

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA E MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

AUGUSTO HARUO NAGASHIMA
BRUNO VICTOR VOGT
HOUSSAN FARAJ

GIGA DE TESTE PARA PLACAS DE ELETRODOMÉSTICOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

AUGUSTO HARUO NAGASHIMA
BRUNO VICTOR VOGT
HOUSSAN FARAJ

GIGA DE TESTE PARA PLACAS DE ELETRODOMÉSTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof^o Gilmar Lunardon

CURITIBA

2013

AUGUSTO HARUO NAGASHIMA
BRUNO VICTOR VOGT
HOUSSAN FARAJ

GIGA DE TESTE PARA PLACAS DE ELETRODOMÉSTICOS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 02 de outubro de 2013, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os alunos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. MEng. Marcio Augusto Lombardi
UTFPR

Prof. Ubiradir Mendes Pinto
UTFPR

Prof MEng. Gilmar Lunardon
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Aos nossos pais, nossos incentivadores;

Ao nosso orientador, Prof. Gilmar Lunardon, pelas inúmeras e sábias orientações para conclusão desse trabalho;

Ao professor Valmir Oliveira pela sua atenção e seu auxílio neste trabalho;

Aos amigos e familiares, pelo apoio nesta etapa de estudo;

Ao Sr. Glaison José Citadin, além dos colaboradores da Dominus Automação, Sistemas e Acionamentos;

Aos professores do curso, por serem solícitos aos alunos;

RESUMO

NAGASHIMA, Augusto Haruo; VOGT, Bruno Victor; FARAJ, Houssan. **Giga de teste para placas de eletrodomésticos**. 2013. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Esse trabalho tem por objetivo desenvolver uma giga de testes para averiguar o funcionamento das placas eletrônicas de eletrodomésticos, descrevendo o procedimento automatizado adotado para averiguar o funcionamento das placas de acionamentos e interfaces utilizados em refrigeradores e purificadores de água. No procedimento são verificados acionamentos de periféricos, conversores analógicos e firmware do circuito eletrônico. Outro aspecto ressaltado é o projeto mecânico da giga que tem a finalidade de ter uma boa ergonomia e praticidade para a operação. E a integração de acessórios eletrônicos com o sistema automatizado de testes. O controle do sistema é feito por meio de um Controlador Lógico Programável (CLP) e a interação deste é realizado através de uma Interface Homem-Máquina (IHM).

Palavras-chave: Giga de teste. CLP. Placas eletrônicas. Sistema automatizado.

ABSTRACT

NAGASHIMA, Augusto Haruo; VOGT, Bruno Victor; FARAJ, Houssan. **Test jig for boards of home appliances**. 2013. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This project aims to describe the automated procedure adopted to ascertain the operation of electronic boards drives and *interfaces* used in coolers and water purifiers. The procedure checks out peripheral drives, converters and analog electronic circuit firmware. Another aspect highlight of the jig is the mechanical design that has the purpose of having good ergonomics and practicality for the operation. And the integration of electronic accessories with automated tests. The control of the system is made via a Programmable Logic Controller (CLP) and this interaction is accomplished through a Human Machine *Interface* (HMI).

Keywords: Test jig. CLP. Electronic boards. Automated system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas TCP/IP.....	16
Figura 2 - Conector DB9 Macho.....	17
Figura 3 - Frame Comunicação RS-232.....	18
Figura 4 - Composição Relé.....	19
Figura 5 - Pulseira Antiestática.....	21
Figura 6 - Funcionamento Transformador.....	22
Figura 7 - Fotografias de partes do Hardware de CLP Siemens.....	23
Figura 8 - Elementos TIA Portal.....	24
Figura 9 - Linguagem de programação <i>Ladder</i>	24
Figura 10 - Representação do Grafset e suas etapas.....	25
Figura 11 - Pirâmide Automação.....	27
Figura 12 - Tipos de IHM's.....	28
Figura 13 - Exemplo tela de receitas.....	29
Figura 14 - Fotografia da Giga de teste desenvolvida.....	30
Figura 15 - Mesa.....	31
Figura 16 - Suporte acrílico placa PCR.....	32
Figura 17 - Desenho prévio do suporte para placa PCR.....	32
Figura 18 - Mesa com todos os suportes de acrílico fixados.....	33
Figura 19 - Fotografia do painel elétrico aberto.....	33
Figura 20 - Disjuntor bipolar Siemens.....	34
Figura 21 - Soquete para rele.....	34
Figura 22 - CLP Simatic S7-1200 e alguns módulos.....	36
Figura 23 - Fotografia do <i>Hardware</i> utilizado no projeto.....	37
Figura 24 - Leitor de código de barras.....	38
Figura 25 - Estabilizador Luf-Lux. a) Vista frontal e b) Vista posterior.....	39
Figura 26 - Estabilizador Forceline. a) Vista frontal e b) Vista posterior.....	39
Figura 27 - Transformadores 220V-85V e 220V-265V. a) Vista isométrica e b) Vista superior.....	40
Figura 28 - EDC decodificadora.....	40
Figura 29 - Transdutor de corrente.....	41
Figura 30 - Resistores de Potência.....	41
Figura 31 - Potenciômetro de precisão. a) Componentes b) Vista dos suportes no painel.....	42
Figura 32 - Seccionadora Kraus & Naimer.....	42
Figura 33 - Pulseira antiestática.....	43
Figura 34 - Bornes Elétricos.....	43
Figura 35 - Imagem geral do projeto após a integração.....	44
Figura 36 - Visão comunicação geral do sistema.....	45
Figura 37 - <i>Portal View</i>	46
Figura 38 - <i>Project View</i> . Fonte: Autoria própria.....	47
Figura 39 - Fluxograma da giga de teste.....	47
Figura 40 - <i>Network</i> maquina de etapa.....	49
Figura 41 - <i>Network</i> de condição.....	49
Figura 42 - <i>Network</i> de execução.....	50
Figura 43 - Fluxograma do código de barras.....	51
Figura 44 - Placa de Controle de Refrigeração PCR.....	54
Figura 45 - Carga Damper.....	56
Figura 46 - Ventilador do compressor.....	57

Figura 47 - Resistência AC.....	57
Figura 48 - Ventilador AC.....	58
Figura 49 - <i>Ice maker</i>	58
Figura 50 - Bomba d'Água.....	59
Figura 51 - Dissipador de potência.....	60
Figura 52 - PIR1.....	61
Figura 53 - LEDs PIR1.....	63
Figura 54 - Tela do led.....	63
Figura 55 - PIR2.....	64
Figura 56 - Módulo PCPA.....	66
Figura 57 - Suporte PCPA com tampa de segurança.....	66
Figura 58 - Módulo PIPA.....	68
Figura 59 - Tela teste de cargas.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pinagem do conector DB9	17
Tabela 2 - Características da CPU 1214C	37
Tabela 3 - Detalhamento do <i>hardware</i> utilizado	37
Tabela 4 - Periféricos PCR.....	55
Tabela 5 - <i>Hardware</i> utilizando PCR	60

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Processor Unit</i>)
EDC	Equipamento Dedicado de Comunicação
ESD	Descarga Eletrostática (<i>Eletrostatic Discharge</i>)
I/O	Módulo de Entrada/Saída (<i>Input/Output</i>)
IHM	Interface Homem-Máquina
IP	Protocolo Internet (<i>Internet Protocol</i>)
OEE	Eficácia global do equipamento (<i>Overall equipment effectiveness</i>)
PCP	Processo e Controle da Produção
PCPA	Placa de Controle de Purificador de Água
PCR	Placa de Controle de Refrigerador
PIPA	Placa de <i>Interface</i> de Purificador de Água
PIR1	Placa de <i>Interface</i> de Refrigerador 1
PIR2	Placa de <i>Interface</i> de Refrigerador 2
TCP	Protocolo de Controle de Transmissão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 TEMA.....	12
1.2 PROBLEMA.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 RESULTADOS ESPERADOS.....	13
1.5 OBJETIVOS.....	13
1.5.1 Objetivo geral.....	13
1.5.2 Objetivos específicos.....	13
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO.....	15
2.1.1 TCP/IP.....	15
2.1.2 RS-232.....	17
2.2 ELEMENTOS ELÉTRICOS.....	18
2.2.1 Relé.....	18
2.2.2 Painel elétrico.....	19
2.2.3 Transdutor de corrente.....	19
2.2.4 Equipamento de Proteção Antiestático.....	20
2.2.5 Transformadores.....	21
2.3 ELEMENTOS CONTROLADORES.....	22
2.3.1 <i>Hardware</i>	22
2.3.2 <i>Software</i> de Programação Siemens.....	23
2.3.3 Linguagem de Programação <i>Ladder</i>	24
2.3.4 Estrutura grafcet.....	25
2.4 SISTEMAS SUPERVISÓRIO.....	26
2.4.1 IHM (<i>Interface</i> Homem-Máquina).....	27
2.4.2 Receitas.....	28
3 GIGA DE TESTE.....	30
3.1 ESTRUTURA MECÂNICA.....	31
3.1.1 Mesa.....	31
3.1.2 Suporte Acrílico.....	32
3.1.3 Painel elétrico.....	33
3.2 CLP e ACESSÓRIOS.....	35
3.2.1 <i>Hardware</i>	35
3.2.2 Eletrônica auxiliar para testes e EDC.....	38
3.3 VISAO GERAL DO SISTEMA.....	44
3.3.1 Programação.....	45
3.3.2 IHM.....	50
3.3.3 Banco de dados.....	51
4 ROTINAS DE TESTE DAS PLACAS.....	53
4.1 PCR.....	53
4.1.1 Sequência de teste.....	54
4.1.2 <i>Hardware</i> utilizado para a PCR.....	59
4.2 PIR1.....	61
4.2.1 Sequência de teste do PIR1.....	61

4.2.2	<i>Hardware</i> utilizado para a PIR1	64
4.3	PIR2.....	64
4.3.1	Sequência de teste do PIR2	65
4.3.2	<i>Hardware</i> utilizado para PIR2	65
4.4	PCPA.....	65
4.4.1	Sequência de teste do PCPA	67
4.4.2	<i>Hardware</i> utilizado para a PCPA.....	67
4.5	PIPA	67
4.5.1	Sequência de teste da PIPA.....	68
4.5.2	<i>Hardware</i> utilizado para a PIPA	69
4.6	TESTE DE CARGAS.....	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
5.1	EXPECTATIVA	70
5.2	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	APENDICE A - DESENHO MECÂNICO DA MESA	74
	APENDICE B - DESENHO MECÂNICO DO SUPORTE DA IHM.....	75
	APENDICE C – UNIFILAR GERAL DO PAINEL ELÉTRICO.....	76

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente consumo da sociedade, as indústrias necessitam cada vez mais confiabilidade aumento na produtividade e na qualidade dos seus produtos. Para isso faz-se necessário testes de amostras do produto final, por exemplo, de placas eletrônicas, que envolvem o controle e acionamento de periféricos. Deste modo, para realizar esses testes desenvolveu-se uma giga de testes.

1.1 TEMA

Este trabalho abordará sobre testes de placas eletrônicas responsáveis pelo controle, acionamento e *interface* de eletrodomésticos.

1.2 PROBLEMA

A utilização do controle e automação no meio industrial tem deixado de ser luxo e vem se tornando uma necessidade cada vez maior, uma vez que a repetibilidade, a produtividade e a eficiência de um equipamento automatizado são muito superiores a de um operário. Com a demanda cada vez maior e o aumento do consumo em relação à produção, a qualidade do produto é indispensável, o que gera uma necessidade de inspeção ágil e ainda mais confiável.

1.3 JUSTIFICATIVA

Referenciando-se em uma giga de teste, e uma bancada com um sistema automatizado capaz de realizar testes para validar os produtos, onde se envolvem uma mecânica precisa e uma eletrônica confiável capazes de executarem as funções desejadas para realizar os testes seguramente. Em termos operacionais esse sistema opera com ordens e troca de informações (programadas em um controlador lógico programável - CLP), garantindo assim uma melhor eficiência no serviço de qualificação. O sistema contempla testes para: uma placa de controle de refrigerador, duas placas de *interface* de refrigerador, uma placa de controle de purificador e uma placa de *interface* de purificador para validação de seu circuito eletrônico e funcionamento.

Através desses mecanismos de testes de circuitos eletrônicos, pode-se obter um melhor resultado na validação dos produtos, garantindo uma economia do tempo e a confiabilidade do produto final, prosseguindo assim para montagem e consequente comercialização.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

O equipamento desenvolvido realiza testes de cinco diferentes módulos eletrônicos, realizados por um mecanismo de controle através da ligação de chicotes elétricos ao CLP e uma *interface* homem-máquina (IHM).

Com esse equipamento automatizado a empresa pode alcançar uma excelente confiabilidade do produto implicando na sua credibilidade com o consumidor.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver um equipamento que realize testes de placas eletrônicas de eletrodomésticos.

1.5.2 Objetivos específicos

Projetar uma bancada ergonômica e os suportes para as placas.

Desenvolver a programação do CLP S7-1200 e da IHM KTP600.

Projetar uma eletrônica auxiliar.

Realizar a instalação elétrica de forma segura de acordo com as normas.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo proposto classifica-se como de natureza científica aplicada, devido a existir de fato possíveis problemas nos equipamentos testados.

De um modo geral, a pesquisa aplicada é definida como “A motivação principal das pesquisas aplicadas, por seu lado, está na contribuição para resolver um problema. Para tal, ela aplicará conhecimentos já disponíveis, mas das aplicações podem resultar não apenas a resolução do problema que a motivou, mas também a ampliação da compreensão que se tem do problema, ou ainda a sugestão de novas questões a serem investigadas” (SANTAELLA, 2001, p. 140).

Algumas das ferramentas que foram utilizadas nesse projeto para obtenção de material de pesquisa foram manuais de engenharia, descrição técnica do produto, suporte *online* do fabricante dos equipamentos, bem como, fóruns *online*.

A pesquisa de campo aplicada no projeto está relacionada a reuniões com engenheiros que elaboraram a proposta técnica, com o setor de qualidade e segurança para garantir a padronização da mesa de acordo com as normas.

Para o bom andamento da execução do projeto foi importante manter sempre a comunicação com o cliente para que não houvesse divergências em qualquer aspecto do projeto. Esse ponto pôde ser resolvido com reuniões periódicas, tele ou videoconferência e registros por *e-mail*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado fundamentos teóricos utilizados na elaboração do projeto, foram descritos os componentes mecânicos, elementos de comunicação, componentes elétricos, eletrônicos, elementos de controle e *interface* com o usuário.

2.1 ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO

Um elemento de comunicação muito utilizado atualmente nas indústrias é o protocolo TCP/IP, onde os dados são gerenciados por suas camadas e encapsulados por um cabeçalho para a transmissão segura e de forma organizada

2.1.1 TCP/IP

Um fato que tornou esse protocolo popular é sua arquitetura aberta (qualquer fabricante pode incorporar sua própria versão do TCP/IP em seu sistema operacional, sem a necessidade de pagamento de direitos autorais). Por essa razão, todos os fabricantes de sistema operacionais o adotaram (ROSÁRIO, 2005), bem como fabricantes de equipamentos voltados para a automação.

Na configuração inicial do TCP/IP, por ser um protocolo probabilístico, ou seja, se duas informações chegarem ao mesmo tempo ou o pacote de dados estiver corrompido, essas informações são descartadas e requisitadas novamente. Isso fazia com que não pudéssemos determinar o instante em que a informação era transmitida e nem havia garantia dessa transmissão. Isso limitava o uso do TCP/IP automação, já que os protocolos *Fieldbus* garantiam que a informação enviada era recebida com sucesso. Mas com o desenvolvimento da tecnologia TCP/IP, juntamente com o meio físico ethernet, isso deixou de ser um problema, pois a velocidade de troca de informações é alta, devido à existência de uma rede PROFINET, que nada mais é do que uma rede voltada à automação com suporte ao protocolo TCP/IP em *full-duplex* (comunicação bilateral simultânea) e a 100Mbits/s, diferente das redes *Fieldbus* (Profibus, Modbus), que são *half-duplex* (comunicação bilateral não simultânea) e com velocidade máxima de 12Mbits/s.

O protocolo TCP/IP utiliza um esquema de endereçamento lógico chamado endereçamento IP que permite identificar o dispositivo e a rede à qual ele pertence.

A arquitetura do TCP/IP é um protocolo de quatro camadas, que está mostrado na figura 1.



Figura 1 - Camadas TCP/IP.
Fonte: Autoria própria.

1 - Camada Física ou Enlace: É o meio físico, onde são recebidos frames, desfragmentando o cabeçalho e passando à camada de rede. Também são transmitidos frames, inserindo cabeçalhos e através de um meio físico (ethernet) enviando-os a uma rede corporativa por exemplo.

