



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



GABRIEL LOMAS BRETAS

SISTEMAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2019

GABRIEL LOMAS BRETAS

SISTEMAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Julho/2019

Monografia intitulada **SISTEMAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA** defendida e
aprovada em 15 de Julho de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos
professores:

Karla Palmieri

Prof. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Orientadora

Arthur Caio Vargas e Pinto

Prof. Ms. Arthur Caio Vargas e Pinto – Professor Convidado

BSc Fernando dos Santos Alves Fernandes

BSc Fernando dos Santos Alves Fernandes – Convidado

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Cleber e Valéria, pelo apoio, educação e carinho incondicional.

Ao meu irmão, Thiago, pelo companheirismo e exemplo de vida.

Aos meus familiares e amigos, Bruno, Lucas, Bixona, Guilherme, Piercy e Rodrigo pela amizade.

À Universidade Federal de Ouro Preto pelas oportunidades oferecidas durante a graduação.

Ao departamento de Engenharia de Controle e Automação pelo conhecimento transmitido. Em especial, a professora Karla pelos ensinamentos, oportunidades e orientação.

Agradeço a todos que estiveram presentes de alguma forma em toda essa jornada.

RESUMO

Este trabalho traça um panorama da automação no setor industrial. São apresentadas aplicações de uma das principais malhas de controle na indústria, o controle de temperatura, e propõe-se o desenvolvimento de uma planta de controle de temperatura e nível em tanques de água em escala laboratorial. São realizados estudos sobre os principais equipamentos presentes no projeto e utilizados na indústria. Sobre os Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) são descritos o histórico, a arquitetura e a linguagem de programação ladder, definida pela norma IEC61131-3. Também são discutidas algumas características dos sistemas supervisórios aplicados juntamente aos controladores.

Palavras-chave: Controle de temperatura, automação industrial, CLP, ladder, sistema supervisório, MasterTool IEC.

ABSTRACT

This work presents an overview of automation in the industrial sector. Applications of one of the main loop control in industry are presented, the temperature control, and proposes a development of a temperature and level control system in tanks of water in laboratory scale. Studies carried out of the main equipment presents in the project and used in the industry. About Programmable Logic Controllers (PLCs), it is described the history, architecture and ladder programming language, defined by IEC61131-3. It is also discussed some characteristics of the supervisory systems used together with the controllers.

Keywords: Temperature control, industrial automation, PLC, ladder, supervisory system, MassterTool IEC.

LISTA DE ABREVIATURAS

B – Bomba

CA – Corrente alternada

CC – Corrente contínua

CLP – Controlador lógico programável

CPU – *Central Processing Unit*

E/S – Entrada/Saída

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FBD – Diagrama de blocos funcionais

