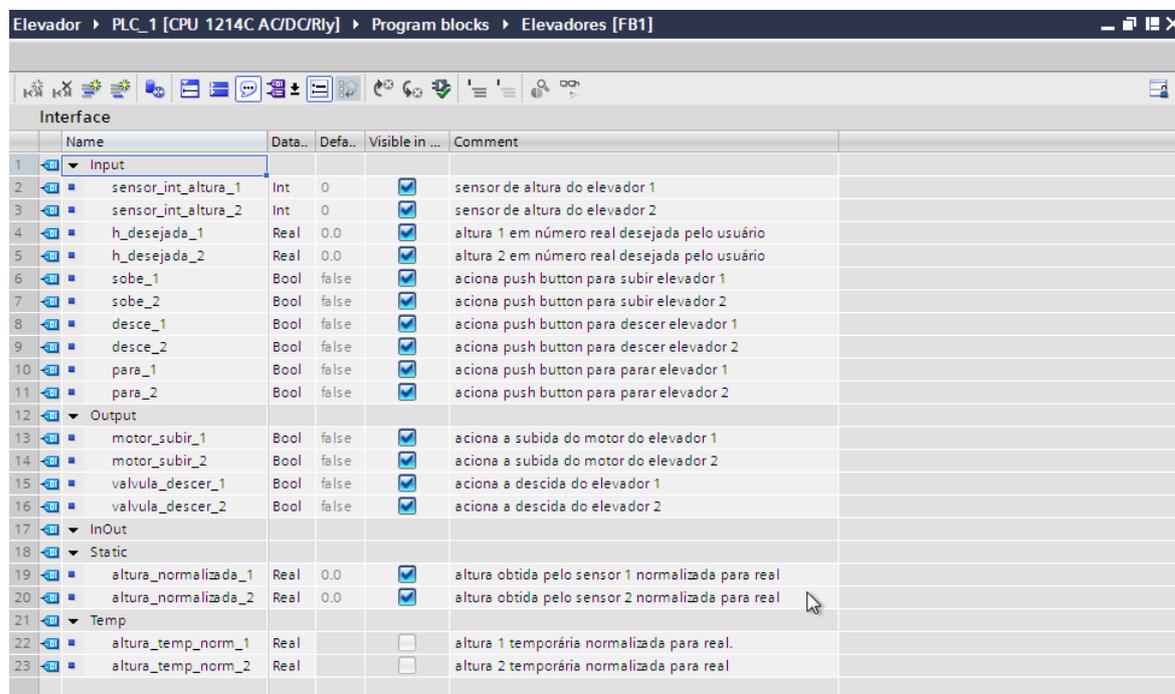


Figura 34 – Variáveis locais do bloco de função 'Elevadores'

e %I0.3 (SIEMENS, 2013a). A Figura 35 apresenta o FB 'Elevadores' chamado no bloco *Main[OB1]*.

3.2.3.4 Transferência do Programa para a CPU

Para carregar o programa completo na CPU, deve-se:

1. Selecionar a aba "PLC_1[CPU 1214C AC/DC/Rly]" na árvore de projeto e clicar em "Download to device", cujo símbolo é uma seta para baixo.
2. Escolher o tipo de interface PG/PC "PN/IE"
3. Clicar em "Load" e depois em "Finish"
4. Iniciar a CPU ao clicar em "Start CPU" e confirmar em "Ok"

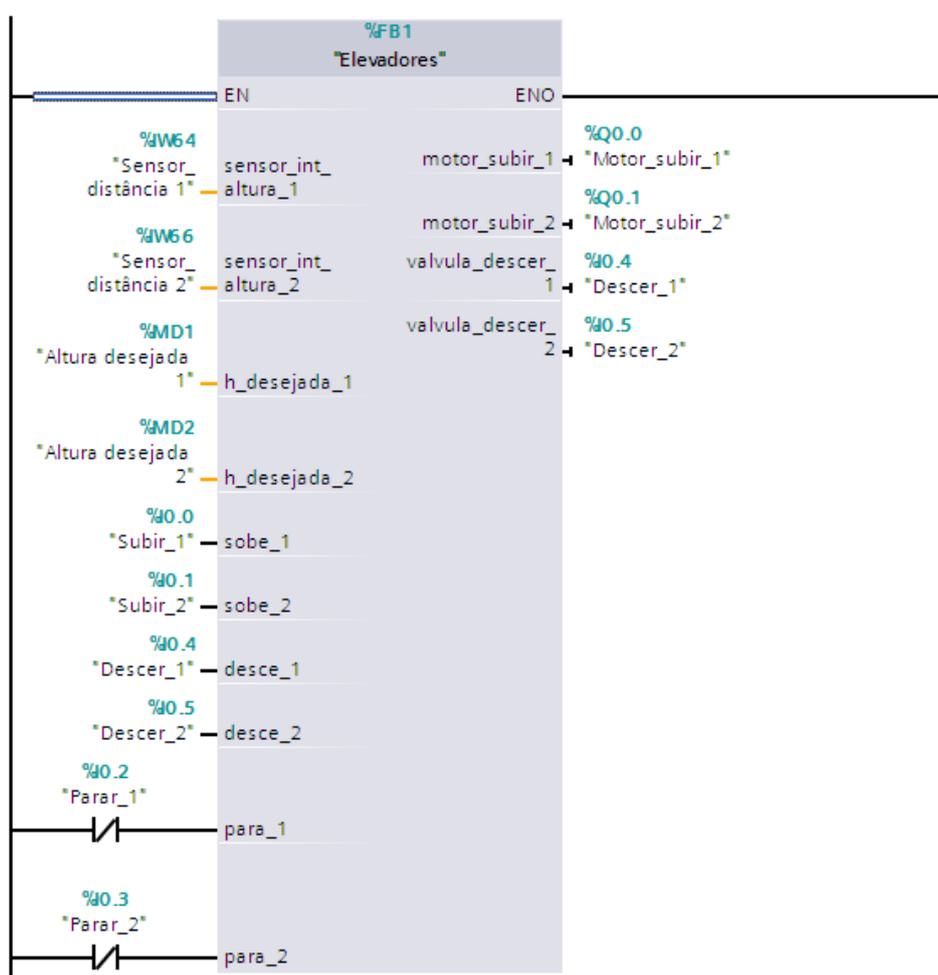


Figura 35 – Bloco FB 'Elevadores' chamado no bloco de organização *Main[OB1]*

3.2.4 Programação da IHM KTP 600 PN no *TIA Portal v.11*

Após realizada toda a configuração do CLP, a IHM deve ser configurada e implementada. Através do "Portal view", na aba "Devices & networks", clica-se em ("Add new device → "HMI" → "6"Display " → "KTP600 Basic PN" → "Ok") para inserir a IHM ao projeto. A fim

de facilitar a configuração e a criação das telas da IHM, o item "*Start device wizard*" deve estar habilitado antes de clicar em "*ok*".