2 - Camada de Rede: Responsável pela transferência de dados, recebendo pedidos da camada de transporte para transmitir pacotes que informa o endereço do destino onde o pacote deverá ser entregue.

3 - Camada de Transporte: É responsável por pegar os dados recebidos da camada de aplicação e transformá-los em pacotes. É onde se encontra o TCP (*Transmission Control Protocol* ou Protocolo de Controle de Transmissão) que por sua vez organiza os dados e avisa por meio de um sinal que o pacote recebido está correto.

4 - Camada de Aplicação: Local onde se encontram os serviços do TCP/IP (FTP, DNS, TELNET, SMTP), comunicando-se com a camada de transporte por meio de uma porta pré-definida.

Com a aplicação dessas camadas os fabricantes de equipamentos para a automação conseguem trocar informações entre equipamentos dedicados, onde há uma rápida parametrização, um alto desempenho, tratando os dados de forma segura e padronizada. Assim, é muito comum em novos projetos de automação, controladores e *interfaces* com meio físico *ethernet* e protocolo TCP/IP. Um dos motivos que leva uma empresa a modernizar sua linha de produção com o TCP/IP é

a possibilidade de incorporar a rede de automação com a corporativa, assim pode-se ter uma análise precisa e rápida da produção.

2.1.2 RS-232

O RS-232 é um padrão de comunicação serial que especifica a tensão, temporização e função dos sinais, assim são definidas as regras que descrevem a *interface* com o meio físico e o protocolo de comunicação de dados. A faixa de tensão para nível lógico “1” corresponde entre -3V a -15V e para nível lógico “0” +15V a +3V. Para a temporização são definidas as velocidades de transmissão, podendo variar entre 300 *bits/s* a 119,2 *kbits/s*. As funções dos sinais servem para o controle de fluxo (CTS e DTR) indicando se a comunicação está em condições de transferência de dados. A figura 2, mostra um conector DB9 macho e a numeração de seus pinos, enquanto a tabela 1 faz a descrição dos sinais.

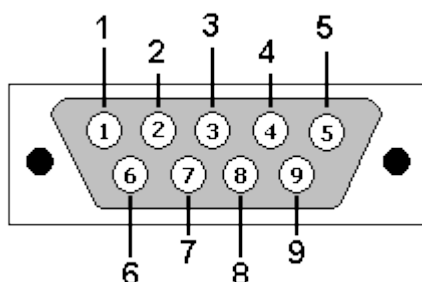


Figura 2 - Conector DB9 Macho.
Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 - Pinagem do conector DB9

Nome do Pino	DB9	Descrição
<i>Carrier Data</i>	1	CD - Detecção de transporte
<i>Receive Data</i>	2	Rx - Recepção de dados
<i>Transmit Data</i>	3	Tx - Transmissão de dados
<i>Data Terminal Ready</i>	4	DTR - Pronto para iniciar troca de informação
<i>Ground</i>	5	GND - Referência para níveis de tensão
<i>Data Set Ready</i>	6	DSR - Sinaliza que o periférico está pronto
<i>Request to Send</i>	7	RTS - Pronto para enviar dados
<i>Clear to Send</i>	8	CTS - Pronto para receber dados
<i>Ring Indicator</i>	9	RI - Indica chamada telefônica

Fonte: Autoria própria.

Na automação quando usado o RS-232 são usados apenas os pinos 2, 3 e 5, sendo assim um meio físico simples de confeccionar.

Para a comunicação acontecer são definidos alguns parâmetros entre os equipamentos que estarão na rede RS-232, como o *Start bit*, *bits* de dados, paridade, *Stop bit* e velocidade de transmissão. O *Start bit* define o início do pacote a ser enviado ou recebido, podendo variar entre 1, 1,5 ou 2 *bits*. Os *bits* de dados podem variar entre 7 e 8 *bits*, é onde se encontra a informação desejada, expressada de forma decimal (0 a 255) ou hexadecimal (00 a FF). Na sequência do *frame* está a paridade, pode-se definir como nenhuma paridade, par ou ímpar. A paridade é uma forma simples de verificar algum erro na informação. Já o *Stop bit* indica o fim do pacote atribuindo-se 1 ou 2 *bits* de parada. Assim, de uma maneira geral, pode-se demonstrar um pacote de dados, conforme a figura 3.

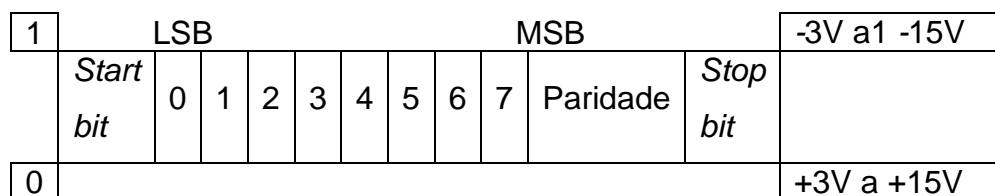


Figura 3 - Frame Comunicação RS-232.
Fonte: Autoria própria.

2.2 ELEMENTOS ELÉTRICOS

2.2.1 Relé

O relé tem como função produzir modificações predeterminadas em um circuito elétrico de saída quando alcançado determinadas condições no circuito elétrico de entrada. Em outras palavras, fazer atuar um sistema de manobra. Atua em controle de sistemas elétricos, permitindo o fluxo de corrente para os circuitos seguintes (equipamentos).

Com um conceito simples de funcionamento, porém de vital importância na atuação de equipamentos elétricos, os relés eletromecânicos (baseados no princípio do eletromagnetismo) são compostos por um eletroímã, uma armadura metálica, que possa ser atraída pelo campo magnético do eletroímã, uma mola e um conjunto de contatos elétricos, que serão atuados conforme a configuração do relé. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica, é originado um campo magnético, que

atrai a armadura mudando a posição dos contatos. Este componente é representado na figura 4.

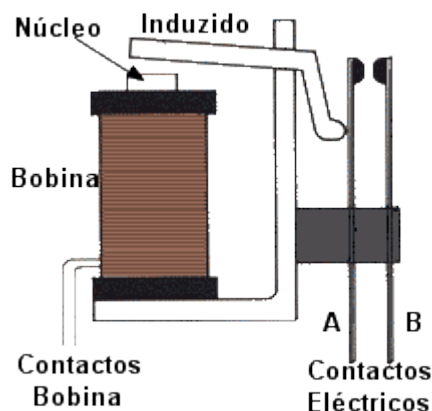


Figura 4 - Composição Relé.
Fonte: Adaptado Electronica-pt (2011).

A aplicação fundamental dos relés consistem em acionar cargas de relativamente altas correntes e tensões como por exemplo em $127 V_{CA}$ através de comandos de baixa tensão como por exemplo $24 V_{CC}$ da saída do CLP. Não há corrente elétrica entre o circuito da carga e o circuito de comando e dessa forma há uma razoável proteção para o sistema de comando.

2.2.2 Painel elétrico

São caixas metálicas convenientemente construídas para abrigar equipamentos de seccionamento, proteção, comando, sinalização, instrumentos de medida ou outros dispositivos destinados ao controle e supervisão da instalação (MAMEDE FILHO, 2007). São normatizados quanto às temperaturas de trabalho, propriedades dielétricas, curtos-circuitos, grau de proteção e funcionamento mecânico.

Toda a confecção do painel elétrico está descrito no diagrama elétrico, com suas dimensões, características e equipamentos, além de todas as fiações.

2.2.3 Transdutor de corrente

Os transdutores exercem um papel imprescindível no campo da medição e controle. São usados em conjunto com instrumentos convencionais de bobina de ferro móvel e registradores, e permitem fornecer dados local ou remotamente. São

equipamentos capazes de converter medidas elétricas em valores proporcionais de tensão e corrente.

Os transdutores podem ser dotados de saídas de tensão, corrente e, alternativamente, de saídas seriais. Os transdutores de saída de tensão possibilitam algumas aplicações em que os dispositivos de recepção necessitam de uma entrada de tensão real; porém, desvantajosamente, requer um determinado consumo de corrente, o que pode introduzir alguma imprecisão na medida. Já os transdutores de saída de corrente compensam automaticamente as variações de resistência dos condutores que conduzem o sinal, eliminando basicamente a imprecisão da medida, o que resulta na maior aplicação desses equipamentos.

Os transdutores fornecem um sinal analógico em corrente contínua proporcional à função de entrada que está sendo medida. Devem ser instalados próximo ao instrumento cuja grandeza elétrica se quer medir. Depois da conversão dessa grandeza elétrica, o sinal é enviado, através de condutores de cobre apropriados, a um ponto remoto para fins de medição e/ou de processamento (MAMEDE FILHO, 2007), por exemplo, um CLP para monitoramento ou controle de algum processo.

2.2.4 Equipamento de Proteção Antiestático

A Descarga Eletrostática (do inglês *Electro Static Discharge - ESD*) define-se como a transferência de energia entre dois corpos carregados com potenciais diferentes causados por contato direto ou induzida por um campo eletrostático, assim com o desequilíbrio do número de elétrons é gerado um campo eletrostático que possibilita a descarga eletrostática. Isto quer dizer que a ESD é frequentemente causada pelo contato das pessoas com algumas superfícies, é por esse motivo que são usados os equipamentos de proteção antiestático para quem trabalha em contato com dispositivos eletrônicos, para que por meio destes seja descarregada a diferença de potencial para a terra.

Alguns exemplos de equipamentos de proteção contra ESD: pulseiras, calcanheira, luvas, avental e manta eletrostática. A descarga eletrostática aumenta quando ocorre baixa umidade relativa do ar, manuseio errado de materiais sintéticos e quando há atrito entre duas superfícies ou materiais (Ex.: atrito de um carro em movimento com o ar). Uma pulseira antiestática pode ser observada na figura 5.



Figura 5 - Pulseira Antiestática.

Fonte: Adaptado de Consultoria em Informática (2010).

2.2.5 Transformadores

O objetivo principal de um transformador é transmitir energia elétrica de um circuito a outro transformando a tensão. Sua estrutura é composta por um núcleo formado por chapas de aço-silício isolados por uma resina, justapostas e pressionadas. Envolvendo o núcleo se encontram os enrolamentos do primário e do secundário.

São dispositivos que funcionam por indução de corrente de acordo com os princípios do eletromagnetismo descrita na Lei de Faraday-Lenz. Seguindo a fórmula abaixo é possível estabelecer a relação para um desejado transformador:

$U_1 / U_2 = N_1 / N_2 = I_1 / I_2$, onde:

U_1 = Tensão do enrolamento primário

U_2 = Tensão do enrolamento secundário

N_1 = Espiras do enrolamento primário

N_2 = Espiras do enrolamento secundário

I_1 = Corrente do enrolamento primário

I_2 = Corrente do enrolamento secundário

A construção básica de um transformador é apresentada na figura 6

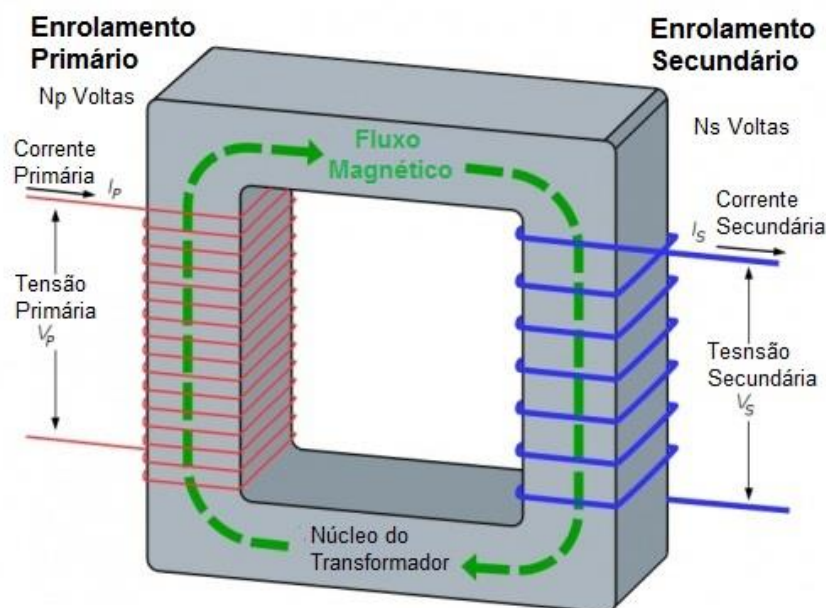


Figura 6 - Funcionamento Transformador.
Fonte: Adaptado de Tech-faq (2013).

2.3 ELEMENTOS CONTROLADORES

2.3.1 Hardware

O controlador lógico programável (CLP) é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como um equipamento digital com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais. Um pouco mais detalhado, segundo a *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) o CLP é um equipamento eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Basicamente os principais componentes de um CLP, estão representados na figura 7, sendo descritas abaixo:

Unidade Central de Processamento (CPU): é o cérebro do controlador programável. A CPU lê os sinais de entrada, processa todo o programa, e controla as saídas. Além das funções de execução do programa, a CPU fornece memórias internas, temporizadores, contadores e várias outras funções especiais, chamadas de “blocos”. É possível diagnosticar erros através dos leds de indicação e também

através de um computador programador fazer diagnósticos mais detalhados, bem como fazer a lógica de instrução do programa de controle.

Módulos de Comunicação (CP): são responsáveis por fazer a comunicação entre homem-máquina ou máquina-máquina. Através desses módulos é possível realizar o monitoramento e controle das funções das máquinas e etapas do processo. É possível conectar vários tipos de meios físicos a esses módulos, bem como diferentes tipos de protocolos.

Módulos de Entrada e Saída (I/Os): são módulos de sinais de entradas e saídas físicos. Essas entradas e saídas podem ser digitais, elementos discretos sinal 0 ou 1 (verdadeiro ou falso), ou analógicas, elementos variáveis entre valores conhecidos de tensão ou corrente.



Figura 7 - Fotografias de partes do Hardware de CLP Siemens.
Fonte: Adaptado Siemens S7-1200 (2013).

2.3.2 Software de Programação Siemens

O *software* de programação de CLP Siemens *Totally Integrated Automation Portal v10.5* (TIA Portal v10.5) é uma ferramenta para desenvolvimento de lógicas de controle para a família S7-1200, além da possibilidade de integrar o CLP com uma *interface* com o usuário final por meio de uma IHM. É um *software* com um novo conceito “Plataforma Centralizada de Engenharia”, integrando diversas ferramentas de desenvolvimento Siemens na área de automação industrial, como controle (CLP’s), *interfaces* (IHM’s e supervisórios), drivers de controle para motores, segurança (Ex: NR-12) e configuração de redes industriais. Tem como prioridade facilitar a engenharia de integração entre as áreas de automação, como representado na figura 8.

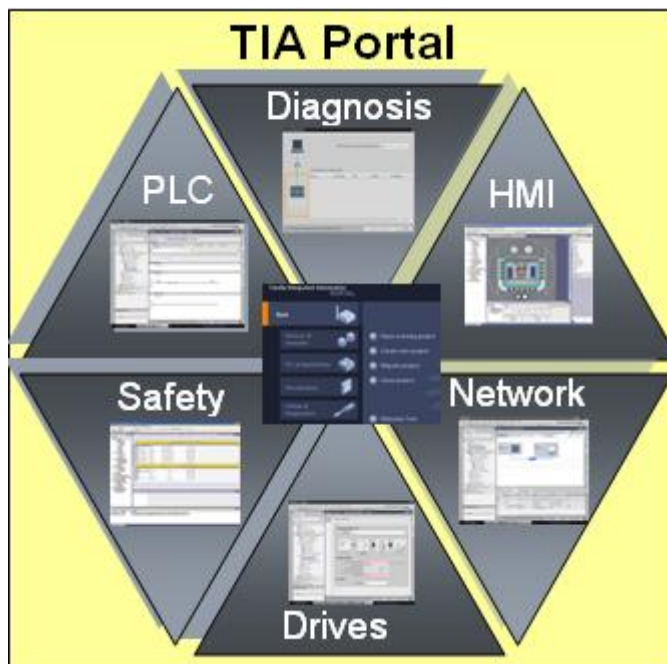


Figura 8 - Elementos TIA Portal.

Fonte: Adaptado Automation Siemens Totally Integrated Automation (2013).

2.3.3 Linguagem de Programação *Ladder*

Mesmo tendo sido a primeira linguagem destinada especificamente à programação de CLPs, a Linguagem *Ladder* mantém-se ainda como a mais utilizada, estando presente praticamente em todos os CLPs disponíveis no mercado (GEORGINI, 2003). Mesmo em ferramentas de desenvolvimento de *software* para CLP mais atuais, com a possibilidade de escolher entre diversas linguagens (STL, SCL, FDB), o *Ladder* é o que melhor se aplica em quase todos os tipos de soluções, pela sua facilidade de entendimento, já que é visual, como mostrado na figura 9.