H – Homogeneizador

IHM – Interface Homem-Máquina

IL – Lista de instrução

LD – Diagrama ladder

MES – *Manufacturing Execution System*

PC – *Personal Computer*

PID – Proporcional Integrador Derivativo

R – Resistência

SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*

SFC – Sequenciamento gráfico de funções

ST – Texto estruturado

VA1 – Válvula alta do tanque 1

VA2 – Válvula alta do tanque 2

VB1 – Válvula baixa do tanque 1

VB2 – Válvula baixa do tanque 2

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pirâmide da Automação	12
Figura 2.2 – Estrutura fundamental de um CLP	15
Figura 2.3 – Exemplo de programação em linguagem ladder	18
Figura 2.4 – Estrutura de um sistema supervisório em ambiente industrial	21
Figura 2.5 – Ativação das enzimas de acordo com a temperatura e pH	23
Figura 3.1 – CLP Duo	25
Figura 3.2 – Tela inicial do <i>software</i> MasterTool IEC	26
Figura 3.3 – Válvula solenoide EVA 01	26
Figura 3.4 – Sensor de temperatura DS18B20	27
Figura 3.5 – Sensor ultrassônico HC-SR04	27
Figura 3.6 – Sensor de nível boia	28
Figura 3.7 – Resistência elétrica de aquecimento	28
Figura 3.8 – Arduino Uno	29
Figura 3.9 – Eletrobomba de água	29
Figura 3.10 – Planta de controle de nível e temperatura em 2013	31
Figura 3.11 – Planta de controle de temperatura e nível 2019	32
Figura 3.12 – Esquema hidráulico	33
Figura 3.13 – Esquema elétrico da planta de controle	34
Figura 3.14 – Inicialização do sistema	35
Figura 3.15 – Acionamento da resistência	36
Figura 3.16 – Possíveis estados do sistema	36
Figura 3.17 – Controle de resfriamento	37
Figura 3.18 – Acionamento do homogeneizador	38
Figura 3.19 – Interface Homem-Máquina.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Especificações dos primeiros CLP's	14
Tabela 2.2 – Padrões de linguagens de CLP's	17
Tabela 2.3 - Instruções básicas da linguagem ladder	18
Tabela 3.1 – Materiais utilizados	30
Tabela 3.2 – Tempo de aquecimento	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo Geral	10
1.2	Objetivos Específicos	10
1.3	Estrutura do Trabalho	10
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	Automação industrial	11
2.2	Controlador Lógico Programável	14
2.3	Sistemas Supervisórios	20
2.4	Controle de temperatura	22
3	METODOLOGIA	25
3.1	Materiais	25
3.2	Montagem	31
3.3	Programação	35
3.4	Resultados	39
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXO A	45

1 INTRODUÇÃO

As constantes alterações no estilo de vida das pessoas definem um ambiente mercadológico complexo e com consumidores mais exigentes, instigando as empresas a buscarem estratégias competitivas para atingirem uma posição sustentável no segmento em que atuam.

O investimento tecnológico tem um impacto significativo na competitividade empresarial. A inserção tecnológica agrega vantagens à empresa e pode ser utilizada para realizar alguma das estratégias competitivas, seja a de liderança em custo, diminuindo o custo de produção, a de diferenciação, obtendo melhorias em relação aos concorrentes ou a estratégia de enfoque, para atingir nichos específicos (PORTER, 1985).

Nesse contexto, a automação tem evoluído e está cada vez mais presente no setor industrial. Uma tecnologia difundida nas indústrias é o controlador lógico programável (CLP), por ser altamente flexível e apto a suportar as adversidades existentes no ambiente industrial. O CLP, integrado a sensores, atuadores, sistema supervisorio e outros dispositivos, reduz o trabalho humano e o custo de produção, aumenta a segurança operacional e a qualidade do produto, além de agregar diversas outras vantagens às empresas.

Para uma melhor integração entre as ferramentas tecnológicas existentes no setor industrial e para facilitar a manutenção desses equipamentos, normas de padronização foram elaboradas. Uma dessas normas foi a IEC61131, desenvolvida pela *International Electrotechnical Commission* a fim de padronizar assuntos relacionados à CLP's, como as linguagens de programação para a resolução dos problemas.

Uma aplicação onde diversas dessas tecnologias está bastante difundida é no controle de temperatura, onde refrigeração, aquecimento e controle de fluxo de material são necessários e passíveis de comprometer o sistema de forma geral e a segurança das pessoas.

Neste trabalho há um estudo sobre o controle de temperatura em tanques com um controlador lógico programável, utilizando-se a linguagem de programação ladder. Definida pela norma IEC61131-3 e baseada nos diagramas elétricos de relés, a diagrama ladder é comumente utilizada nos projetos pela sua simplicidade e praticidade.

1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo acerca de controladores lógicos programáveis, sistemas supervisórios e implicações da automatização industrial, suas vantagens e desvantagens, aplicações de controle de temperatura e em seguida, desenvolver uma planta real de controle de temperatura e nível em tanques.

1.2 Objetivos Específicos

- Estudo teórico acerca dos controladores lógicos programáveis visando a história, composição e funcionamento;
- Estudo teórico acerca da linguagem de programação ladder;
- Estudo teórico acerca dos sistemas supervisórios visando a estrutura e o funcionamento;
- Estudo de aplicações industriais que utilizam o controle de temperatura;
- Desenvolvimento de uma planta com controle de temperatura e nível em tanques;
- Discussão dos resultados obtidos.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em 4 capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o trabalho. Apresenta-se os temas, os objetivos e a estrutura. No capítulo dois é apresentada a fundamentação teórica, onde relata-se o conceito de automação industrial e realiza-se considerações gerais sobre CLP's, sistemas supervisórios e aplicações de controle térmico. Em seguida há uma apresentação do projeto, criação, desenvolvimento, ferramentas utilizadas e resultados. No quarto capítulo apresenta-se as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Automação industrial

Automação é a utilização de sistemas de controle, que substituam o ser humano, para atingir determinados objetivos. O emprego de sistemas apoiados por computadores, CLP's, robôs e tecnologias de informação para substituir ações humanas na indústria, denomina-se automação industrial.