O *Wizard* inicia com a ligação da IHM ao controlador programável. Para isso, deve-se clicar em "*browser*" e escolher a CPU adicionada ao projeto. A ligação é feita automaticamente entre os dispositivos (c.f Figura 36). Clica em "*next*" para passar a próxima etapa.

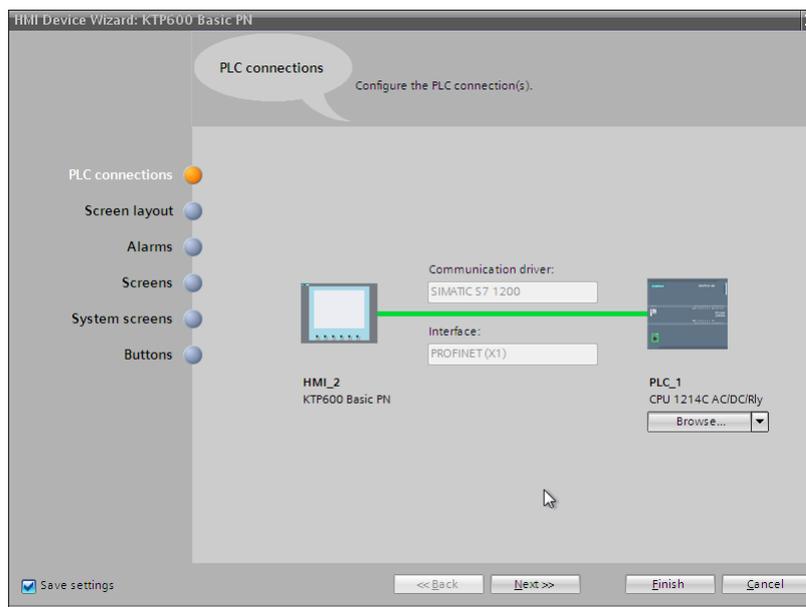


Figura 36 – Conexão da IHM com a CPU 1214C

Em "*Screen Layout*", desmarque apenas o "*Date/time*" nas opções do "*header*" e clique em "*next*". As demais opções permanecem como a padrão do *software*

Em "*alarms*", deve-se selecionar apenas a opção "*unacknowledged alarms*" e clicar em "*next*"

Em "*Screens*", clique duas vezes em "*root screen*" para a criação de duas telas interligadas a principal.

Em "*System screens*", deve-se selecionar a configuração das telas e subtelas como mostrado na Figura 37 e clicar em "*next*".

Em "*buttons*", escolha o leiaute com os botões na esquerda e na sequência mostrada na Figura 38. Após todas as configurações feitas, clique em "*finish*" para concluir o processo. O "*project view*" é aberto automaticamente com a IHM já adicionada à árvore de projeto. As configurações do dispositivo na rede Profinet são feitas automaticamente. O endereço IP e a máscara de subrede são setados automaticamente com os números descritos no Tópico 3.2.1.

Na aba "*screens*" da IHM, na árvore do projeto, pode ser visto as telas criadas acima. O projeto de automação da estação elevatória tem uma tela principal, na qual o usuário escolherá o número de estações elevatórias (uma ou duas), a tela para a configuração de um elevador, outra