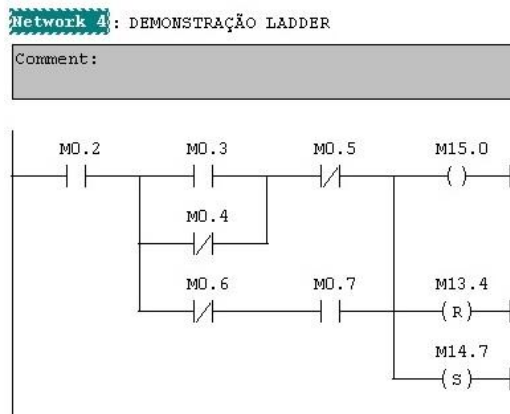


Figura 9 - Linguagem de programação *Ladder*.

Fonte: Autoria própria.

Permite programar desde funções binárias até funções matemáticas complexas. A sua representação originou-se dos diagramas elétricos em *ladder* (escada), cujo princípio provém da lógica de relés e contatos (CASTRUCCI; MORAES, 2007). Dependendo da ferramenta utilizada, a programação é facilitada por meio de blocos prontos, mas todas permitem fazer a mesma lógica, umas mais flexíveis que as outras.

2.3.4 Estrutura grafcet

Um Grafcet é um modelo de representação gráfica do comportamento da parte de comando de um sistema automatizado. Ele é constituído por uma simbologia gráfica com arcos orientados que interligam etapas e transições por uma interpretação das variáveis de entrada e saída da parte de comandos caracterizados como receptividades e ações; e por regras de evolução que definem formalmente o comportamento dinâmico dos elementos comandados. Uma compreensão clara do significado de cada uma dessas representações é imprescindível a fim de se implementar o controle sequencial em CLP (SILVEIRA, 2002). Aplicando-se esse conceito pode-se desenvolver facilmente um programa em *ladder* para um CLP, deixando-o cíclico para que tudo aconteça de forma automática.

Um Grafcet é composto de três elementos: etapa, transição e ação, conforme mostrado na figura 10.

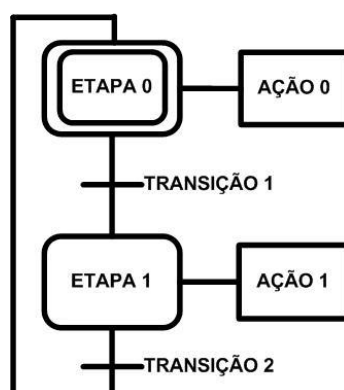


Figura 10 - Representação do Grafcet e suas etapas.
Fonte: Autoria própria.

→Etapas: representa o estado parcial do sistema, onde é executada uma ação. Também é possível fazer diagnósticos de algum problema na sequência de processo, dependendo da aplicação.

→ Ação: somente é realizada se a etapa estiver ativa, ou seja, nunca será executada enquanto não se satisfizerem as condições da etapa.

→ Transição: integra a etapa anterior com a etapa seguinte por meio de uma condição, que quando satisfeita, ativa a etapa para executar a ação.

2.4 SISTEMAS SUPERVISÓRIO

Sistemas Supervisório são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo. Estas são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de registro histórico (CASTRUCCI; MORAES, 2007). Em outras palavras, os sistemas de supervisão são a *interface* entre o controlador e o operador, permitindo a inserção de parâmetros e visualização do processo, atendendo às necessidades à operação, como gráficos e alarmes, com telas gráficas que simulam aproximadamente o espaço físico do chão de fábrica.

Coletando os dados do controlador ou de equipamentos que possuam algum tipo de comunicação protocolada, é possível visualizar toda a instalação física, além do processo. Tem como objetivo auxiliar a manutenção com diagnósticos de erro, alarme e eventos do processo. Atualmente é muito utilizado para cálculos complexos de OEE (*Overall equipment effectiveness* - Eficácia global do equipamento) complementando o sistema de PCP (Processo e Controle da Produção) de uma corporação. Também tem o intuito de expor os dados de uma forma mais clara para um sistema mais alto nível como MES (*Manufacturing Execution System*), SAP e ERP (*Enterprise Resource Planning* - Sistemas Integrados de Gestão Empresarial), representado na figura 11, a fim de ter um registro histórico de rápido acesso e controle em tempo real de toda a manufatura de uma determinada empresa.



Figura 11 - Pirâmide Automação.
 Fonte: Adaptado de Coelho (2009, p.3).

2.4.1 IHM (*Interface Homem-Máquina*)

São sistemas normalmente utilizados em automação no chão de fábrica, geralmente caracterizado por um ambiente agressivo. Algumas IHMs modernas têm incorporado às suas características-padrão a capacidade para o gerenciamento de uma quantidade maior de variáveis. Assim, ela está normalmente próxima à linha de produção, instalada na estação de trabalho, traduzindo os sinais vindos do CLP para sinais gráficos de fácil entendimento (CASTRUCCI; MORAES, 2007). Correspondem a uma *interface* a um processo completo de uma máquina ou estação de trabalho.

Existem diversos fabricantes de IHM's, como pode ser observado na figura 12, que usam uma ferramenta proprietária de programação, variando o tamanho entre 4" a 15", com *touch screen* ou com botões auxiliares, com *interfaces* monocromáticas ou coloridas, e com diversas *interfaces* de comunicação. Facilitam o diagnóstico local do equipamento ao qual a IHM está conectada, dificilmente contemplam funções mais complexas, como relatórios ou comunicações com mais de uma *interface* física ou diferentes protocolos ao mesmo tempo. Normalmente possuem um sistema operacional embarcado para facilitar a sua parametrização.



Figura 12 - Tipos de IHM's.
Fonte: Adaptado Automation Siemens.

2.4.2 Receitas

Um recurso interessante disponível nas IHM é o armazenamento de conjuntos de *setpoints*, gravados em arquivo, que ao serem enviados ao controlador, definem as diversas parametrizações do sistema, ou receitas de produção. Assim, torna-se possível, por exemplo, alterar rapidamente a produção de um determinado tipo de peça para um outro tipo, ao simples enviar de um único comando por parte do operador (SILVEIRA, 2002).

O uso de receita pode ser usado tanto em uma IHM como em um CLP, depende de sua aplicação. Integrando-se esse recurso com um código de barras, por exemplo, o *setup* de um determinado processo pode ser automático, dando mais agilidade a esse procedimento que algumas vezes pode ser o gargalo de uma linha de produção.

Em alguns modelos de IHM's existe um recurso pronto de parametrização da receita, mostrado na figura 13, facilitando sua engenharia e a *interface* com o usuário.

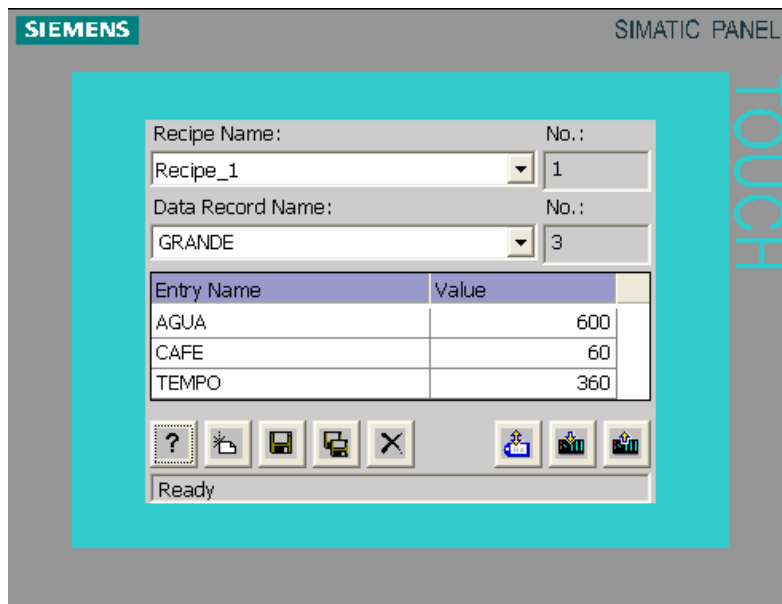


Figura 13 - Exemplo tela de receitas.
Fonte: Autoria própria.

3 GIGA DE TESTE

Uma giga de teste, também conhecida como bancada de teste, é um modelo de dispositivo bastante utilizado na indústria para verificar o funcionamento de um produto sobre um determinado aspecto. Muitas vezes são utilizados para fazer testes de *stress*, ou seja, examinar o produto em condições extremas de tensão elétrica, corrente elétrica, temperatura, pressão, vibração, velocidade, torque, ruído entre outras a fim de verificar que ele atende as especificações de vida útil esperada. A figura 14 a seguir representa a Giga de Teste sem os produtos a serem testados.

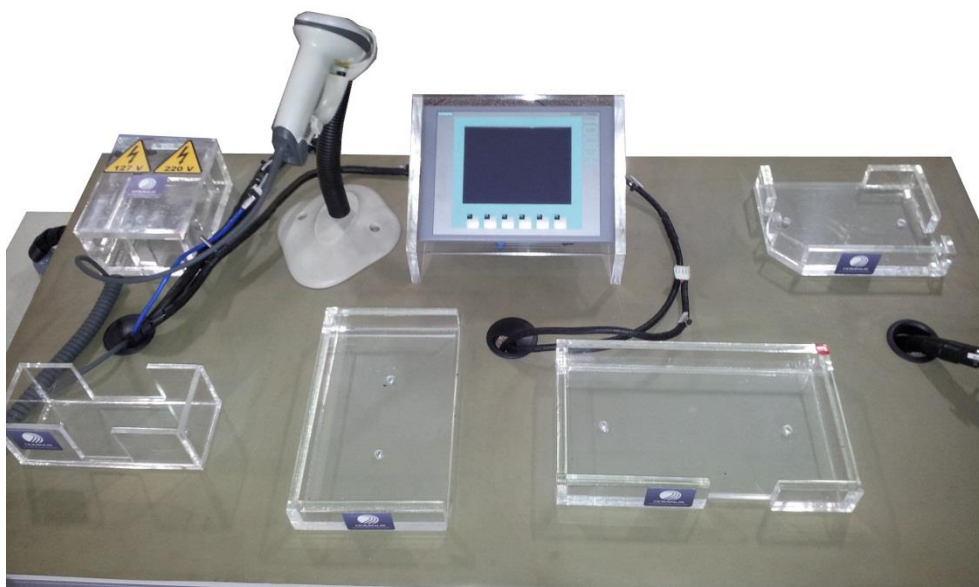


Figura 14 - Fotografia da Giga de teste desenvolvida.
Fonte: Autoria própria.

Pode acontecer do projeto da giga de teste ser desencorajado devido a complexidade em se programar os testes, as medições e a geração de relatórios, pois esta automação pode ser complexa. Dependendo do nível de precisão dos testes que se deseja realizar somados ao ciclo de vida dos produtos cada vez menor e ao *time-to-market* reduzido, os projetos de bancadas de testes acabam sendo inviabilizado. Além disso, sua programação exige conhecimentos específicos em tecnologias e linguagens de programação que envolve integração de *hardware*, condicionamento de sinais e outros complicadores.

3.1 ESTRUTURA MECÂNICA

Primeiramente foi pensada numa estrutura mecânica, capaz de englobar todos os módulos a serem testados, juntamente com toda estrutura elétrica.

Com base nas ideias iniciais sobre a estrutura necessária e nas dimensões especificadas foram elaborados alguns esboços da parte mecânica. Onde surgiram várias conclusões, como posicionamento das cargas, IHM e dos suportes onde as placas são postas durante os testes.

3.1.1 Mesa

A mesa foi projetada utilizando o *software* Solid Works. O desenho da mesa é mostrado na figura 15. O desenho mecânico foi exportado com as cotas da mesa e enviado para uma empresa terceira fabricar.

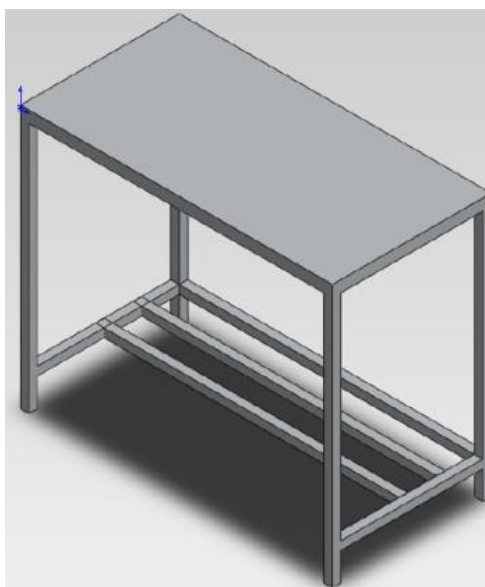


Figura 15 - Mesa.
Fonte: Autoria própria.

A estrutura da mesa foi feita com perfis de alumínio KANYA 30x30mm B02-2 anodizados, conectores universais B20-90, pés de nivelamento, tampo de MDF formiga com revestimento bege, e porcas M6 para fixação do tampo.

Uma informação importantíssima do fornecedor foi a instalação de uma barra extra fixada transversalmente para garantir uma ótima estabilidade. No apêndice A pode-se conferir o desenho mecânico final.

3.1.2 Suporte Acrílico

Os suportes onde os módulos são fixados para execução dos testes foram confeccionados em acrílico com 10mm de espessura por uma empresa terceira especializada no trabalho com esse material. A figura 16 mostra um desses suportes pronto.



Figura 16 - Suporte acrílico placa PCR.
Fonte: Autoria própria.

Esses suportes também foram projetados utilizando o *software* Solid Works. Cada suporte foi projeto especificamente para cada módulo com o objetivo de fixar de uma maneira fácil e prática o módulo à bancada. Porém alguns desenhos não se adequaram na prática, como pode ser visto na figura 17, e com a ajuda da empresa terceira foram feitas adaptações para os suportes.

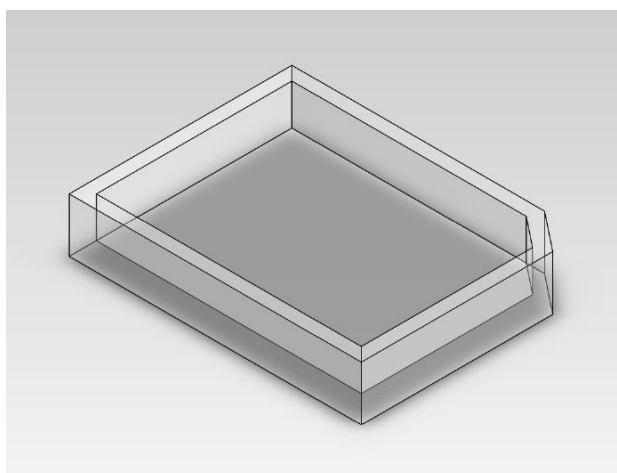


Figura 17 - Desenho prévio do suporte para placa PCR.
Fonte: Autoria própria.

O apêndice B apresenta o desenho mecânico das peça de acrílico usado como suporte para IHM.

Os suportes foram fixados à mesa com parafusos como pode ser visualizado na figura 18.



Figura 18 - Mesa com todos os suportes de acrílico fixados.
Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Painel elétrico

Com a ajuda de uma empresa terceira foi confeccionado um painel elétrico TTA/PTTA montado de acordo com a norma IEC 60 439-1 e as exigências da norma regulamentadora NBR5410, com grau de proteção IP54 e pintura RAL 7032. A fiação utilizada contém as seguintes características: identificação Exec. III, temperatura de trabalho normal(40°C), tensão de isolamento norma (600V). O barramento é identificado com fitas, com isolamento parcial e conexão prateada.

O painel foi acoplado na lateral esquerda da mesa, preso à estrutura de alumínio por parafusos e sustentado por pés de nivelamento, pode ser observado na figura 19. O unifilar geral do painel elétrico está apresentado no apêndice C.



Figura 19 - Fotografia do painel elétrico aberto.
Fonte: Autoria própria.

O painel é composto por 3 disjuntores bipolares modelo 5SX1 da Siemens para corrente nominal de 6 amperes, como o da figura 20.



Figura 20 - Disjuntor bipolar Siemens.
Fonte: Adpatado de Siemens.

Também estão no painel 3 tomadas convencionais 220VAC, 14 soquetes para rele com bobina 220VAC da Finder para chaveamento das entradas digitais do CLP iguais ao da figura 21, 28 soquetes para rele com bobina 24VDC para chaveamento das saídas do CLP. E mais 12 bornes simples para barramentos de fase e neutro e 42 bornes duplos para ligações com os reles. Os demais dispositivos que compõem o painel são descritos ao longo do trabalho.



Figura 21 - Soquete para rele.
Fonte: Autoria própria.