Segundo Rosário (2005) a automação industrial é uma tecnologia que integra a eletrônica, através dos *hardwares*, a mecânica, por meio dos dispositivos atuadores, e a informática, com os *softwares*. A união dessas áreas possibilita o gerenciamento e controle de processos nas indústrias.

A evolução da automação industrial junto a evolução tecnológica, propiciaram às indústrias uma maior qualidade e flexibilidade nos seus sistemas de produção. A automação industrial possibilitou o aumento do volume produtivo através do maior controle sobre todo o processo e permitiu o aumento da qualidade de um produto ou serviço, reduzindo os erros associados aos seres humanos, tanto de problemas físicos como psicológicos. Também aumentou a segurança, onde as máquinas realizam os trabalhos perigosos e operações onde não eram possíveis serem executadas por humanos. As informações para tomadas de decisão são mais precisas e mais rápidas com o uso da automação.

É indubitável a importância da automação nas indústrias. A flexibilidade da produção aumentou, possibilitando inserir novas tarefas no processo alterando a programação do maquinário, dispensando o treinamento de um operador para exercer a nova atividade. Com a redução de custos de produção e desperdícios gerados pela empresa no processo e todas as outras vantagens, a automatização industrial aumenta a competitividade da empresa no mercado atuante.

Na maioria das vezes a implementação de um sistema automatizado requer um alto investimento inicial, e com a rápida evolução tecnológica, o projeto pode ficar defasado tecnologicamente, diminuindo a atratividade de se implantar esse sistema. Automatizar o processo em uma planta industrial existente, realizar melhorias em sistemas já automatizados

ou construir uma indústria automatizada necessita de todo um planejamento estratégico por parte da administração. Uma representação dos níveis que compõem a arquitetura da automação industrial e suas respectivas ferramentas utilizadas podem ser observadas na Figura 2.1.

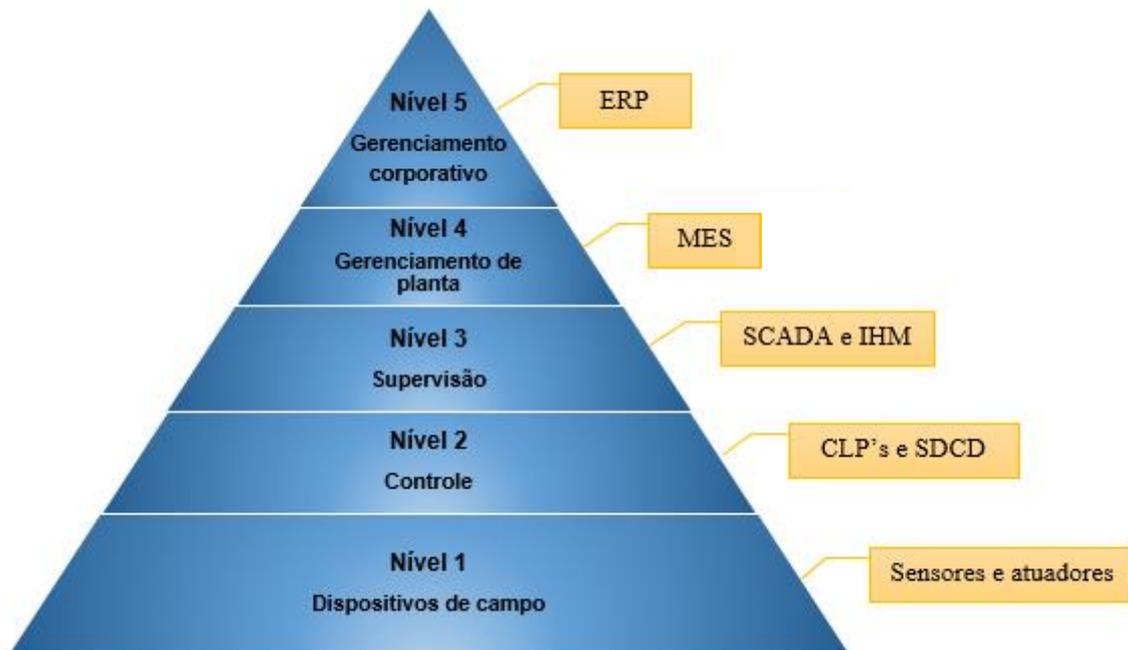


Figura 2.1 – Pirâmide da Automação.