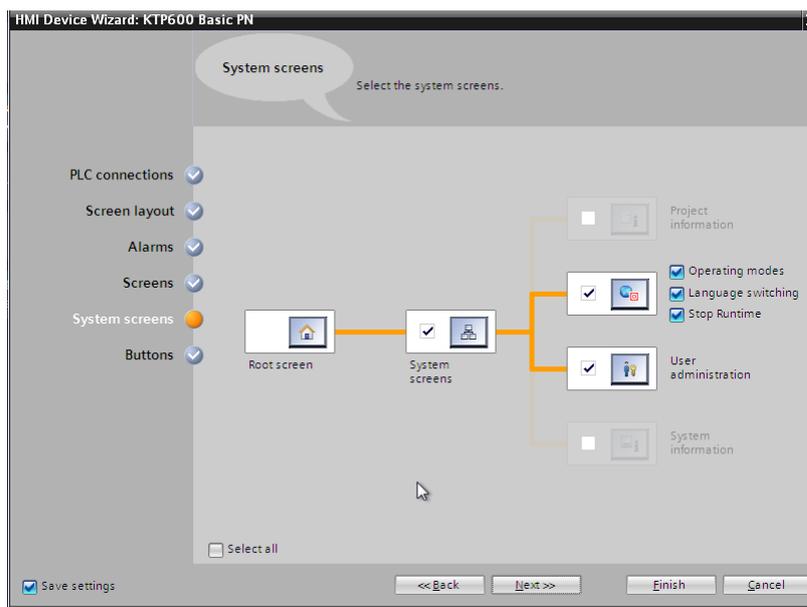


Figura 37 – Configuração das telas do sistema

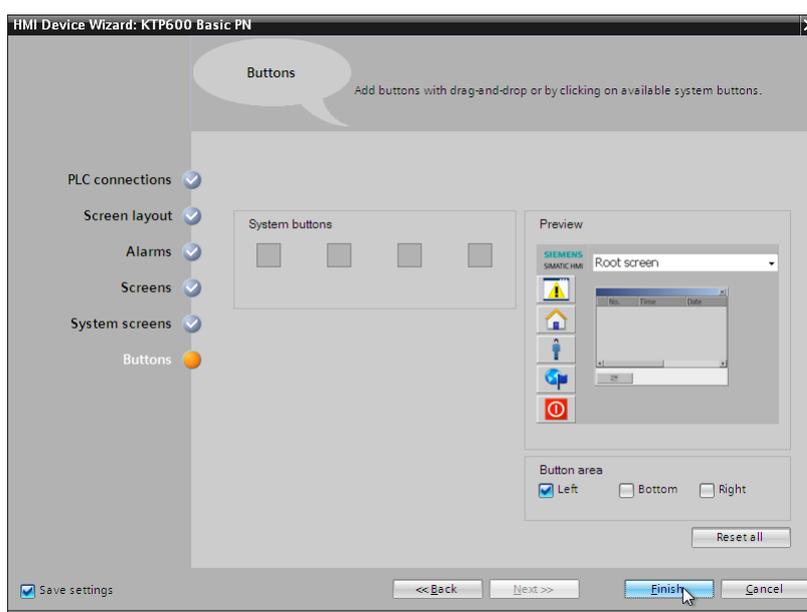


Figura 38 – Configuração dos botões das telas

para de dois, uma tela de configuração, uma para as ferramentas do projeto, e uma última com a lista de usuários.

A tela principal foi montada com diversos elementos das abas da "toolbox". Foram inseridos dois botões da aba "elements" para permitir a seleção de uma ou duas estações elevatórias. A configuração do botão é feita ao clicar sobre ele com o botão direito do mouse e selecionar "properties". Um evento deve ser adicionado para permitir que a tela com o número da estação desejada seja aberta. Para isso, no botão "1", foi adicionada a função "Active Screen" em ("properties" → "events" → "click") e selecionada a tela "Configuração 1". Os mesmos passos foram feitos para a "Configuração 2". Os elementos textuais e gráficos da tela principal foram

inseridos por objetos da aba "Basic objects". A Figura 39 mostra a tela principal da IHM com a logomarca da empresa no lado superior esquerdo, e os botões configurados no "Wizard": alarmes, home, conta usuário, idioma e desligar à esquerda. Os botões de subir, descer, parar, a altura do sensor e a altura desejada pelo usuário são ligadas as *Tags* do projeto em ("*properties*" → "*events*"). Ao final de todas estas ligações, as *tags* de entrada do projeto mostradas na Figura 35 devem ser desligadas do bloco para não gerar redundância. O usuário pode visualizar todas as telas do projeto apertando no texto "Estação elevatória automatizada" na tela *touch screen*. Estas telas estão apresentadas no Apêndice B.



Figura 39 – Tela principal da IHM

Após terminar a programação da IHM, é necessário enviar as informações para a memória deste dispositivo. Assim como no CLP, os passos para o *download* do programa da IHM são os mesmos descritos no Tópico 3.2.3.4. O programa *TIA Portal v.11* também permite realizar a simulação da programação das telas da IHM. Para isso, é necessário selecionar a IHM na árvore de projeto e clicar em "*Start simulation*" na barra de ferramentas.

3.3 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A integração do CLP 1214C, da IHM KTP 600 PN e do sensor *wire draw* na estação elevatória é feita através da montagem de um painel acoplado à plataforma de acionamento. Porém, deve-se levar em consideração no projeto as restrições dimensionais da estrutura.

Como pode ser visto pela Figura 40, o lugar mais adequado para a instalação do painel com os equipamentos é na parte de trás da plataforma. Além disso, o espaço disponível para a montagem do painel é de apenas 430 x 350 mm.



Figura 40 – Área da plataforma para instalação do painel

3.3.1 Dimensionamento do Disjuntor Termomagnético Bipolar

O disjuntor termomagnético bipolar foi dimensionado segundo à norma NBR 5410:2004, afim de cumprir a perfeita coordenação entre ele e os condutores contra sobrecargas.

Para garantir o perfeito dimensionamento, é necessário que as características de atuação do disjuntor atendam as seguintes condições:

1. $I_p \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1,45I_z$

Onde:

I_p = Corrente do projeto do circuito (em A). A norma trata como I_b

I_n = Corrente nominal ou de ajuste do dispositivo de proteção (em A), nas condições previstas nas instalações, tabelas 38 e 39 da norma NBR 5410:2004

I_z = Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação, submetidos aos fatores de correção das tabelas 40 e 42 da norma NBR 5410:2004. É a corrente corrigida com o fator de correção de agrupamento e fator de correção de temperatura

$$I_z = I_c * FCA * FCT$$

As especificações do projeto para o dimensionamento do disjuntor termomagnético foram:

- Condutor unipolar PVC 1,5 mm² : capacidade de corrente 17,5 A (método de instalação B1 com 2 condutores carregados - Tabela 33 da norma NBR 5410:2004)
- Fator de Correção de agrupamento: 1
- Fator de Correção de Temperatura: 1 ¹

O disjuntor dimensionado foi o da Schneider *Easy9 C6* como mostrado na Figura 41. Este disjuntor bipolar 6A curva C servirá como elemento de proteção ao CLP.

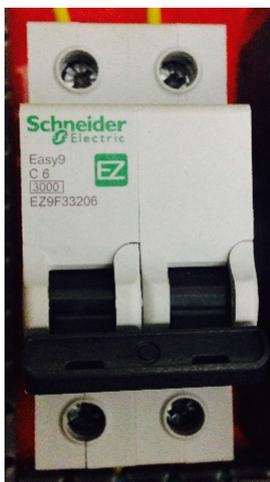


Figura 41 – Disjuntor Bipolar 6A curva C

3.3.2 Relé de Interface

Um relé de interface é um dispositivo capaz de fazer a interface entre equipamentos elétricos e eletrônicos que operam com tensões diferentes. Como proteção ao CLP, optou-se por utilizar um relé 24 Vdc em cada saída digital do CLP. A Figura 42 mostra o relé de interface utilizado no projeto.