3.2 CLP E ACESSORIOS

Por ser um equipamento amplamente utilizado na área da automação industrial e por possuir recursos extras e robustez, o CLP foi utilizado para fazer o controle central da giga de teste. Todos os testes das placas passam de alguma forma por seu programa de controle. Ele também é responsável pelo gerenciamento e controle das telas de supervisão IHM.

3.2.1 *Hardware*

Para o projeto foi escolhido o CLP SIMATIC S7-1200 da marca Siemens.

Em comparação com seu antecessor, o SIMATIC S7-200, o micro CLP S7-1200 tem um processador mais rápido, a velocidade de execução de operações booleanas no S7-1200 é de 0,1 micro segundos por instrução enquanto no S7-200 é de 0,22 micro segundos por instrução, e com mais memória, o S7-1200 tem até 2MB de memória de armazenamento, 20 vezes mais, e até 50KB de memória de trabalho, o dobro, em relação ao S7-200.. O Micro CLP SIMATIC S7-1200 (controlador lógico programável) é um controlador modular para aplicações compactas na gama de desempenho mais baixo.

O controlador S7-1200 fornece a flexibilidade e poder de controlar uma grande variedade de equipamentos atendendo suas necessidades de automação. O CLP S7-1200 combina um microprocessador, uma fonte de alimentação integrada, entradas e saídas de circuitos, conexão PROFINET, alta velocidade de *motion control* de I/O, e entradas analógicas integradas, este conjunto está representado na figura 22. Para tarefas tecnológicas exigentes, existem já integradas, como padrão, funções de contagem, medição, controle de ciclo-fechado e *motion control*. A CPU contém um sistema suficiente para monitorar e controlar os dispositivos em sua aplicação. A CPU fornece uma porta PROFINET para comunicação através de uma rede ethernet. Os módulos adicionais estão disponíveis para comunicar através de redes PROFIBUS, GPRS, RS485 ou RS232.

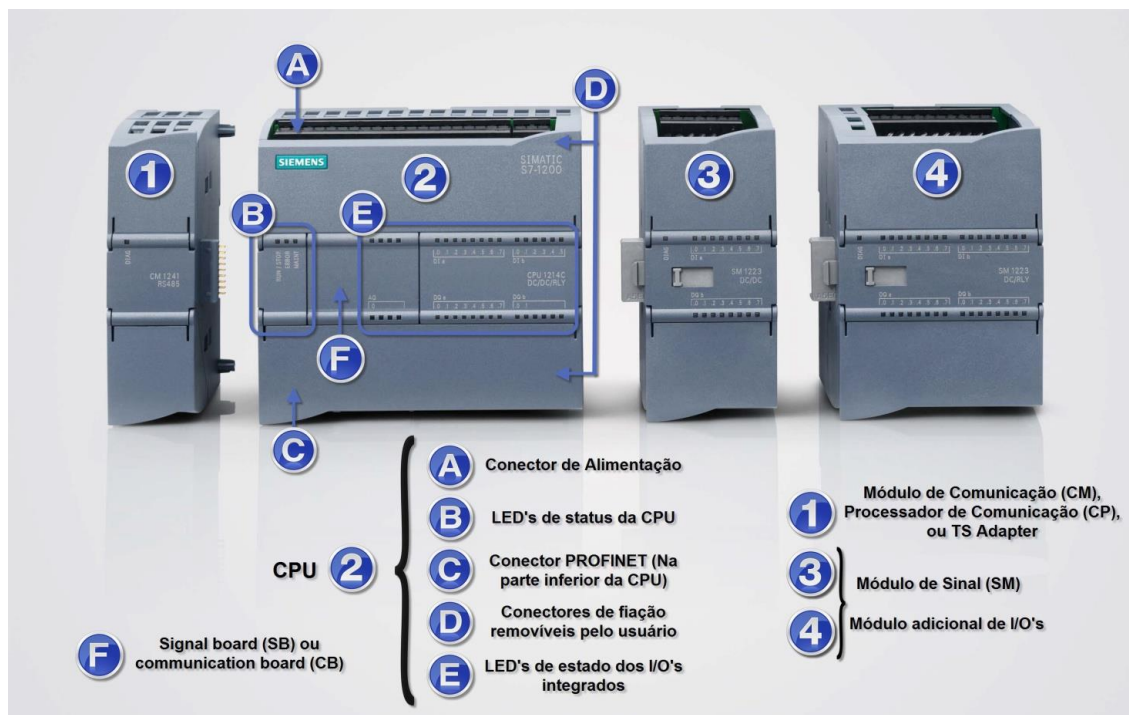


Figura 22 - CLP Simatic S7-1200 e alguns módulos.
 Fonte: Adaptado Siemens S7-1200 (2013).

A família S7-1200 dispõe de vários módulos e placas plug-in para expandir a capacidade da CPU com I/O's adicionais ou outros protocolos de comunicação.

Uma *Signal Board* (SB) fornece I/O's adicionais para integrar à CPU. O SB é conectado na parte da frente da CPU, indicado pela letra F na figura acima.

A *Communication Board* (CB) adiciona outra porta de comunicação para CPU.

Os Módulos de Sinal (SM) servem para adicionar funcionalidades para a CPU. Os tipos de SM são: I/O's Digitais, I/O's Analógicos, RTD e *Thermocouple*. Indicados pelos números 3 e 4 na figura acima.

Módulos de Comunicação (CM) e Processadores de Comunicação (CP) adicionam opções de comunicação para a CPU, como PROFIBUS ou RS232 / conectividade RS485 (para PtP, Modbus ou USS). A CP fornece capacidades para outros tipos de comunicação, tais como para ligar a CPU ao longo de uma rede GPRS. Esses modelos de cartão são indicados pelo número 1 na figura acima.

Na CPU SIMATIC S7-1200 os CM e CP se encaixam à esquerda da CPU e os módulos de I/O são inseridos à direita. A CPU suporta no máximo 3 cartões CM ou CP e até 8 cartões de I/O.

Entendeu-se que a CPU 1214 DC/DC/DC atenderia as necessidades do projeto. A seguir, na tabela 2, são mostradas algumas características desse modelo de CPU.

Tabela 2 - Características da CPU 1214C

Característica	CPU1214C
Tamanho Físico	110mmx100mmx75mm
Work Memory	50 Kbytes
Load Memory	2 Mbyte
Retentive Memory	2 Kbytes
I/O Digital Integrado	14 entradas e 10 saídas
I/O Analógico Integrado	2 entradas
Process Image (Input)	1024 bytes
Process Image (Output)	1024 bytes
Bit Memory (M)	8192 bytes

Fonte: Adaptada de Siemens AG et al. (2009, p. 99).

Foram necessários cartões adicionais ao *hardware* para atender a solução. A tabela 3 a seguir apresenta a lista completa do *hardware* utilizado para o projeto.

Tabela 3 - Detalhamento do *hardware* utilizado

EQUIPAMENTO	FAMÍLIA	MODELO	MLFB
CPU:	S7-1200	CPU 1214C DC/DC/DC	6ES7 214-1AE30-0XB0
CM:	RS232	CM 1241	6ES7 241-1AH30-0XB0
CM:	RS232	CM 1241	6ES7 241-1AH30-0XB0
SM:	I/O Analógico	SM 1223 DI16/DO16 x 24VDC	6ES7 223-1BL30-0XB0
SM:	I/O Digital	SM 1231 AI4	6ES7 231-4HD30-0XB0
SM:	I/O Digital	SM 1223 DI8/DO8 x 24VDC	6ES7 223-1BH30-0XB0
PS:	Fonte	PM 1207	6ES7 6EP1332-1SH71

Fonte: Autoria própria.

A figura 23 mostra o *hardware* utilizado.



Figura 23 - Fotografia do *Hardware* utilizado no projeto.
Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Eletrônica auxiliar para testes e EDC

Vários outros equipamentos elétricos e componentes eletrônicos foram usados no projeto. Abaixo estes acessórios estão listados com uma breve descrição de suas funções.

a) O leitor de código de barras da Motorola, modelo SYMBOL LS4208-SR20001ZZR, é um ótimo *scanner* de mão e de fácil configuração. Lê todos os tipos de códigos de barras de uma dimensão e sua comunicação é via serial. Este *scanner* tem a função de ler o código de barras estampado na placa, tanto para fazer o cadastro da receita da placa quando lido pela primeira vez, quanto para identificar qual o modelo de placa a ser testado. O *scanner* de código de barras é mostrado na figura 24.



Figura 24 - Leitor de código de barras.
Fonte: Autoria própria.

b) Foram utilizados dois estabilizadores no projeto. Um mais robusto da marca Luf-Lux, modelo RZI1000-6 com 1000VA de potência aparente, com o objetivo de garantir a saída de 220V independente da oscilação da rede elétrica. Primeiramente, um estabilizador de também 1000VA de potência, porém de outra marca, estava sendo utilizado, mas não tinha confiabilidade. Então se optou por substituir por esse produto, garantindo assim a segurança. Na figura 25 é possível visualizar o modelo do estabilizador da marca Luf-Lux.

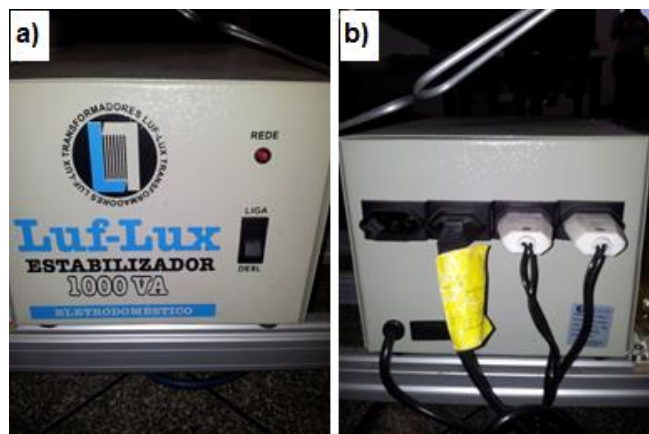


Figura 25 - Estabilizador Luf-Lux. a) Vista frontal e b) Vista posterior.
Fonte: Autoria própria.

O segundo estabilizador é da marca Forceline, modelo EVO III, e faz a função, na verdade, de transformar a tensão de 220V para 127V. Alguns dispositivos são alimentados com 127V, por isso se fez necessário as duas faixas de tensão. A seguir, a figura 26 apresenta o estabilizador da Forceline.



Figura 26 - Estabilizador Forceline. a) Vista frontal e b) Vista posterior.
Fonte: Autoria própria.

c) Uma empresa terceirizada foi contratada para confeccionar dois transformadores. Um deles transforma de 220V para 85V com potência nominal de 170 VA e o outro faz a transformação de 220V para 265V com potência nominal de 530 VA. Ambos possuem as mesmas características, com classe de isolamento Y (90°C) e classe de temperatura A. Os transformadores são fabricados com materiais orgânicos, tais como, papel hidrogeno e cadarço de algodão, além de fenolite e cobre esmaltado. Esses transformadores só são utilizados nos testes da PCR. A figura 27 mostra os transformadores acoplados à mesa.

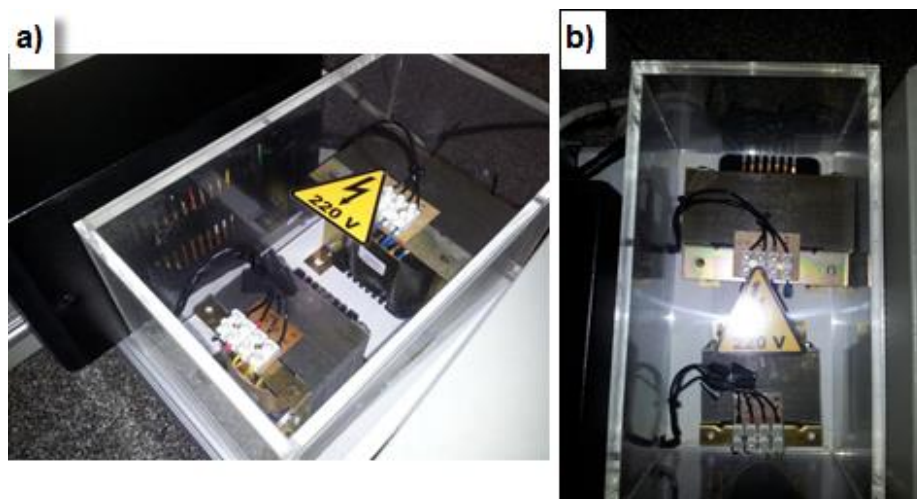


Figura 27 - Transformadores 220V-85V e 220V-265V. a) Vista isométrica e b) Vista superior.

Fonte: Autoria própria.

d) Os módulos PCR e PIR1 contém microcontroladores integrados em seus circuitos, os quais fazem a processamento e controle dessas placas. É com esses microcontroladores que o CLP troca mensagens para fazer toda a sequência de testes e realizar o diagnóstico de erros. Porém o código embarcado nesses microcontroladores é segredo industrial e com direitos protegidos pelo fabricante. Por esse motivo, é essencial o uso de um decodificador fornecido pelo fabricante, que chamamos aqui de EDC, para fazer essa intermediação na comunicação com os módulos. A figura 28 mostra o EDC utilizada no projeto.



Figura 28 - EDC decodificadora.

Fonte: Autoria própria.

e) Em um dos testes do módulo PCR foi preciso usar um transdutor de corrente para ajustar a resolução do sinal para que ficasse na escala correta da entrada analógica do CLP. O transdutor utilizado é o RMCA61BD da Schneider, por

ser um produto de fácil instalação e comum no mercado. A figura 29 mostra o transdutor que foi usado.



Figura 29 - Transdutor de corrente.
Fonte: Autoria própria.

f) Alguns resistores de $15\Omega/10W$ de potência foram usados para dissipar a alta potência que um dos testes da PCR apresentava. Um dos primeiros testes requeridos do módulo PCR exerce uma grande potência em relação aos demais componentes eletrônico. Por isso, foi preciso dissipar essa potência para não danificar outros acessórios inclusos no teste. A figura 30 mostra os resistores usados no projeto.



Figura 30 - Resistores de Potência.
Fonte: Autoria própria.

g) Foram usados oito potenciômetros de precisão de 0 a 100 Ohms, com resolução de 10 Ohms por volta. Os potenciômetros fazem parte do mesmo teste da

PCR que inclui os resistores de potência e o transdutor de corrente. A figura 31 apresenta um modelo de potenciômetro de precisão, e os suportes que guardam os potenciômetros dentro do painel.

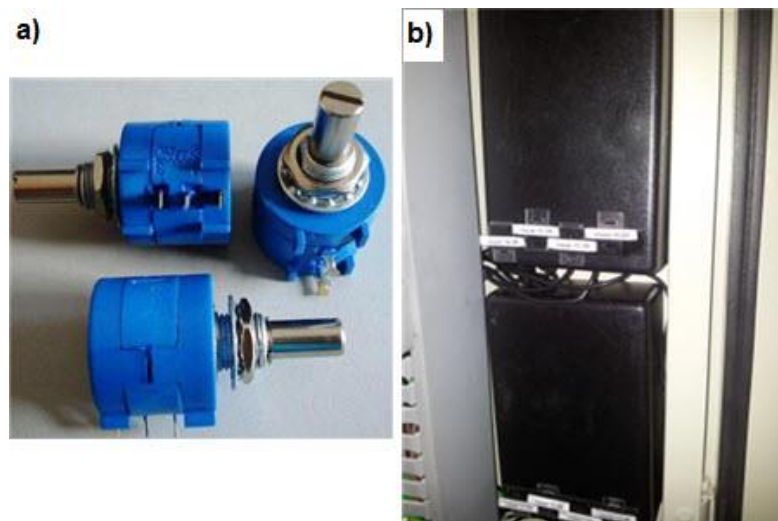


Figura 31 - Potenciômetro de precisão. a) Componentes b) Vista dos suportes no painel.

Fonte: Autoria própria.

h) Uma seccionadora da Kraus & Naimer, modelo KG20B, faz a função de ligar e desligar a Giga de teste. Esse equipamento é encontrado facilmente no mercado. Ela fica acoplada na lateral do painel, de frente para o operador. A figura 32 a seguir mostra a seccionadora.

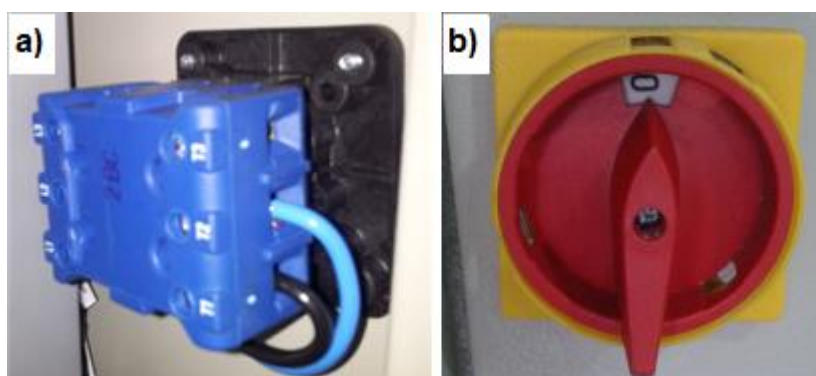


Figura 32 - Seccionadora Kraus & Naimer.