Fonte: Adaptado de Santos (2017).

Santos (2017) descreve os cinco níveis da automação industrial. O primeiro nível da pirâmide da automação é o de chão de fábrica, onde estão as máquinas e dispositivos da indústria, como motores, inversores, válvulas e outros. É nesse nível que estão os atuadores e sensores responsáveis por executarem determinadas ações do processo. O segundo nível é o de controle da planta, onde se localizam os CLP's e outros instrumentos para controlarem os sensores e atuadores do chão de fábrica. Já o terceiro nível da pirâmide é responsável pela supervisão e armazenamento das informações coletadas pelos primeiros níveis. A programação, o planejamento e o controle da produção compõe o nível quatro da pirâmide, é onde se gerencia todo o processo da planta industrial. E o topo da pirâmide da automação industrial, o nível cinco, é responsável por toda a administração corporativa, como tomadas de decisão e gerenciamento financeiro.

Moraes e Castrucci (2007), afirmam que a implantação da automação é dividida em quatro macroetapas: Pré-Venda, Pós-Venda, Desenvolvimento e Testes.

- A etapa de Pré-Venda formula e apresenta as soluções do sistema a fim de atender ou superar os objetivos dos clientes. É nessa etapa que são estimados os custos e recursos necessários para a implementação do sistema automatizado;
- A Pós-Venda objetiva a elaboração detalhada do projeto. Define-se os controladores a serem utilizados, o sistema supervisor e as variáveis de entrada e saída do sistema;
- A fase de desenvolvimento é onde são realizadas a programação dos controladores e as interfaces homem-máquina (IHM). Também é feita a simulação da planta e avaliação do sistema;
- A etapa final consiste em realizar todos os testes necessários e implantar o sistema automatizado na planta.

2.2 Controlador Lógico Programável

O controle e a automatização de diversas ações indispensáveis na indústria são possíveis de se realizar utilizando o controlador lógico programável. Comumente chamado de CLP, o controlador lógico programável é um computador semelhante a um computador pessoal dedicado a uma aplicação e utilizado para automação de processos (NATALE, 2013). A norma IEC61131-1 (2003) define o CLP como um aparelho eletrônico, utilizado em ambientes industriais, que possui memória programável contendo instruções para controlar processos através de entradas e saídas do sistema.

Desenvolvido para substituir os painéis de relés, no final dos anos 1960 foi projetado o primeiro controlador lógico programável pela Bedford Associates a pedido da General Motors, montadora de automóveis norte-americana. A montadora necessitava mudar todos os quadros de relés quando alterava a produção de um modelo e buscava uma solução para reduzir o tempo gasto com as mudanças. Dick Morley, “pai” do CLP e outros desenvolvedores projetaram o Modicon 084, o primeiro controlador programável. Com a implantação dos CLP’s na indústria, modificava-se apenas a programação do equipamento, reduzindo o tempo de parada. As especificações dos primeiros controladores lógicos programáveis, definidas pela General Motors, estão listadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Especificações dos primeiros CLP’s

Facilidade de programação
Facilidade de manutenção com conceito <i>plug-in</i>
Alta confiabilidade
Dimensões menores que painéis de relés, para redução de custo
Envio de dados para processamento centralizado
Preço competitivo
Sinais de entrada de 115V CA
Sinais de saída de 115V CA
Expansão em módulos
Mínimo de 4000 palavras na memória

Fonte: Criado a partir das notas de Moraes e Castrucci (2007).