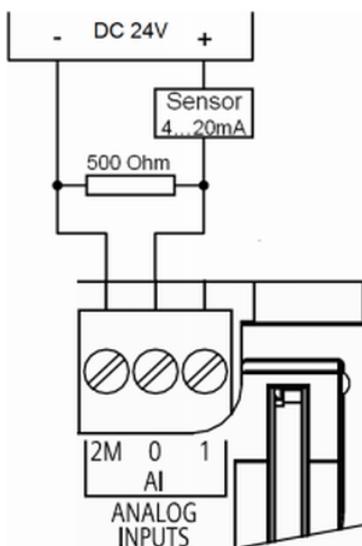
¹ O projeto considerou a temperatura ambiente 30 °C



Figura 42 – Relé 24 Vdc

3.3.3 Adequações do CLP para montagem

Os sensores analógicos *wire draw* da Hohner (Série 64 com EM-04) devem ser adaptados às entradas analógicas do CLP S7-1200 1214C. Como o padrão das entradas desta CPU é de 0 a 10 V, e os sensores são 0 a 20 mA ou 4 a 20 ma, um resistor de 500 Ω deve ser ligado como mostra a Figura 43.

Figura 43 – Adição de um resistor de 500 Ω para adequação ao parâmetro da entrada analógica

Os requisitos de corrente do projeto são maiores que a capacidade da fonte interna 24 Vdc da CPU S7-1200 1214C, que é de apenas 400mA. Os dois sensores analógicos requerem uma corrente de 200 mA juntos. O *Switch* CSM 1277 mais 70 mA (SIEMENS-CSM, 2014), e a IHM KTP 600 color PN 550 mA (SIEMENS-KTP, 2014), totalizando 820 mA. Baseado nisso, uma fonte externa 24 Vdc deve ser inserida ao painel para suprir a corrente exigida pelos equipamentos.

3.3.4 Materiais

Para a montagem do painel do CLP Siemens S7-1200 foram utilizados os materiais apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Materiais utilizados para o painel

Descrição	Quantidade
S7-1200 CPU-1214C AC/DC/RLY	1
Painel 400x300x200mm	1
Encoder a fio Série 64 + transdutor linear EM-04	2
Fonte externa Siemens PM 1207 2,5A	1
Disjuntor Bipolar Siemens 6A	1
Canaleta aberta 15x20mm	2m
Trilho DIM	1m
Relé de Interface 24Vca	4
Borne SAK 4mm ²	15
Cabo Flex 750 V 0,75 mm ²	10m
Cabo Flex 750 V 1,5 mm ²	3m
Transformador 24V Entrada 110/220V	1

A montagem dos equipamentos e a realização dos testes foram extremamente prejudicados pois o cliente abortou o investimento que inicialmente foi acordado. Os sensores *wire draw* e a fonte interna não foram comprados, o que se tornou impeditivo para realizar qualquer teste. Além disso, não houve mais acesso à estação elevatória, o que inviabilizou mais ainda a montagem e os testes. Houve diversas tentativas de comunicação com o cliente, mas sem sucesso. O painel foi montado com os materiais existentes (c.f Figura 44), e a proposta se alterou para apenas a solução do projeto de automação, e não mais a execução da automação.

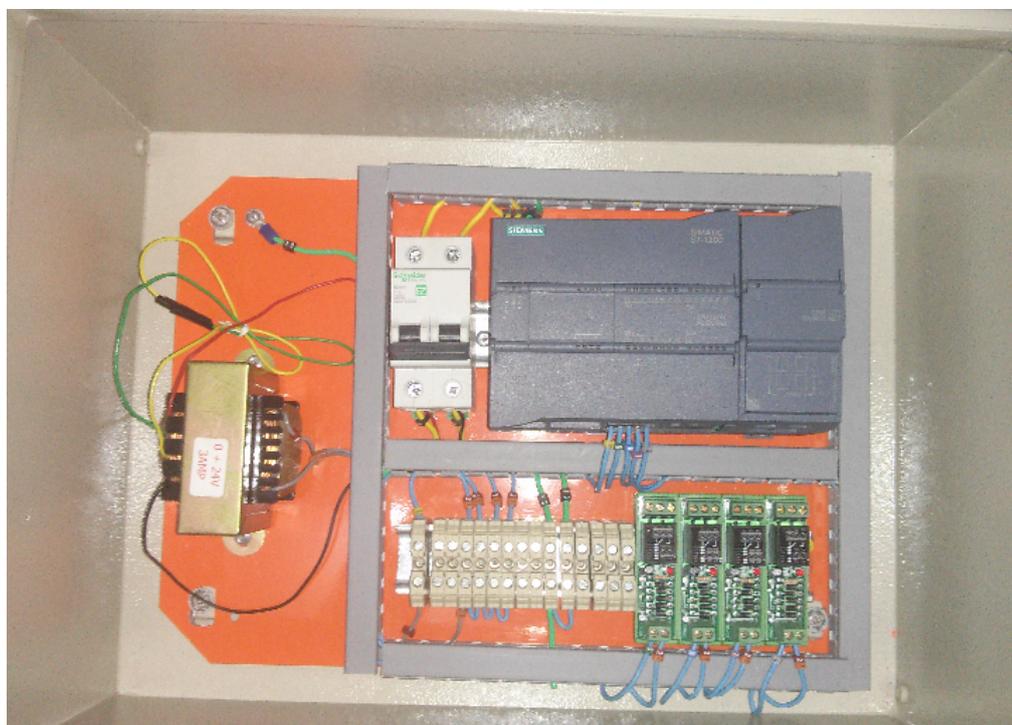


Figura 44 – Leiaute do painel com os equipamentos

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação da estação elevatória, normalmente utilizada em oficinas mecânicas, mostrou-se uma forma mais viável e barata do que os tradicionais *Stage Lift* e *Orchestra Lift*.

A proposta da automação deste trabalho de integrar duas estações elevatórias com o CLP S7-1200 e IHM KTP 600 PN levou a um significativo ganho em eficiência, confiabilidade e segurança ao equipamento, quando comparado ao sistema original.

A medição de deslocamento linear em estruturas complexas pelo sensor *wire draw* é bastante difundida, o que mostrou ser uma solução robusta em relação ao posicionamento manual da chave fim-de-curso. Além disso, pode-se familiarizar com configuração e programação de dispositivos SIEMENS (CLPS e IHMS) integrados pelo *software TIA Portal basic v.11*.

A montagem do painel do CLP solidificou diversos conhecimentos como dimensionamento de disjuntor, operação com relés, instalação elétrica, além de conhecer os principais fornecedores dos equipamentos utilizados em um painel.