Fonte: Autoria própria.

i) Como quesito de segurança, uma pulseira antiestática foi instalada na bancada para evitar danos aos módulos eletrônicos. Uma manta antiestática também foi posta sob a mesa. A pulseira foi comprada em uma loja de eletrônica comum e pode ser conferida na figura 33.



Figura 33 - Pulseira antiestética.
Fonte: Autoria própria.

j) Foi instalado uma série de bornes elétricos, apresentado na figura 34, para facilitar a manutenção em caso de reparos nos chicotes da giga. Esses bornes foram fixados na barra de sustentação traseira da mesa, e eles fazem a ligação entre os chicotes de conectores dos módulos com os bornes internos do painel elétrico.



Figura 34 - Bornes Elétricos.
Fonte: Autoria própria.

3.3 VISAO GERAL DO SISTEMA

A figura 35 abaixo mostra a Giga de Teste completa, com a IHM no centro da bancada e os módulos eletrônicos sob os suportes, uma visão parcial das cargas de testes e dos acessórios da eletrônica auxiliar, parte do painel elétrico acoplado na lateral esquerda com o leitor de código de barras sob ele.



Figura 35 - Imagem geral do projeto após a integração.
Fonte: Autoria própria.

A figura 36 apresenta uma visão geral do sistema com suas formas de comunicação.

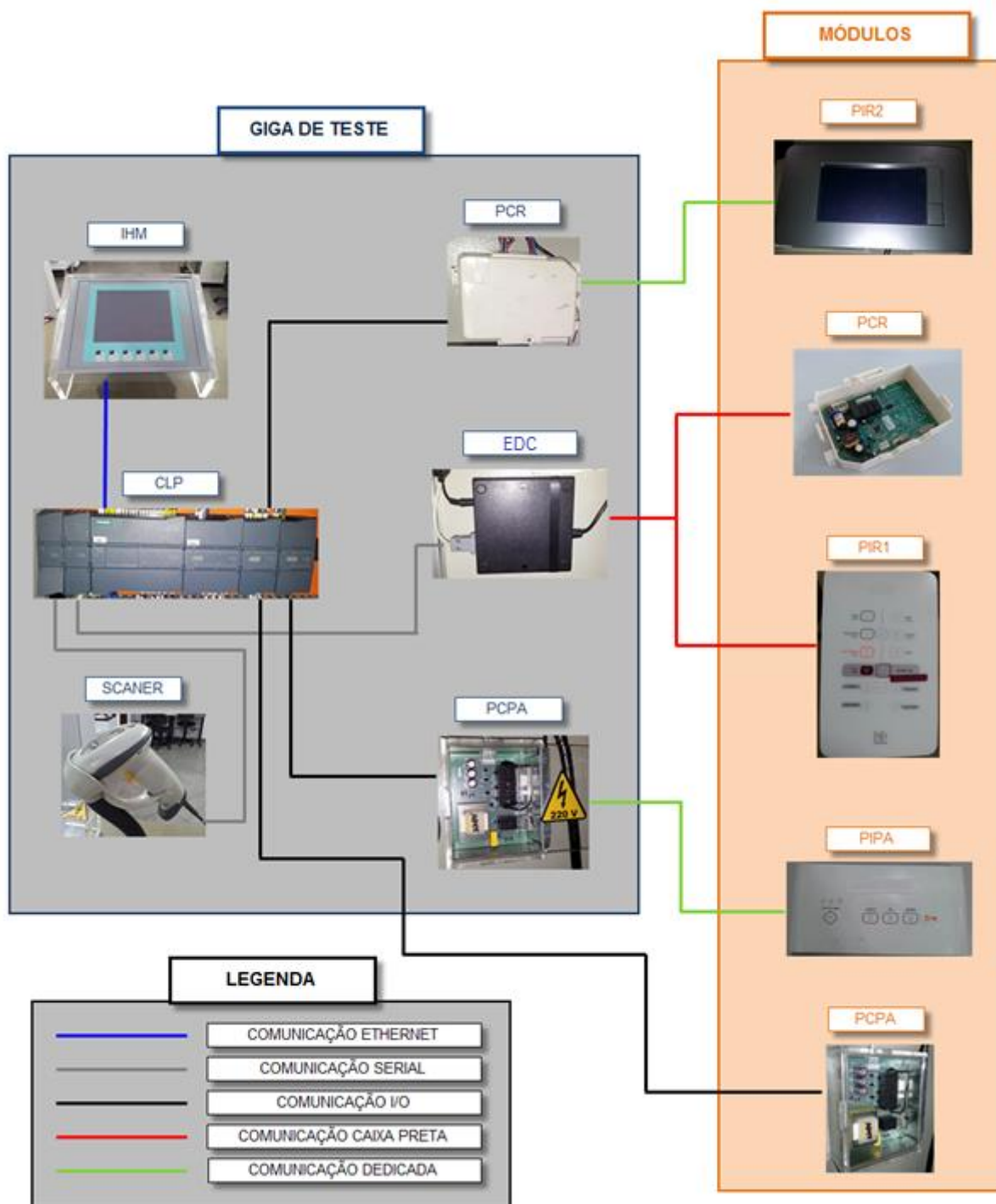


Figura 36 - Visão comunicação geral do sistema.
Fonte: Autoria própria.

3.3.1 Programação

O *software* TIA (*Totally Integrated Automation*) Portal V10.5 foi utilizado para programação de toda a solução, se tratando de CLP e a IHM. É um *software* com um novo conceito, chamado de “Plataforma Centralizada de Engenharia”.

O TIA Portal V10.5 proporciona um ambiente de desenvolvimento integrado com diversas ferramentas de engenharia, como o SIMATIC STEP 7 *Basic*, usado para programar e configurar o CLP e o SIMATIC WinCC *Basic*, utilizado para desenvolvimento de telas IHM.

Esse *software* apresenta uma diversificada biblioteca para diferentes necessidades na automação e têm uma consistente atualização automática de dados em todo o projeto. Ele auxilia em todo desenvolvimento da solução com benefícios que incluem: gerenciamento de dados comum, fácil manuseio de programas, fácil edição com interação do “arrasta-e-soltar” do mouse, fácil *download* para o dispositivo, diagnóstico, entre outros.

O TIA Portal V10.5 oferece duas visões diferentes do projeto: a primeira pode ser conferida na Figura 37, é um conjunto de tarefas orientadas por portais que são organizados de acordo com a funcionalidade das ferramentas (*Portal View*). O segundo tipo está detalhada na Figura 38 e é uma visão orientada para projetos com os elementos de dentro do projeto (*Project View*). Escolha qual vista lhe ajuda a trabalhar mais eficientemente. É possível alternar entre a visualização do *Portal View* e *Project View*.

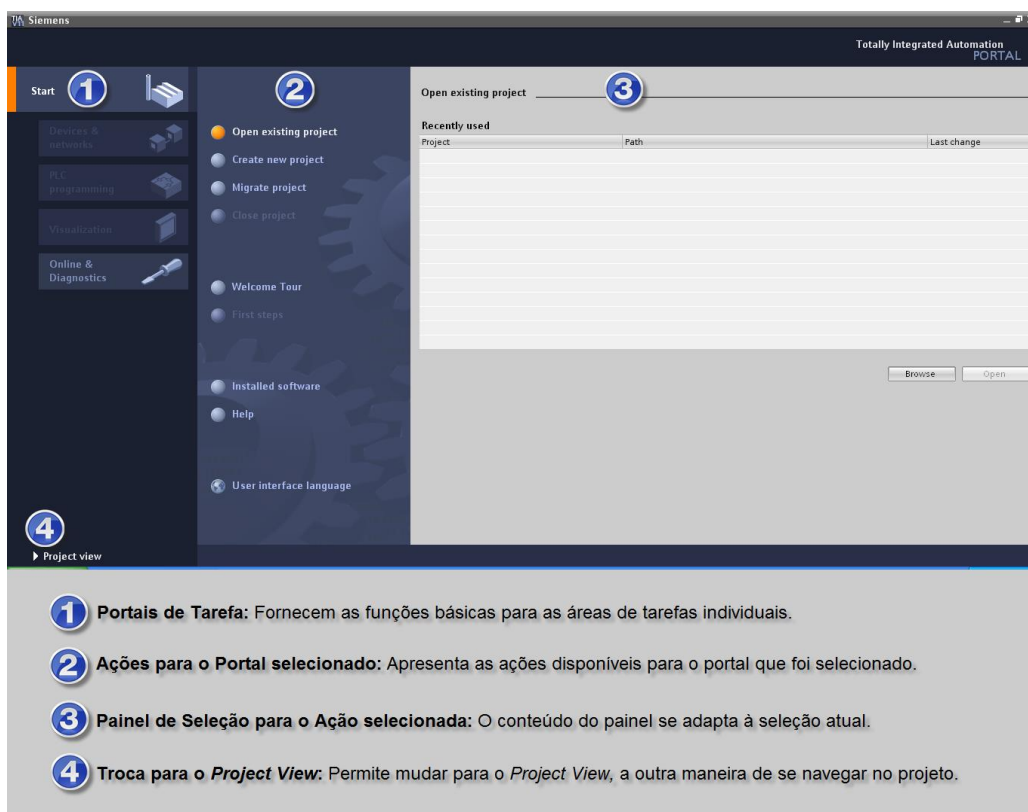


Figura 37 - *Portal View*.
Fonte: Autoria própria.

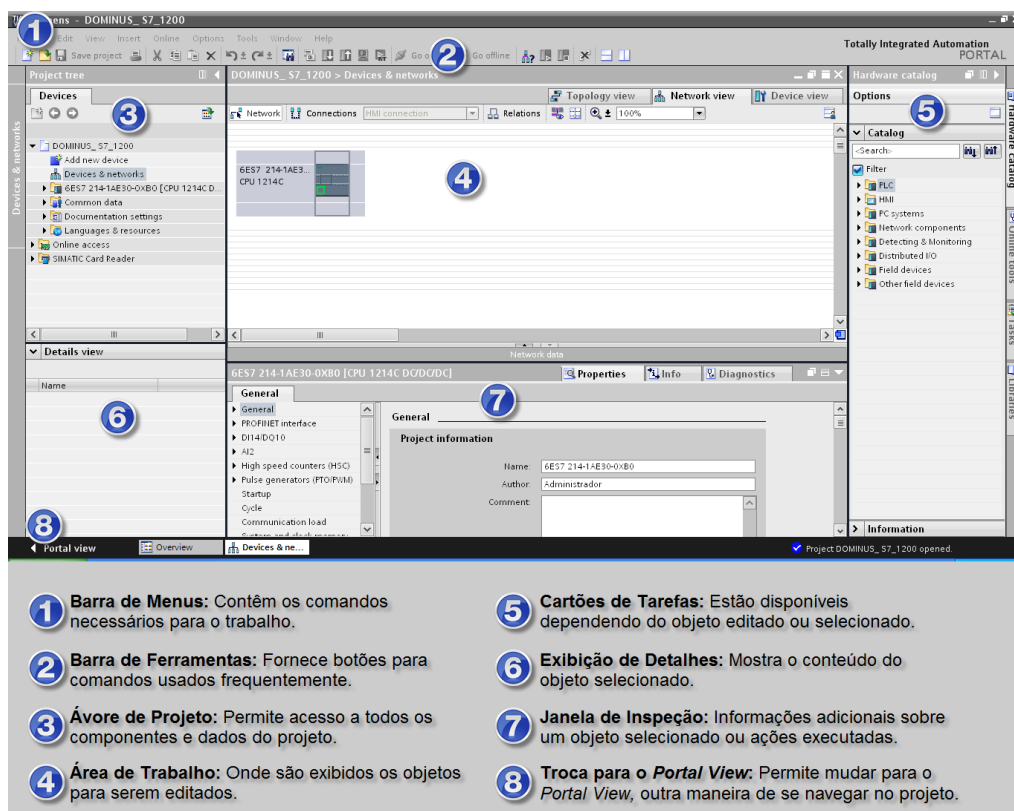


Figura 38 - Project View.

Fonte: Autoria própria.

O programa foi desenvolvido na linguagem *ladder* e estruturado a partir do fluxograma mostrado na Figura 39.

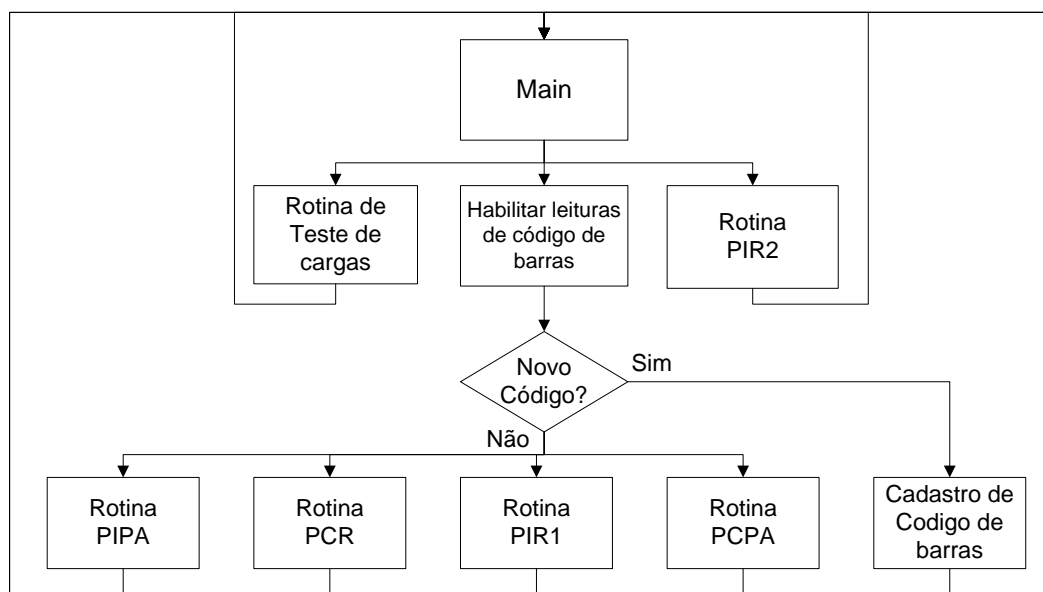


Figura 39 - Fluxograma da giga de teste.

Fonte: Autoria própria.

A estrutura do programa foi projetada para que somente uma rotina seja executada, deste modo a programação torna-se linear e mais fácil de ser compreendida. Como as rotinas de testes de placas são executadas uma de cada vez, não há problemas em projetar um programa de um modo linear.

A principal rotina chamada de "main" disponibiliza as possibilidades de testes, no qual sua seleção é efetuada através da IHM pelo operador.

A rotina de teste das cargas tem como objetivo testar periféricos utilizadas no teste da PCR. Deve-se escolher por meio da IHM qual das cargas se deseja averiguar. Os periféricos a serem testados são: Damper, Compressor, Resistência AC, Resistência DC, Descongelador, Ventilador, *Ice maker* e Bomba d'Água. O teste deve ser efetuado com uma PCR no local de teste da giga. Assim, a PCR será alimentada e entrará em modo de teste e acionará a carga requisitada.

A rotina de PIR2 será melhor descrita na seção 4.3 que abordará o procedimento de teste desta placa.

Caso seja habilitado a leitura de código de barras, ao ler o código de barras será verificado se é existente ou não. Se não existir este código de barras no banco de dados será realizado uma rotina de cadastro de modelo e código de barras. Na hipótese de um código existente será verificado qual modelo está cadastrado e prosseguirá para a rotina de teste.

A rotina de placa de teste da PCR, PIR1, PIPA e PCPA serão descritos detalhadamente respectivamente nas seções 4.1, 4.2, 4.4 e 4.5.

Como verificado no fluxograma, no final de cada rotina executada por completo ela retorna a função "main" que espera até que algum comando seja enviado.

Todas as rotinas e sub rotinas foram projetadas com 3 *networks* para cada etapa do projeto. Essas 3 *networks*, compõe uma lógica que facilita o entendimento do programa, são denominadas como maquinas de etapa, condição da etapa e execução das etapas.

Desta maneira a primeira *network* refere-se a troca de etapas, assim a próxima etapa será setada quando a etapa atual e a condição da atual estiverem ativos. E paralelamente a etapa atual é resetada como mostra a figura 40.