Os problemas da falta de investimento e de liberação da estação elevatória para testes impossibilitou a execução do projeto da automação, o que gerou bastante frustração, devido ao grande empenho investido ao projeto, e às grandes expectativas com o resultado.

Como trabalho futuro, pode-se fazer a implementação da proposta da automação deste projeto. Além disso, pode ser feita melhorias no acionamento, como por exemplo, acionar via celular ou *tablet* através de uma rede Wifi.

REFERÊNCIAS

- BAHIA: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.ba.gov.br/2014/03/64/Secretaria-do-Turismo-faz-balanco-do-Carnaval-2014.html>>. Acesso em: 30/08/2014. Citado na página 14.
- BENDPAK: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.bendpak.com/car-lifts/specialty-lifts/xr-12000.aspx>>. Acesso em: 01/09/2014. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- BILDEN: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.bilden.com.br/venda/plataforma-elevatoria/plataforma-elevatoria-tesoura-eletrica/plataforma-elevatoria-tesoura-gs2646.html>>. Acesso em: 30/08/2014. Citado na página 16.
- BOTELHO, D. dos S. *Projeto de um Sistema de Automação de uma Célula de Manufatura Utilizando CLP Siemens S7-1200*. Monografia de Graduação — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Citado 8 vezes nas páginas 8, 20, 24, 25, 26, 27, 29 e 30.
- FULLTECENGENHARIA: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.fulltecengenharia.com.br/elevadores.html>>. Acesso em: 30/08/2014. Citado na página 14.
- GALASYSTEM: Site. 2014. Disponível em: <<http://galainfo.com/en/spiralift.php>>. Acesso em: 01/08/2014. Citado na página 14.
- HOHNER: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.hohner.com.br>>. Acesso em: 25/08/2014. Citado 3 vezes nas páginas 8, 33 e 34.
- MACTON: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.macton.com/PT/turntables/stage-lifts.htm>>. Acesso em: 05/09/2014. Citado na página 14.
- MICRO-EPSILON: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.micro-epsilon.com/displacement-position-sensors/draw-wire-sensor/index.html>>. Acesso em: 25/08/2014. Citado na página 33.
- MOHAWLIFTS: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.mohawklifts.com/wp/consumer-/automotive-lifts/scissor-lifts/usl-6000/>>. Acesso em: 03/08/2014. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- NAPOLI, J. F. de C. *Projeto de Um Sistema de Automação Para um Elevador De Passageiros Utilizando Redes De Petri*. Monografia de Graduação — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Citado na página 20.
- NETTO, A. *Manual de Hidráulica - 8ª Edição*. [S.l.]: Blucher, 1998. Citado na página 16.
- PRUDENTE, F. *Automação Industrial - PLC - Programação e Instalação*. [S.l.]: LTC, 2010. Citado na página 24.
- PRUDENTE, F. *PLCS7-1200 Teoria e Aplicações*. [S.l.]: LTC, 2014. Citado 11 vezes nas páginas 8, 10, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 40 e 41.

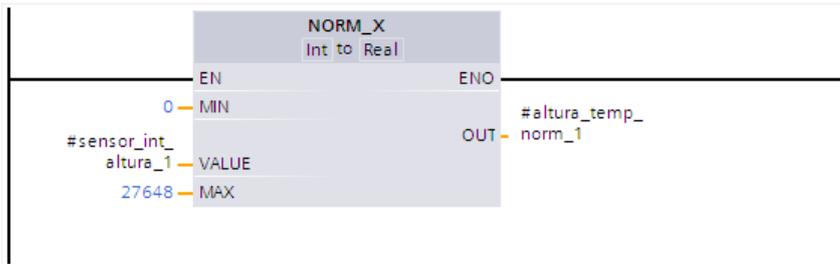
- SICK: Site. 2014. Disponível em: <http://www.sick.com/us/en-us/home/products-/product_portfolio/encoders/Pages/wire_draw_encoders.aspx>. Acesso em: 25/08/2014. Citado na página 33.
- SIEMENS. *Módulo TIA Portal 010-010. Programação 'startup' com SIMATIC S7-1200*. [S.l.], 2013. Citado 6 vezes nas páginas 8, 23, 24, 37, 38 e 44.
- SIEMENS. *Módulo TIA Portal 010-020. Tipos de bloco no SIMATIC S7-1200*. [S.l.], 2013. Citado 4 vezes nas páginas 8, 30, 31 e 36.
- SIEMENS. *Módulo TIA Portal 010-050. Processamento de valores analógicos no SIMATIC S7-1200*. [S.l.], 2013. Citado 3 vezes nas páginas 10, 43 e 44.
- SIEMENS-CSM: Site. 2014. Disponível em: <https://cache.automation.siemens.com/dnl/TU-/TUxNDAzOQAA_36087313_HB/BA_S7-1200-CSM1277_76.pdf>. Acesso em: 03/08/2014. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 51.
- SIEMENS-KTP: Site. 2014. Disponível em: <http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content-/data_files/automatizacni_systemy/systemy_pro_ovladani_a_vizualizaci/standardni_panely-/basic_panely/_manualy/opi_basic-panels_2009-01_en.pdf>. Acesso em: 10/08/2014. Citado 4 vezes nas páginas 8, 22, 23 e 51.
- SIEMENS-S7-1200: Site. 2014. Disponível em: <https://www.swe.siemens.com/portugal-/web_nwa/pt/PortalInternet/QuemSomos/negocios/Industry/IA_DT/Noticias_Eventos/eventos-/Documents/sales_Presentation_pt.pdf>. Acesso em: 15/08/2014. Citado 5 vezes nas páginas 8, 14, 20, 21 e 22.
- SIKO: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.siko-global.com/en-us/products/linearline-wire-actuated-encoders>>. Acesso em: 25/08/2014. Citado na página 33.
- TAITTOWERS: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.taittowers.com/>>. Acesso em: 01/09/2014. Citado na página 14.
- TMVENGENHARIA: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.tmvengenharia.com.br-/elevadores.html>>. Acesso em: 25/07/2014. Citado na página 14.
- TRAINSWAY: Site. 2014. Disponível em: <<http://www.trainsway.com>>. Acesso em: 30/08/2014. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 19.
- ZHENGZHONG, G. et al. The design of wind generating set yaw control system based on s7-1200. In: IEEE. *Image and Graphics (ICIG), 2013 Seventh International Conference on*. [S.l.], 2013. p. 798–800. Citado na página 20.

Apêndices

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO LADDER

▼ **Network 1:** Normaliza o sensor de altura 1 com valor inteiro (entre 0 e 27648) para real (entre 0.0 e 1.0)

Comment



▼ **Network 2:** Normaliza o sensor de altura 2 com valor inteiro (entre 0 e 27648) para real (entre 0.0 e 1.0)

Comment

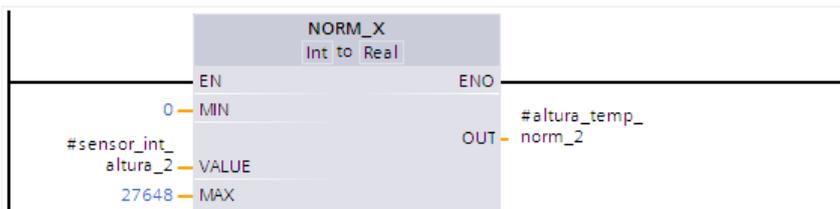
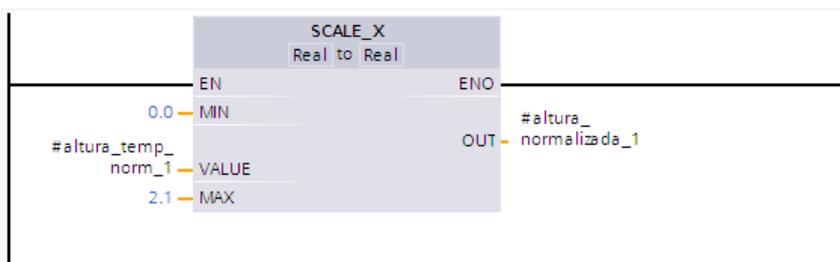


Figura 45 – Blocos para normalização do sinal

▼ **Network 3:** Escala a altura normalizada 1 (0.0 a 1.0) para um valor entre 0 m e 2.1 m

Comment



▼ **Network 4:** Escala a altura normalizada 2 (0.0 a 1.0) para um valor entre 0 m e 2.1 m