Por último existe a etapa de execução que na grande maioria deste projeto foi utilizado para o envio de mensagens nas placas processadas e na ativação de saídas do CLP como apresenta na figura 42.

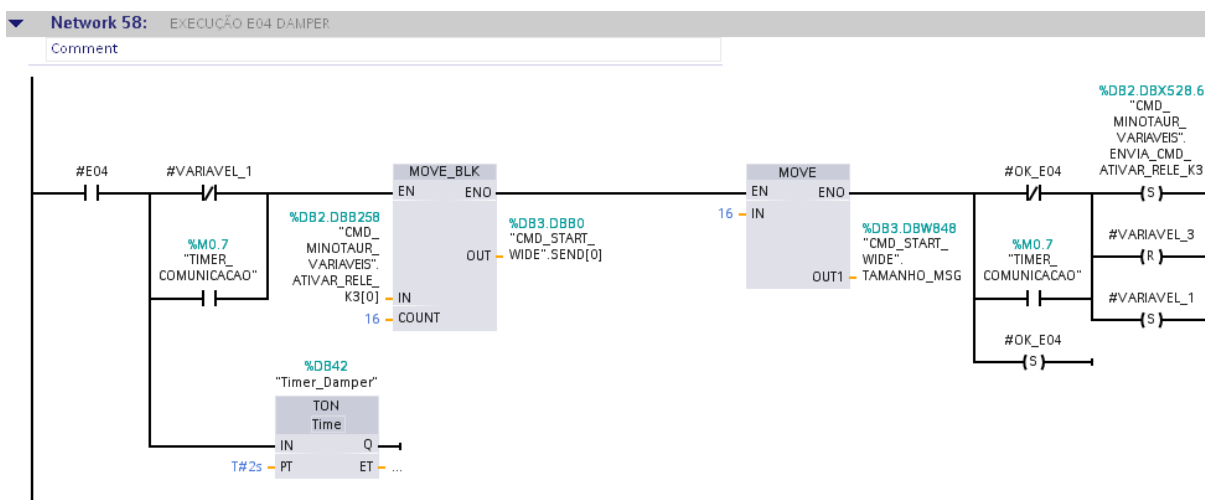


Figura 42 - Network de execução.
Fonte: Autoria própria.

3.3.2 IHM

O equipamento utilizado para essa *interface* é uma IHM da Siemens, modelo KTP600 mono, facilitando assim a comunicação entre o homem e o sistema. O sistema pode ser considerado semi-automático, pois a IHM aguarda a entrada de comandos, e a seleção do módulo de teste, porém o operador não precisa especificar comando durante a fase de testes, a IHM juntamente com o CLP será responsável por esse procedimento.

A IHM KTP600 mono possui uma tela *touch screen* de 6 polegadas contendo 4 tons na escala de cinza para representar graficamente processos. Além destes atributos a IHM contém 4 botões que podem ser configurados e atribuídos funções. A *interface* de comunicação é realizado por um porta TCP/IP que pode ser facilmente configurada pelo menu do sistema operacional.

A configuração e programação deste produto é realizado através do *software* da Siemens WinCC *flexible* ou pelo portal TIA. Nesta giga de teste o programa escolhido foi o TIA, pois além da programação da IHM é possível programar o CLP com o mesmo *software*. A estrutura do projeto foi realizado de tal maneira que a maior parte das *tags* IHM são relacionadas a *tags* do CLP para intertravamento de

telas e apresentação de dados. Deste modo, alguns botões são desabilitados enquanto são realizadas rotinas de testes para não ocasionar problemas ou burlar os procedimentos de rotinas.

3.3.3 Banco de dados

Neste projeto foi realizado um banco de dados que é utilizado para gerar informações de cadastro. Estas receitas armazenam 3 informações: O código de barras, o modelo da placa e informações para testes. O fluxograma desta rotina de cadastro pode ser observado na figura 43.

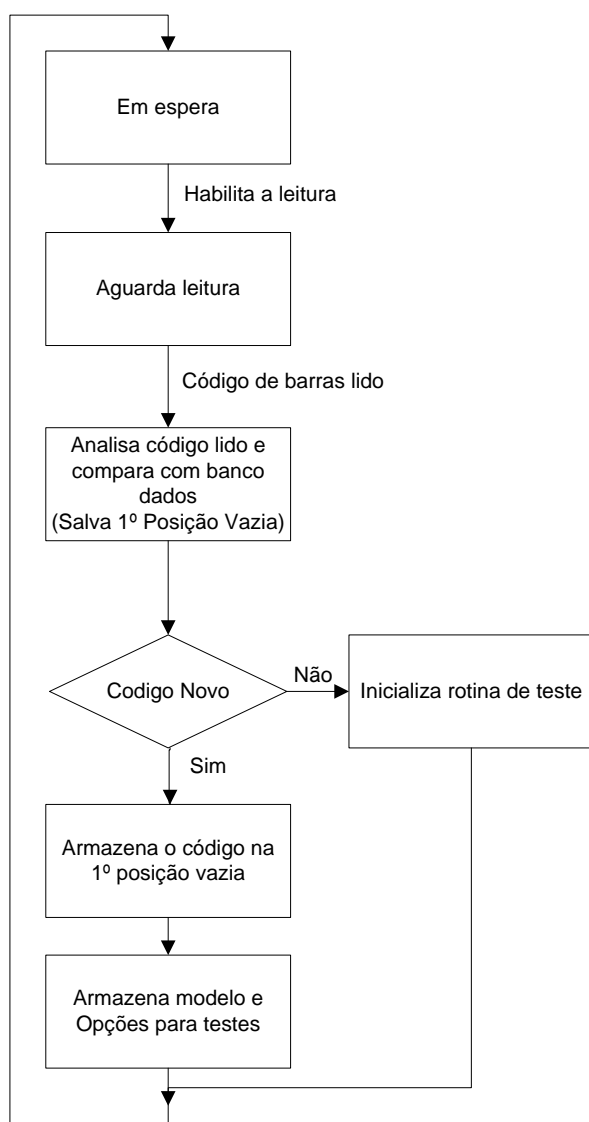


Figura 43 - Fluxograma do código de barras.
Fonte: Autoria própria.

A receita, trata-se do cadastro das informações de parâmetros para cada placa, sendo projetada para armazenar somente 12 dígitos do código de barras, pois a diferenciação de cada placa é realizada nos primeiros 12 dígitos. Deste modo, se o código de barras possuir 13 ou mais dígitos será conservado somente os primeiros 12 dígitos. Cada dígito foi armazenado em uma variável do tipo char, portanto a leitura de um caractere é tratado como um elemento da tabela ASCII. Por exemplo, o numero "2" é armazenado com o valor de 50 em decimal, pois o caractere "2" corresponde a 50 na tabela ASCII.

O modelo da placa foi armazenada em uma variável do tipo *byte* e os valores válidos variam entre 1 e 4, sendo "PIPA", "PCPA", "PIR1" e "PCR" correspondendo respectivamente a 1, 2, 3 e 4. Além destes 4 modelos existe a "PIR2", contudo não há identificação de código de barras para este modelo e a rotina de teste é diferenciada se comparada com as outras.

Por último, cada placa terá informações específicas sendo armazenadas em *bits*, estas informações são opções utilizadas nas rotinas de teste, como por exemplo: tensão de alimentação dos circuitos, elementos a serem testado, e outros.

4 ROTINAS DE TESTE DAS PLACAS

Para ser realizado testes com placas microcontroladas que possuem comunicação como a PCR e PIR1 é necessário o equipamento que converte dados enviados pelo CLP para a linguagem do microcontrolador. Este equipamento é denominado como EDC, para que a comunicação seja estabelecida de forma adequada é necessário a configuração da EDC para cada modelo de placa. Os parâmetros utilizados na configuração totalizam-se em 6, sendo: Set data, Set Filter, EDC Address, Node Address, Poll list, Arbitrer mode. As placas sem microcontrolador ou que dispensam comunicação com o CLP não exigem a configuração do EDC.

As mensagens de configuração enviadas para o EDC são estruturadas contendo: cabeçalho (2 *bytes*), o comando a ser enviado (1 *byte*), o tamanho da informação (1 *byte*), a informação (variável) e paridade (2 *bytes*). Já mensagens de comando para as placas testadas são formadas da seguinte maneira: cabeçalho (3 *bytes*), comprimento do comando e da identificação (1 *byte*), identificação do endereço (1 *byte*), comprimento do *byte* de comando (1 *byte*), comando (variável) e paridade (2 *bytes*).

Caso haja erro durante o teste, todas as rotinas de teste terminam em uma representação gráfica que demonstram quais componentes apresentaram defeitos que será mostrado na seção 4.6 IHM.

Quanto a rotina de teste será descrito qual é a ordem de teste, resultados esperados para cada placa, critérios de falhas, explanação de eventos e *hardware* utilizado para acionamentos.

4.1 PCR

O módulo PCR, apresentado na figura 44, é utilizado como uma placa de potência para o acionamentos de dispositivos dos módulos PIR1 e PIR2. Atualmente existem dois modelos diferentes do circuito PCR: low e mid. Sendo o modelo low projetado para comunicar-se com a PIR1. Enquanto a mid interage com a *interface* PIR2. Outra diferença é que o modelo low não possui acionamentos de corrente contínua e possui somente uma entrada de corrente alternada.



Figura 44 - Placa de Controle de Refrigeração PCR.
Fonte: Autoria própria.

Para realizar testes com este módulo é necessário a utilização do EDC, deste modo a configuração do EDC é imprescindível. Após a configuração não é preciso reconfigurar um teste subsequente de um mesmo modelo.

4.1.1 Sequência de teste

A sequência de teste é definida por um documento fornecido pela empresa contratante, o qual estabelece como e quais recursos deverão ser testados. Todos os modelos do módulo PCR deverão ser realizados os testes de Alimentação, Potência e Versão de *software*. Já os componentes poderão variar entre os modelos, pode-se observar na tabela abaixo quais componentes são acionados em cada placa.

Tabela 4 - Periféricos PCR

Componente a ser testado	Modelo Low	Modelo mid
Damper	Sim	Sim
Retorno do Damper	Sim	Sim
Sensor da Porta	Sim	Sim
Compressor	Sim	Sim
Descongelador	Sim	Sim
Resistencia AC	Não	Sim
Ventilador	Sim	Sim
<i>Ice maker</i>	Não	Sim
Resistencia DC	Não	Sim
Bomba d'Água	Não	Sim
Entrada Analógica de Temperatura	Sim	Sim
Entrada Analógica do <i>Ice maker</i>	Não	Sim

Fonte: Autoria própria.

Deste modo a ordem de teste do circuito PCR é definido da seguinte maneira: Configuração do EDC, Teste de alimentação, Potência, Função de teste, Versão de *software*, acionamento do damper, Retorno do damper e sensor da porta, acionamento do compressor, descongelador, resistência AC, Ventilador, *Ice maker*, Resistência DC, Bomba d'Água, Entrada analógica de temperatura e Entrada analógica do *Ice maker*.

a) Configuração do EDC - É realizado após o processo identificar o modelo escolhido, caso a EDC não esteja configurada o CLP envia uma sequência de 6 comandos parametrizando a EDC, conforme citado anteriormente os parâmetros são: Set data (ON), Set Filter (ON), EDC Address, Node Address, Poll list, Arbitrer mode (ON).

b) Teste de alimentação - Consiste em verificar se o módulo fornece 14V($\pm 0,7V$) de alimentação para as *interfaces* e se a variação da tensão permanece entre a tensão verificada ($V_{verificada} \pm 0,1V$). Estes dois requisitos são averiguados na faixa de tensão operacional (127V ou 220V), sobtensão (265V) e sub tensão (85V). As tensões críticas são geradas a partir de transformadores que estão ligados em estabilizadores, desta maneira conseguimos obter uma faixa de $265 \pm 2V$ e $85 \pm 2V$.

c) Teste de potência - Tem como finalidade averiguar se o módulo suporta fornecer a potência máxima ($P_{\max}=15,1W$) e potência mínima ($P_{\min}=13W$), para isso é necessário calcular a resistência mínima e máxima a ser utilizada, para cada faixa de valor 13,3 a 13,7; 13,7 a 14; 14 a 14,3; 14,3 a 14,7; foi estipulado um valor de resistência conforme a equação $R_{\min}=V_{\text{verificada}}^2/P_{\max}$ e $R_{\max}=V_{\text{verificada}}^2/P_{\min}$, os valores adquiridos para R_{\max} foram de 13,5 Ω , 14,3 Ω , 15,1 Ω , 15,7 Ω e 16,6 Ω e para $R_{\min}=11,7\Omega$, 12,4 Ω , 13 Ω , 13,5 Ω e 14,3 Ω respectivamente para as faixas de tensão acima.

Portanto cada faixa de tensão verificada obterá um valor de R_{\min} e R_{\max} , o R_{\min} será utilizado para constatar que o módulo não proverá mais que 15W e o R_{\max} quando aplicado não deverá diminuir a tensão verificada conforme a seguinte equação ($V_{\text{Verificada}} = V_{R_{\max}} - 0,2V$).

d) Função de Teste - Para os demais testes é necessário entrar em modo de verificação funcional. O modo de teste serve para enviar comandos que o microcontrolador aceitará para acionamento e retorno de valores em um modelo de mensagem pré-definido. Para tal utilização, a placa deverá ser energizada e em menos de 1 minuto deverá ser enviado o comando para EDC e a placa retornará o valor "05 21 0E" como resposta de confirmação. Após esse procedimento deverá ser enviado no máximo em 10 segundos qualquer comando de teste para o módulo continuar em modo de teste.

e) Teste de Versão de *Software* - Será enviado uma mensagem requisitando qual a versão de *software* instalada no microcontrolador. A resposta captada pelo CLP deverá ser comparada com a versão cadastrada pelo administrador e caso reprovada a placa será descartada imediatamente para os testes seguintes.

f) Teste do Damper - O comando transmitido acionará a saída de corrente alternada relativo ao damper e deverá ser desligado no próximo teste de acionamento. O damper pode ser visualizado na figura 45.

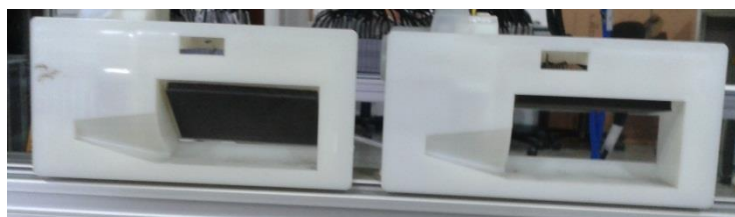


Figura 45 - Carga Damper.
Fonte: Autoria própria.

g) Teste do Retorno do damper e sensor da porta - Deve-se alimentar os pinos, indicados como retorno, com a alimentação da fase. Depois de energizado é requisitado o status do microcontrolador para verificar se o sinal foi reconhecido. Ambos serão testados numa mesma etapa da rotina.

h) Teste do Compressor, Teste do Descongelador, Teste da Resistência AC e Teste do Ventilador - Similares ao damper, o CLP enviará a instrução que acionará a saída de corrente alternada respectiva de cada equipamento e conferido no próximo se o acionamento foi desligado. As figuras 46, 47 e 48 representam respectivamente os periféricos compressor, resistência AC e ventilador. Para orientar melhor o operador, uma lâmpada foi instalada em paralelo com a resistência AC. Na figura 39 a resistência esta indicada por uma flecha amarela e a lâmpada por uma flecha azul.



Figura 46 - Ventilador do compressor.
Fonte: Autoria própria.

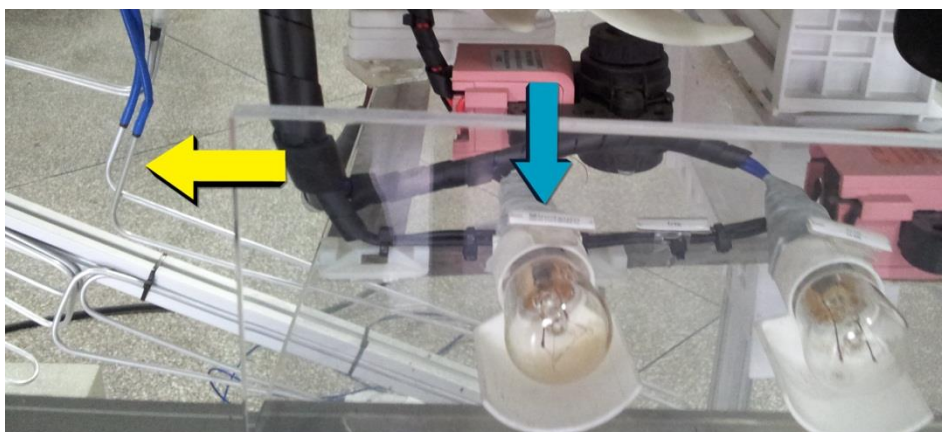


Figura 47 - Resistência AC.
Fonte: Autoria própria.