Comment

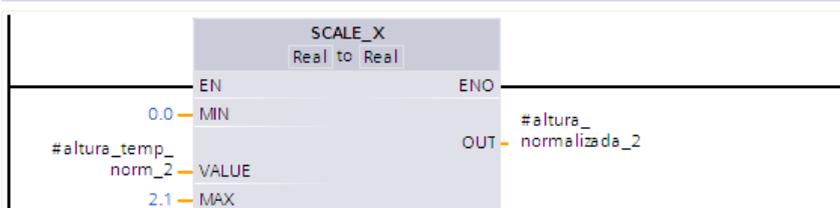


Figura 46 – Blocos para escalar o sinal

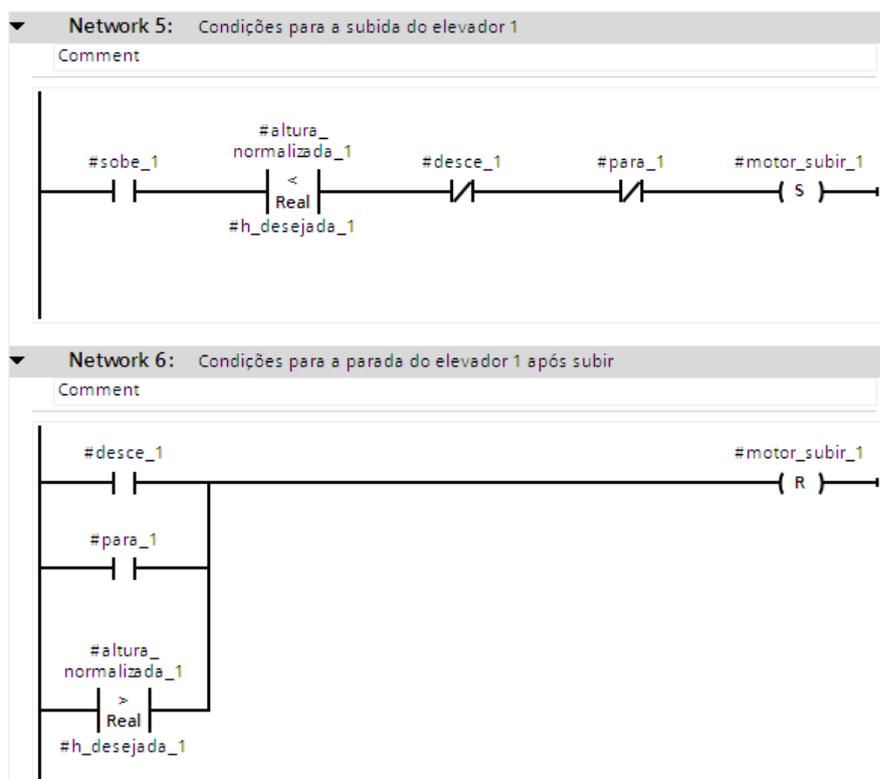


Figura 47 – Diagrama *ladder* para subida da estação 1

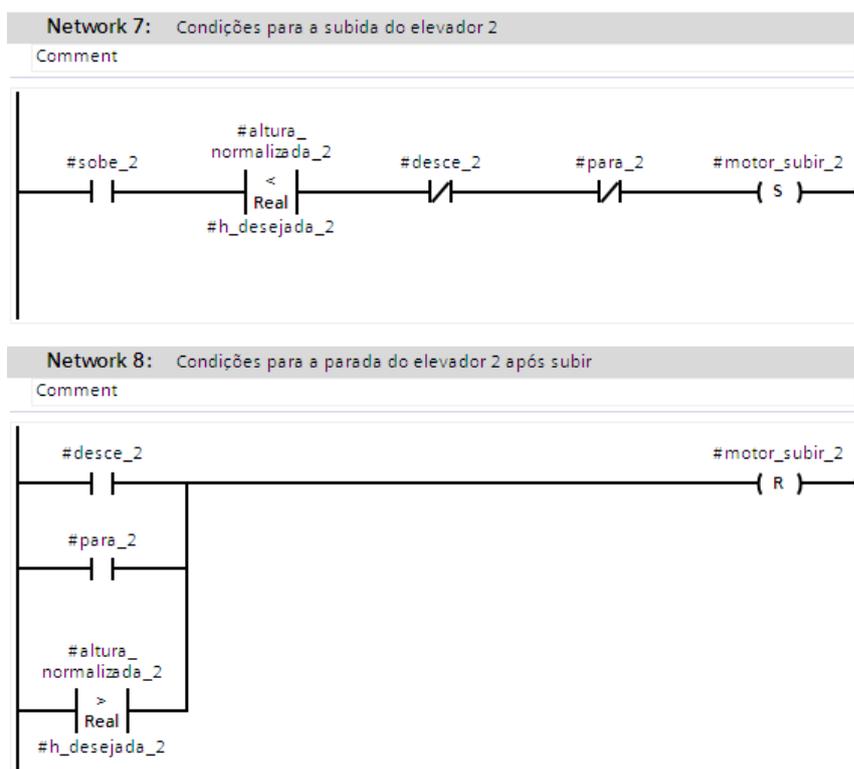


Figura 48 – Diagrama *ladder* para subida da estação 2

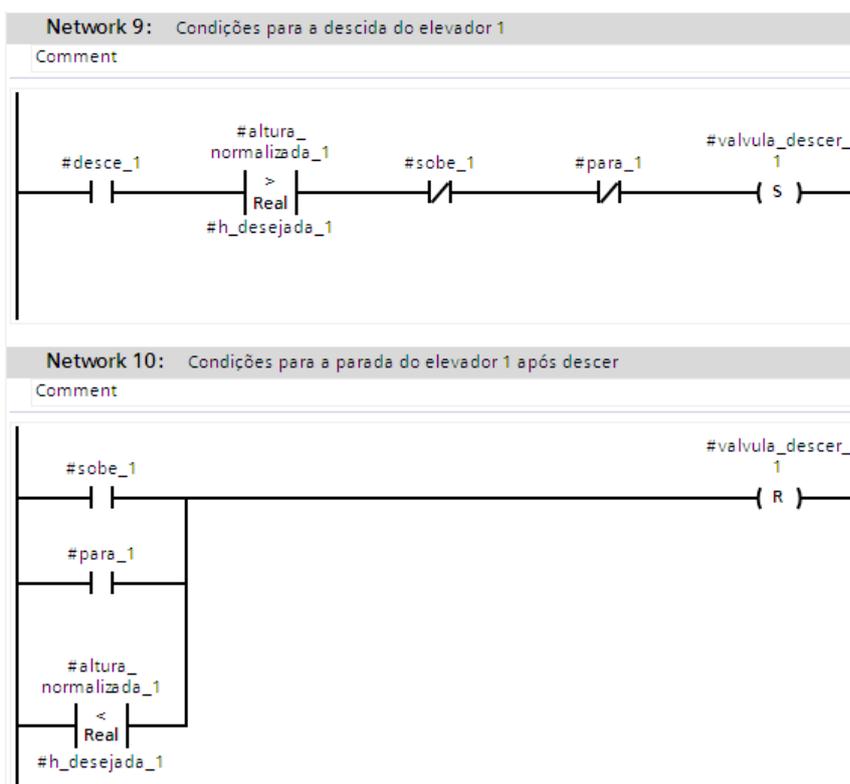


Figura 49 – Diagrama *ladder* para descida da estação 1

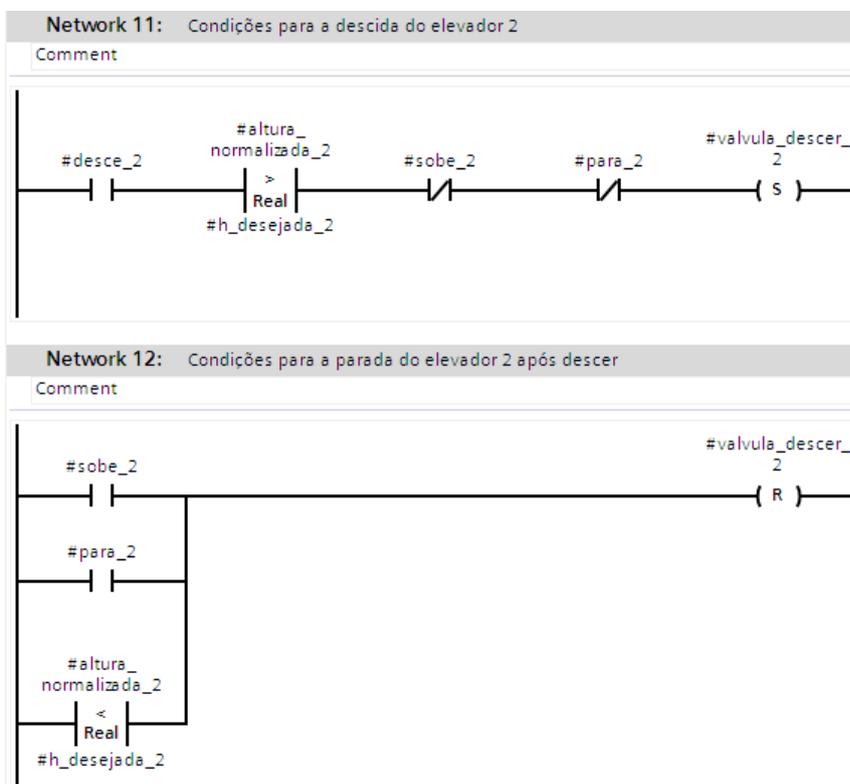


Figura 50 – Diagrama *ladder* para descida da estação 2