Figura 48 - Ventilador AC.
Fonte: Autoria própria.

i) Teste do *Ice maker* - O CLP enviará um comando que ativará a saída DC correspondente ao motor do *Ice maker*, após chegar ao final de curso o sinal é invertido para retornar na posição inicial. Outro aspecto verificado é a tensão de saída que deve corresponder a $14V(\pm 1V)$. O *ice maker* é apresentado na figura 49.

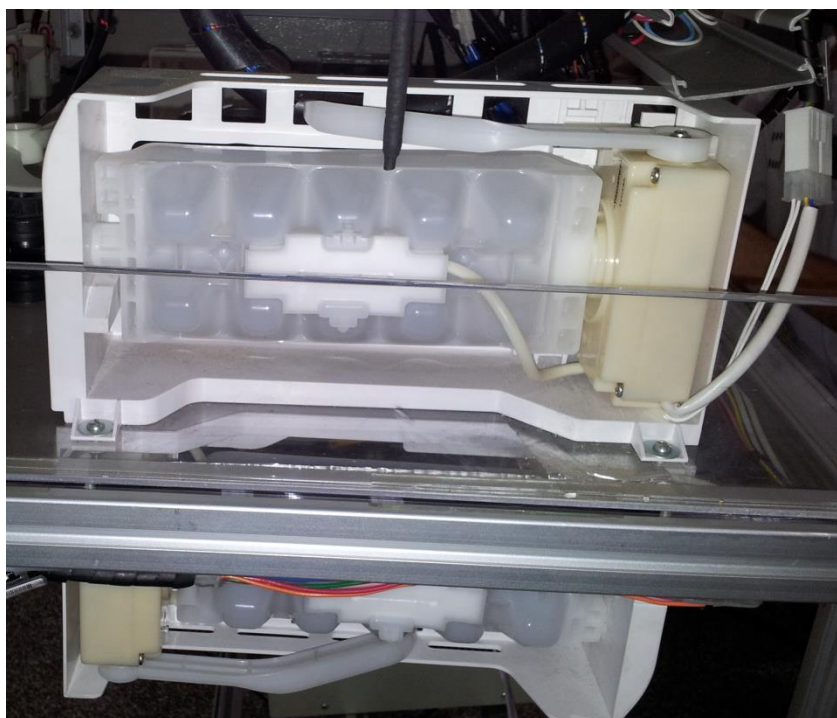


Figura 49 - *Ice maker*.
Fonte: Autoria própria.

j) Teste da Resistência DC e Teste da Bomba d'Água - Após enviado o comando respectivo para cada periférico é esperado que o módulo forneça $14V(\pm 1V)$. A figura 50 mostra uma bomba d'Água utilizado como periférico.



Figura 50 - Bomba d'Água.
Fonte: Autoria própria.

k) Teste da Entrada analógica de temperatura e Teste da Entrada analógica do *Ice maker* - Os contatos de cada porta analógica devem ser associados entre si com um resistor de $9.1k\Omega$, ao enviar o comando o microcontrolador deve enviar uma resposta que deve variar entre 418 e 536 de um range de 0000 a 65535 para ser aprovado.

4.1.2 Hardware utilizado para a PCR

O *hardware* utilizado para este teste totalizou em 16 saídas digitais, 5 entradas digitais e 4 entradas analógicas. Nas entradas analógicas para teste de acionamentos foram utilizados um divisor de tensão com 2 resistores de $9.1k\Omega$ com 1% de precisão para cada acionamento, pois a tensão que a placa fornece é de 14V e a entrada do CLP é de 0 a 10V. A descrição de cada saída e entradas é detalhada logo abaixo na tabela 5.

Tabela 5 - Hardware utilizando PCR

Entrada/Saída	Endereço	Utilização
2 Saidas digitas	Q0.0/Q0.1	Alimentação
1 Saida digital	Q0.2	Teste da entrada AC
2 Saidas digitais	Q8.3/Q8.4	Teste de sub tensão
2 Saidas digitais	Q8.5/Q8.6	Teste de sob tensão
9 Saídas digitais	Q8.7 a Q9.7	Teste de potência
5 Entradas digitais	I0.0 a I0.5	Teste acionamentos do circuito
3 Entradas Analógicas	IW2, IW4 e IW12	Teste acionamentos do circuito
1 Entrada Analógica	IW10	Teste de potência

Fonte: Autoria própria.

Como foi necessário resistências com valores pequenos foi necessário criar uma rede resistiva que dissipasse a potência que possuía 6 resistores de 15Ω e mais 8 potenciômetros de precisão para conseguir a resistência necessária, sendo $P_1=1,7\Omega$, $P_2=0,7\Omega$, $P_3=0,6\Omega$, $P_4=0,5\Omega$, $P_5=0,8\Omega$, $P_6=0,8\Omega$, $P_7=0,6\Omega$ e $P_8=0,9\Omega$. Estes potenciômetros de precisão suportam até 3W e o caso mais crítico que ocorreu foi no P_1 , na seguinte situação $V_{Verificada}=13,6V$ e $R_{min}=11,7$, logo $I=1,162$ e a potência em $P_1=(1,162)^2 \times 1,7= 2,3W$. A rede resistiva para a dissipação de potência foi projetada conforme a figura 51.

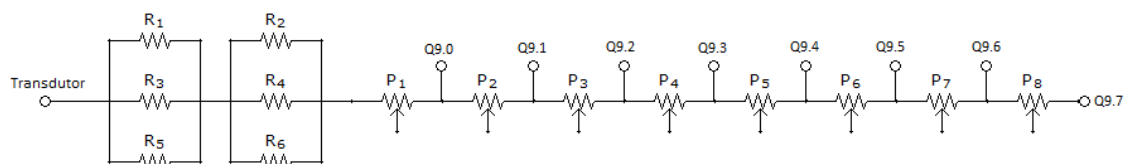


Figura 51 - Dissipador de potência.

Fonte: Autoria própria.

Este circuito é ligado na entrada de um transdutor de corrente e transforma o sinal 0 a 5A para 4 a 20mA que é utilizado como entrada analógica.

Para o teste das entradas analógicas da placa PCR, foi definido e projetado resistores de 9.1k com 1% de tolerância. O modelo mais completo contém 6 entradas, logo são utilizados 6 resistores interligados entre os conectores de teste.

4.2 PIR1

Esse modelo é utilizado como uma placa de *interface* para o circuito PCR. Existem dois modelos que são testados: um possuindo 11 botões e outro possuindo 10 botões. Pode-se visualizar esta placa na figura 52.



Figura 52 - PIR1.
Fonte: Autoria própria.

Para realizar testes com este módulo é necessário a utilização do EDC, similar ao módulo PCR torna-se imprescindível a utilização e a configuração do EDC. Não é preciso reconfigurar para um teste subsequente de um mesmo modelo.

4.2.1 Sequência de teste do PIR1

Do mesmo modo que a placa PCR, existe um documento que foi fornecido e que define quais parâmetros devem ser testados e como devem ser testados.

Os componentes a serem testados nesta placa são: Configuração do EDC, Modo de teste, Versão de *software* do microcontrolador, Versão do mapa de flash,

Versão do Touch, Acionamento do buzzer, Acionamento de LEDs e Acionamento dos Touch.

a) Configuração do EDC - É realizado após o processo identificar o modelo escolhido, caso a EDC não esteja configurada o CLP envia uma sequência de 6 comandos parametrizando a EDC, conforme citado anteriormente os parâmetros são: Set data (ON), Set Filter (ON), EDC Address, Node Address, Poll list, Arbitrer mode (ON).

b) Função de Teste - Para os demais testes é necessário entrar em modo de verificação funcional. O modo de teste serve para enviar comandos que o microcontrolador aceitará para acionamento e retorno de valores em um modelo de mensagem pré-definido. Para tal utilização, a placa deverá ser energizada e em menos de 1 minuto deverá ser enviado o comando para EDC e a placa retornará o valor "05 21 0E" como resposta de confirmação.

c) Versão do microcontrolador - Será enviado uma pergunta de qual versão de *software* está instalada no microcontrolador. A resposta captada pelo CLP deverá ser comparada com a versão cadastrada pelo administrador e caso reprovada a placa será descartada imediatamente para os testes seguintes.

d) Versão do Mapa de Flash - Pergunta-se qual versão de mapas de flash está instalada no microcontrolador. A resposta captada pelo CLP deverá ser comparada com a versão cadastrada pelo administrador e caso reprovada a placa será descartada imediatamente para os testes seguintes.

e) Versão do Touch - Um comando de pergunta é transmitido para verificar qual versão do *software* para touch foi instalado. A resposta recebida pelo CLP deverá ser comparada com a versão cadastrada pelo administrador e caso reprovada a placa será descartada imediatamente para os testes seguintes.

f) Acionamento do Buzzer - O acionamento do buzzer é efetuado através de um comando. Após esse comando ser enviado o operador deve proceder com o teste aprovando a placa ou desaprovando. Após a escolha de uma das opções é enviado um comando que desativa o buzzer.

g) Acionamento de LEDs - O acionamento de leds foram realizados em três etapas, sendo divididas em 3 seções: esquerda, meio e direita. Esta divisão foi realizada, pois existem 80 leds no circuito, pois a corrente seria muito alta para acionar todos simultaneamente. Assim pode-se deixar energizado o tempo que for necessário que não haverá problema ao analisar a placa.

O comando para acionar todos os LEDs totalizam-se em 3 comandos que são estruturados como mostra a figura 53.

API05	Byte	1								2								3							
Opcode	Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
11		LED4	LED3	LED2	LED1	LED9	LED10	LED7	LED8	LED6	LED5	LED14	LED13	LED12	LED11										
12		LED34	LED33	LED32	LED31	LED39	LED40	LED37	LED38	LED36	LED35	LED44	LED43	LED42	LED41										
13		LED64	LED63	LED62	LED61	LED69	LED70	LED67	LED68	LED66	LED65	LED74	LED73	LED72	LED71										
API05	Byte	4								5								6							
Opcode	Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
11		LED19	LED17	LED16	LED15	LED24	LED23	LED22	LED21	LED29	LED27	LED26	LED25												
12		LED49	LED47	LED46	LED45	LED54	LED53	LED52	LED51	LED59	LED57	LED56	LED55												
13		LED79	LED77	LED76	LED75																				

Figura 53 - LEDs PIR1.
Fonte: Autoria própria.

A verificação do teste é realizado pelo operador, ou seja, são enviados os comandos acendendo os leds e o operador deve decidir se a sequência de led que está ativa corresponde com o padrão pré-definido. A figura 54 representa a tela que o operador tem acesso e caso esteja correto deverá ser pressionado "Ok", se houver falha em algum led pressiona-se o botão "Erro".

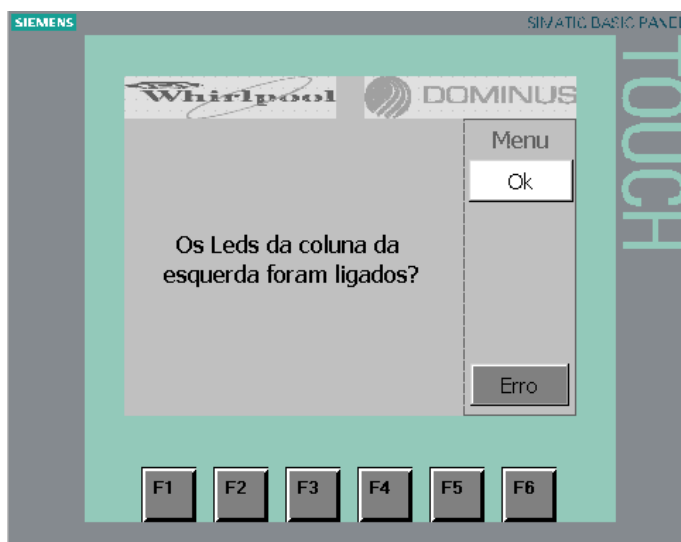


Figura 54 - Tela do led.
Fonte: Autoria própria.

h) Acionamento dos Touchs - Esse teste consiste em averiguar o funcionamento das teclas capacitivas sensíveis a toque. Quando uma tecla é acionada a placa recebe o sinal e transmite-o para CLP retornando um valor pré

definido. Cada tecla deve ser pressionada com um intervalo de aproximadamente 1 segundo para que o CLP possa adquirir o sinal enviado pela placa. O acionamento dos botões é realizado pelo operador que acompanha o teste e possui uma tela que representa as teclas já pressionadas.

4.2.2 Hardware utilizado para a PIR1

O *hardware* utilizado para este circuito constitui-se somente de duas saídas digitais. A saída Q8.2 foi destinada para a alimentação do módulo testado. A outra saída (Q10.0) foi atribuída para a alimentação do circuito PCR que fornece a tensão de alimentação para este módulo, esta saída também foi utilizada para a alimentação da placa PIR2.

4.3 PIR2

Esse modelo é utilizado como uma placa de *interface* para o circuito PCR. Existe somente um modelo a ser testado dessa *interface*, contudo essa placa não possui comunicação com o EDC.

Outra diferença é que a PIR2 possui um sistema operacional que roda ao alimentar essa placa, deste modo a sequência de teste é gravada no memória interna deste sistema operacional. Todos os testes são realizados a partir da *interface* que deve ser operada pelo usuário da giga de teste. A placa é mostrada na figura 55.



Figura 55 - PIR2.
Fonte: Autoria própria.

4.3.1 Sequência de teste do PIR2

Diferentemente das outras placas, a sequência de teste desta *interface* não tem nenhuma comunicação com CLP, o único controle que é efetuado será a alimentação dela. Para realizar a rotina de teste nesse modelo deve-se entrar em modo de teste pelo sistema operacional. Existem duas rotinas de testes, a rotina para acionamentos de corrente contínua e rotina de acionamentos de corrente alternada.

Os equipamentos testados são os mesmos citados para a placa mid no item 4.1.1, ou seja, os equipamentos testados são Damper, Retorno do damper, sensor da porta, compressor, descongelador, resistência AC, Ventilador, *Ice maker*, Resistência DC, Bomba d'Água, Entrada analógica de temperatura e Entrada analógica do *Ice maker*.

Será verificado se a *interface* acionará, através de um módulo PCR, todas as cargas por meio das duas rotinas. Assim, será energizada cada carga e o operador deve acompanhar o teste verificando se a carga está operacional e prosseguindo para o próximo componente. Caso não esteja de acordo com o estabelecido a placa fornece uma opção para problemas.

4.3.2 *Hardware* utilizado para PIR2

O *hardware* utilizado para este circuito constitui-se somente de uma saída digital. A saída Q10.1 foi destinada para a alimentação do módulo testado. A outra saída (Q10.0) foi atribuída para a alimentação do circuito PCR que fornece a tensão de alimentação para este módulo, esta saída também foi utilizada para a alimentação da placa PIR2.

4.4 PCPA

O módulo PCPA é utilizado como uma placa de potência para o acionamento das cargas de um modelo de purificador de água. Trabalha juntamente com o módulo PIPA e apresenta dois modelos diferentes de circuito: 127V e 220V. A figura 56 apresenta um modelo da placa PCPA.

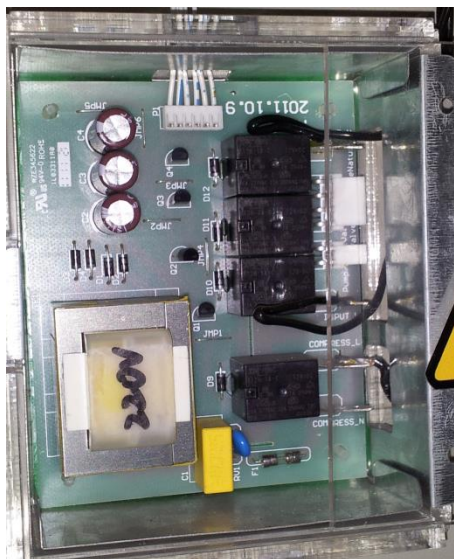


Figura 56 - Módulo PCPA.
Fonte: Autoria própria.

Sua lógica é bem simples. Conforme o sinal de entrada vindo da placa de interface PIPA o módulo de potência PCPA chaveia um relê acionando uma respectiva carga. Para esse módulo não foram postas as cargas reais na Giga, o CLP apenas analisa o sinal de retorno da placa para certificar o acionamento.

O suporte para esse módulo tem uma segurança a mais, pois seus contatos são mais expostos. Uma chave de contato certifica-se de que o suporte da placa esteja com a tampa fechada para poder habilitar a energização da placa. O suporte pode ser observado na figura 57.



Figura 57 - Suporte PCPA com tampa de segurança
Fonte: Autoria própria.