APÊNDICE B – TELAS DA IHM

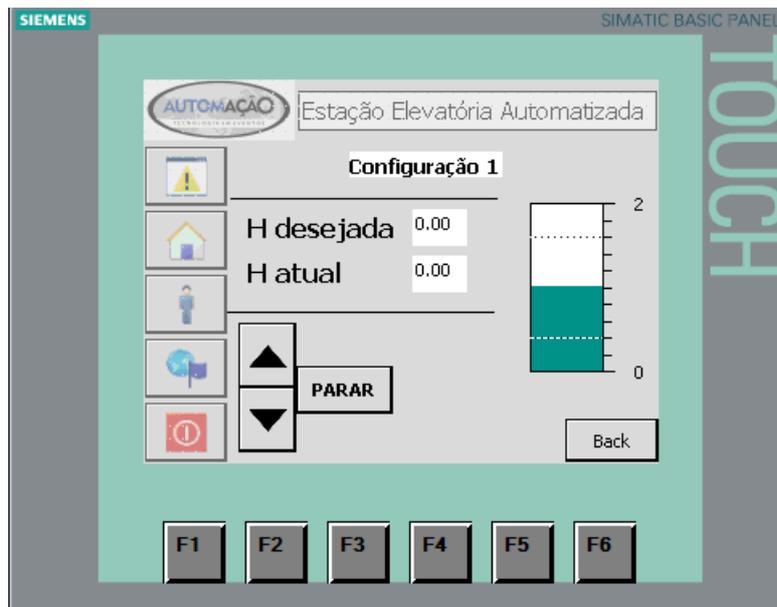


Figura 51 – Tela da IHM para a operação de uma estação elevatória

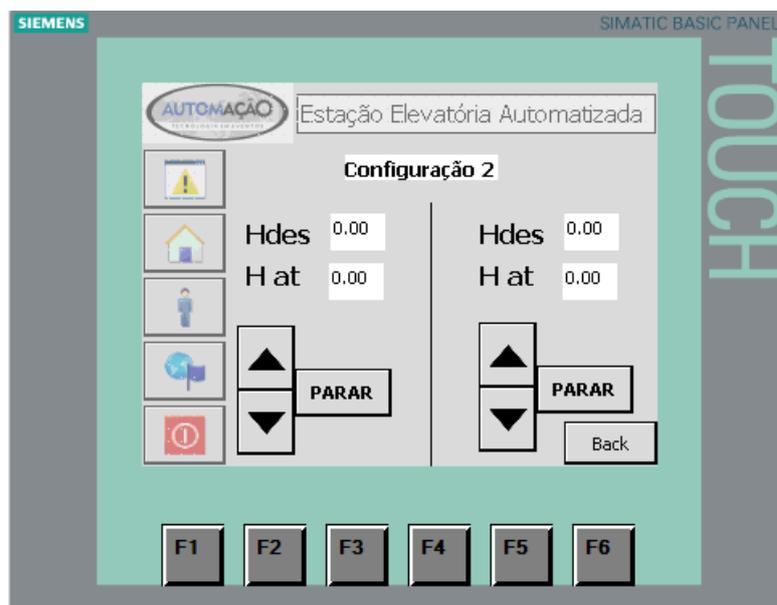


Figura 52 – Tela da IHM para a operação de duas estação elevatória

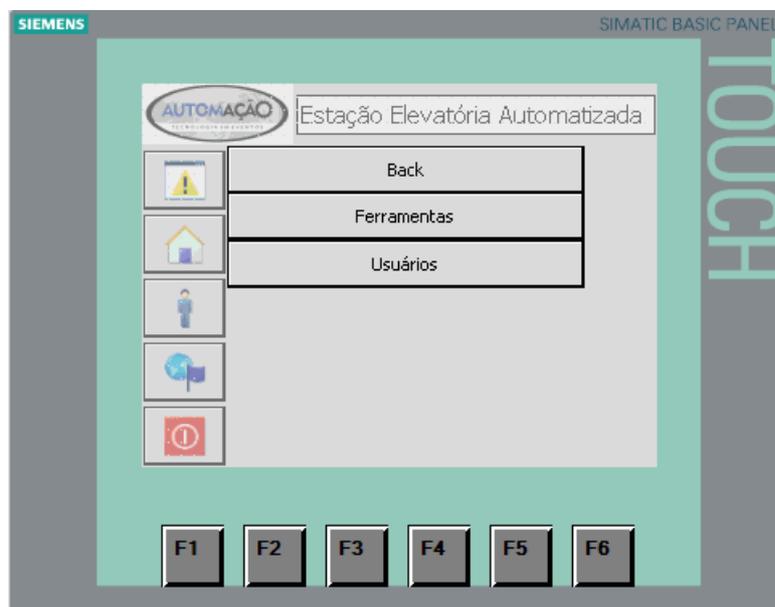


Figura 53 – Tela de configuração do programa



Figura 54 – Tela de ferramentas do programa

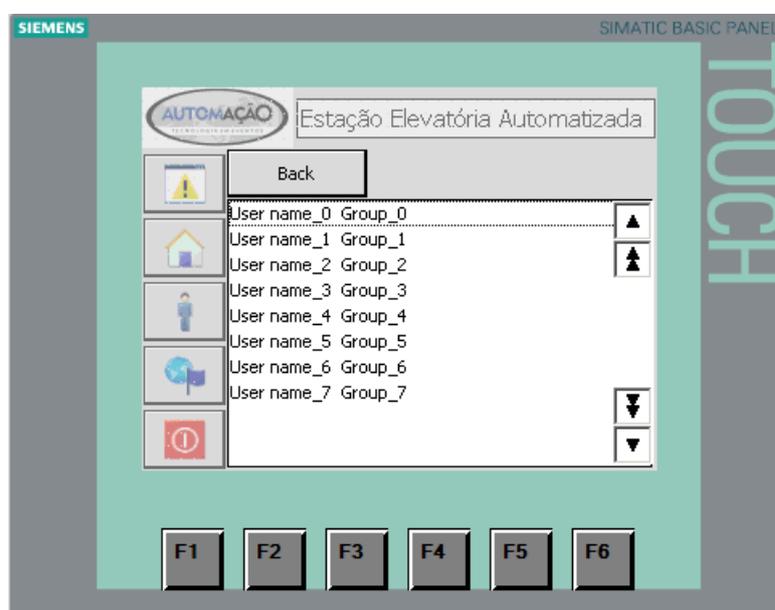


Figura 55 – Tela de usuários