4.4.1 Sequência de teste do PCPA

Basicamente, após a leitura do código da placa, certificação da tampa de segurança fechada e o comando de início de teste, o sistema irá energizar com a tensão especificada na receita para aquele modelo cadastrado.

Em seguida, o CLP irá mandar “setar” a saída que envia o comando para acionar o primeiro relê. Se o controlador receber o sinal de resposta na sua entrada específica passa para o acionamento do próximo relê. Porém, se o módulo PCPA não enviar o sinal dentro de 1,5 segundos o controlador aponta o erro, indicando que o chaveamento da sua saída para alimentação da determinada carga está com defeito. Mesmo encontrando um defeito, a Giga termina o teste para todos os relés, apresentando o relatório de teste ao final da rotina.

4.4.2 *Hardware* utilizado para a PCPA

Para os testes deste módulo foram necessários 8 saídas digitais, sendo 2 para alimentação 220V, 2 para alimentação 127V e 4 para o acionamento individual de cada relê. A quantidade de entrada digitais usadas foi 5, onde 1 é o sinal de segurança da tampa do suporte, e os outros 4 são os retornos respectivos para cada relê.

4.5 PIPA

Esse módulo, representado na figura 58, é utilizado como uma placa de *interface* para o circuito PCPA. O módulo PIPA só contempla um modelo que contém 6 sensores *touches*.



Figura 58 - Módulo PIPA.
Fonte: Autoria própria.

Esse é um teste semiautomático, uma vez que é o operador quem deve identificar e apontar os erros do módulo, conforme instrução passada na IHM.

4.5.1 Sequência de teste da PIPA

Do mesmo modo que as outras placas, um documento fornecido fabricante dos módulos define quais parâmetros devem ser testados e como esses testes devem ser seguidos.

O módulo PIPA é dividido em dois testes. O primeiro deles é o teste “*Interface com o usuário*”.

Com uma sequência estabelecida pela IHM o operador deve completar as tarefas descritas na tela, como por exemplo: pressionar o *touch* “Gelada” por 3 segundos, neste primeiro modo de teste são verificados os leds da placa e o acionamento dos *touches*. Se em alguns dos 5 passos do teste a placa não responder da maneira descrita na IHM o operador tem que clicar em “Erro” para relatar o problema.

O segundo modo de teste é o “Estado de Serviço”, o principal objetivo desse teste é certificar a comunicação com o módulo PCPA e verificar o acionamento do relé 4, que faz o chaveamento da carga compressor do purificador de água. Semelhante ao teste do módulo PCPA, o CLP aguarda por um tempo a resposta do sinal indicando o acionamento do relé.

4.5.2 Hardware utilizado para a PIPA

Esse teste utiliza apenas 1 saída para energizar o módulo PCPA fixo da Giga, e 1 entrada para o sinal de retorno do relê 4 responsável pelo acionamento do compressor.

4.6 TESTE DE CARGAS

Na tela de menu principal da IHM tem um botão chamado “Cargas”, selecionando essa opção, abrirá uma tela na IHM onde é possível fazer o teste separadamente das cargas do módulo PCR. A figura 59 a seguir mostra a tela do teste de cargas da IHM.



Figura 59 - Tela teste de cargas.

Fonte: Autoria própria.

Esses testes de cargas são intertravados por memórias no meio da rotina de testes do módulo PCR.

As figuras a seguir mostram algumas cargas do módulo PCR que podem ser testadas isoladamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 EXPECTATIVA

Os produtos e processos estão em constante transformação. Conseqüentemente a giga de teste deve acompanhar as mudanças para dar suporte a estas evoluções. O que acontece se os testes tiverem seus parâmetros alterados ou se alguma nova informação precisar ser coletada e registrada?

Ao projetar uma bancada de teste, deve-se ter em mente que em algum momento, mudanças serão feitas e caso o projeto não preveja futuras alterações, maior será o impacto das mudanças.

Algumas mudanças indicadas para aperfeiçoar o projeto da giga de teste são:

- Trocar o sistema de encaixe dos conectores e os suportes dos módulos por berços. Berços são suportes com uma tecnologia onde não é necessário plugar cabos ou conectar fios às placas. Por meio de mini atuadores e contatos fixos em um suporte com encaixes perfeitos para os módulos, o sistema de testes se torna muito mais fácil e rápido na hora de trocar as placas na bancada.

- Duplicar o número de testes ao mesmo tempo. Desenvolver uma programação do CLP, bem como da IHM, capaz de executar dois ou mais tipos de testes de módulos diferentes ao mesmo tempo. Em testes totalmente automáticos que levam mais que um minuto para completar o ciclo de teste, durante esse tempo ocioso outro teste poderia ser iniciado.

- Implementar um banco de dados historiador com a intenção de registrar todos os testes e seus resultados. Incluindo informações como: modelo da placa, data e hora do teste, código do lote, versão do modelo, e em caso de reprovação os problemas apontados.

5.2 CONCLUSÃO

A Giga de teste para placas eletrônicas apresentou resultados satisfatórios e confiáveis. Atendendo assim as expectativas expressas nos objetivos, onde os resultados possuem um alto grau de repetibilidade e demonstram respostas confiáveis.

Durante a execução do projeto alguns imprevistos foram encontrados. Abaixo estão detalhados os problemas confrontados.

a) Adição de módulos I/O para atender as necessidades do projeto. Foi necessária a inserção de um cartão I/O ao CLP, pois o número de saídas especificadas previamente não foi suficiente.

b) Realização de uma malha resistiva para dissipação de potência. Não foi encontrado acessório eletrônico acessível no mercado para que suportasse a potência e precisão requerida no teste.

c) Alteração do desenho de alguns suportes em acrílico das placas. Ao entrar em contato com o fornecedor das peças de acrílico surgiram novas ideias para os desenhos mecânicos dos suportes, tornando-os mais práticos e intuitivos.

d) A utilização de estabilizadores para amenizar a variação da tensão da rede elétrica. Para que os testes críticos de tensão fossem exatos, não poderia haver inconstância na tensão aplicada, deste modo foi essencial a instalação desses equipamentos.

e) Dificuldade na nomenclatura desta documentação, pois o fabricante solicitou a privacidade das informações contidas no relatório como nome de equipamentos, parâmetros e detalhes do produto.

Como citado no item 5.1, algumas sugestões de desenvolvimentos futuros foram feitas com base nos resultados obtidos nesse trabalho.

A automatização do processo obteve um desempenho gratificante confirmando a exigência do objetivo geral. O sistema continua atuando diariamente e não apresentou nenhuma falha crítica que comprometesse o projeto como um todo.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Roberto. **Padrão Serial RS-232**. Disponível em: <<http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/padrao-serial-rs-232>>. Acesso em 12 abr. 2013.

Automation Siemens¹. **SIMATIC S7-1200**. Disponível em: <<http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-ontroller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/pages/default.aspx>>. Acesso em 10 abr. 2013.

Automation Siemens². **Totally Integrated Automation**. Disponível em: <<http://www.automation.siemens.com/mcms/topics/en/tia/pages/default.aspx>>. Acesso em 12 abr. 2013.

CASTRUCCI, Plínio de Lauro; MORAES, Cícero Couto de. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2007.

COELHO, Marcelo S. **Apostila Sistemas Supervisórios**. São Paulo, 2009. 8p.

Consultoria em Informática. **Proteja seus periféricos da energia estática**. Disponível em: <<http://hardwarebno.blogspot.com.br/2010/07/proteja-seus-perifericos-da-energia.html>>. Acesso em 30 abr. 2013.

Cunha, Livia. **Relés e contadores**. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/169-reles-e-contadores.html>>. Acesso em 12 abr. 2013.

Electronica-pt. **Relé**. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/179/37/>>. Acesso em 27 abr. 2013.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**. Quarta Edição. São Paulo: Ed. Érica, 2003.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Sétima Edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2007.

Marques, Domiciano. **Potência dissipada num resistor**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/fisica/potência-dissipada-num-resistor.html>>. Acessado em 12 de Abril de 2013.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. Primeira Edição. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2005.

SANTAELLA, Lúcia. **Comunicação e Pesquisa**. Primeira Edição. São Paulo: Ed. Hacker Editores, 2001.

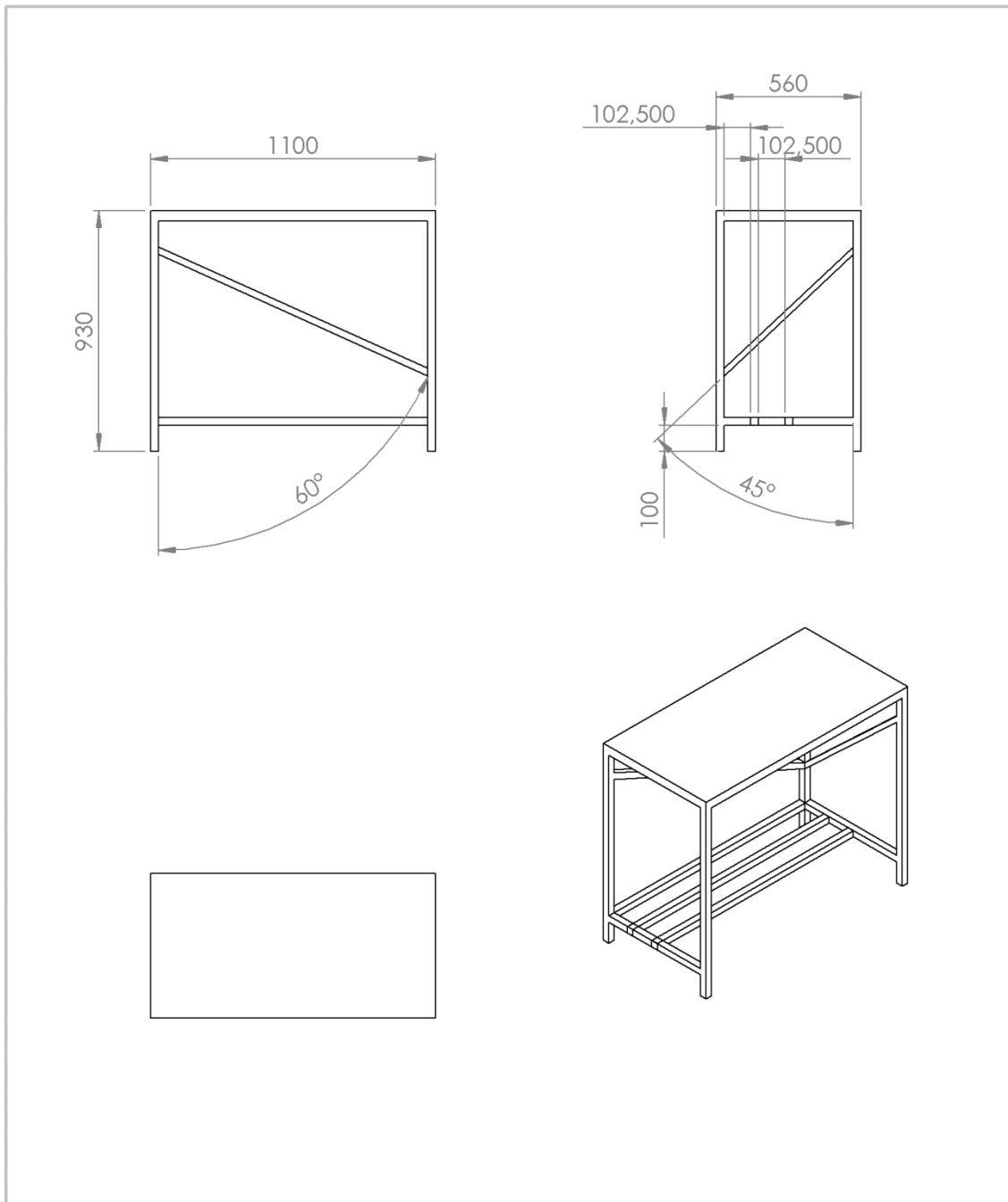
SIEMENS AG. **SIMATIC S7-1200 Easy Book Manual**. Nürnberg, Bavaria, 2009. 122p.

SILVEIRA, Paulo Rogério da. **Automação e Controle Discreto**. Oitava Edição. São Paulo: Ed. Érica, 2002.

Support Automation Siemens. **SIMATIC S7-1200 Easy Book**. Disponível em: <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csSearch&objaction=cssearch&lang=en&siteid=cseus&query=&query2=s71200%20easy%20book&content=adsearch%2Fadsearch%2Easpx>>. Acesso em 10 de Abril de 2013.

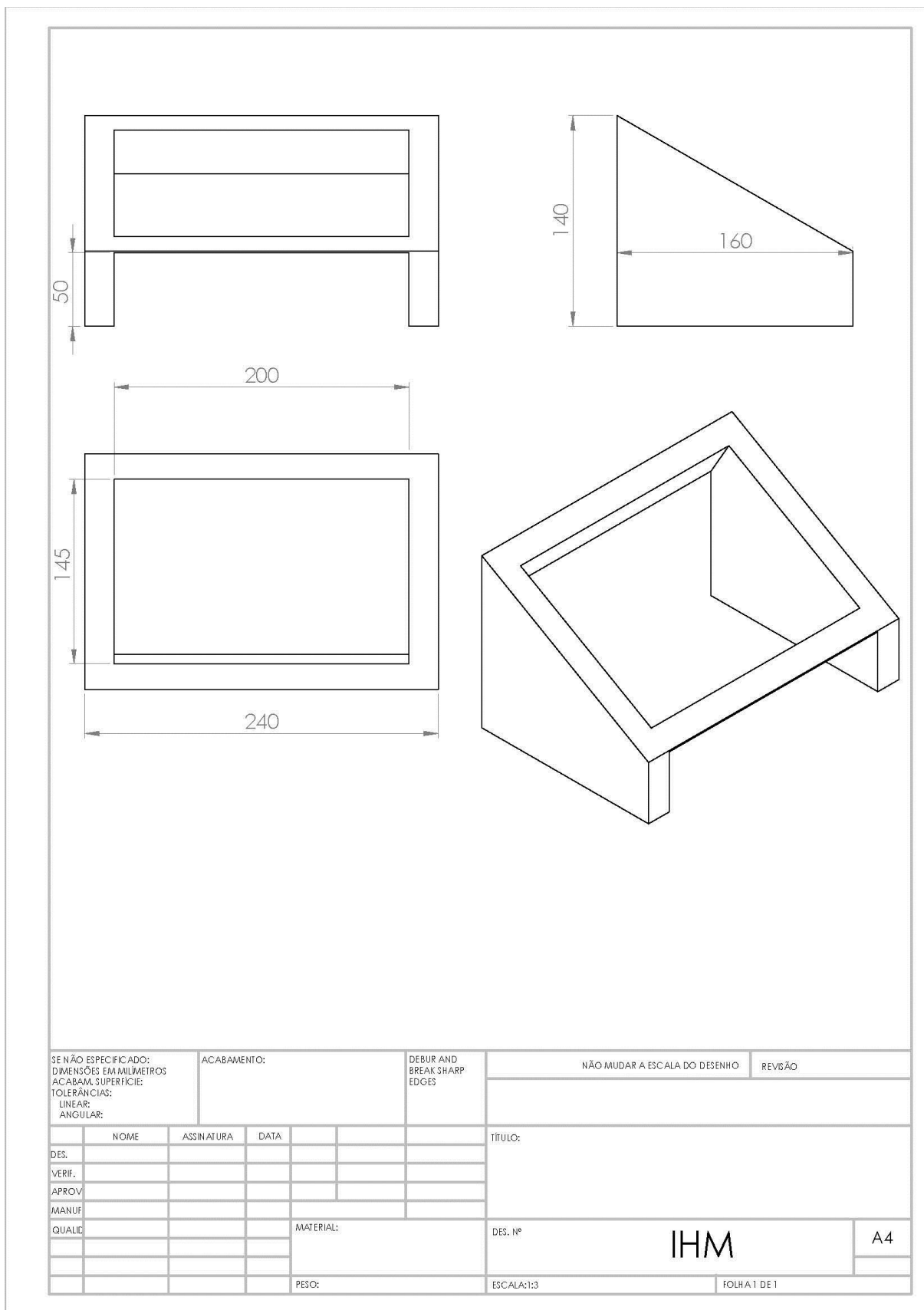
Tech-faq. **Transformer**. Disponível em: <<http://www.tech-faq.com/transformer.html>>. Acesso em 27 abr. 2013.

APENDICE A - DESENHO MECÂNICO DA MESA



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						Mesa			
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID				MATERIAL:		DES. Nº		A4	
PESO:				ESCALA:1:20		FOLHA 1 DE 1			

APENDICE B - DESENHO MECÂNICO DO SUPORTE DA IHM



APENDICE C – UNIFILAR GERAL DO PAINEL ELÉTRICO