O controlador lógico desenvolveu-se ao longo dos anos, e está cada vez mais apto ao meio industrial, suportando as adversidades presentes no meio. Capaz de suportar ruídos elétricos, temperaturas adversas, poeira, vibrações e outros fatores, os CLP's propiciaram as indústrias uma redução de custos e no tempo de parada, além de aumentar a flexibilidade dos processos produtivos. Bolton (2015) afirma que os CLP's quando comparados aos sistemas de relés, são mais flexíveis, de fácil expansão, mais robustos e compactos, além de terem uma menor manutenção e serem de rápida atuação.

A arquitetura de um CLP é formada por três unidades básicas, sendo elas a unidade central, a de programação e a de entrada e saída. Além dos periféricos, que interagem com o controlador para obter outras funções necessárias. A figura 2.2 ilustra a arquitetura básica de um controlador lógico programável.

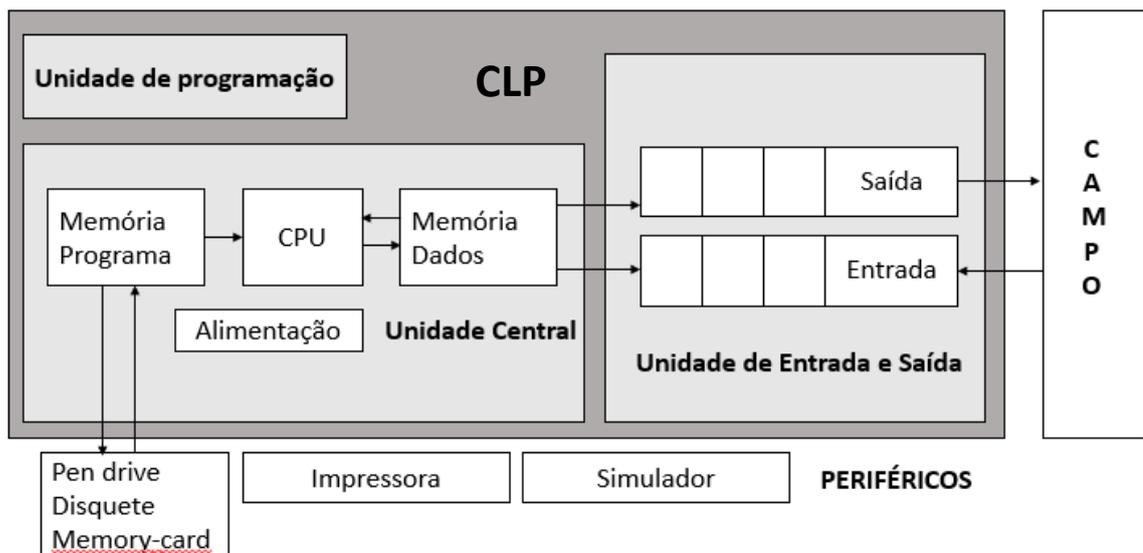


Figura 2.2 – Estrutura fundamental de um CLP.

Fonte: Adaptado de Prudente (2007).

A unidade central é onde ocorre todo o armazenamento e processamento de informações, é o núcleo do CLP. O principal dispositivo da unidade é a Unidade de Processamento Central - CPU, que é responsável por ler os dados de entrada coletados pela unidade de E/S, processá-los de acordo com a lógica do programa feito na unidade de programação e gerar as saídas de volta a unidade de E/S para controlar os atuadores ou dispositivos do processo. Também está

presente as memórias de programa, onde é armazenado o código programado na unidade de programação e a memória de dados, onde trafegam os dados de entrada e saída entre a CPU e a unidade de E/S.

A unidade de programação é o lugar do CLP onde é escrito o programa que será executado, podendo ser um PC ou uma IHM. Nessa unidade é realizada a programação que controlará todo o sistema a ser automatizado pelo dispositivo e possíveis modificações no programa.

Responsável pela interação entre as máquinas ou dispositivos a serem controlados e a unidade central, a unidade de entradas e saídas recebe as informações das entradas (sensores, atuadores) para serem processadas pela CPU do controlador lógico, que por sua vez retorna os dados de saída para a unidade de E/S para controlar os dispositivos da planta.

Os periféricos são dispositivos externos ao controlador lógico programável capazes de potencializar ou agregar novas funções. Os periféricos permitem agregar funções capazes de otimizar e melhorar o funcionamento do CLP, possibilitando realizar simulações do sistema, aumentar a memória de armazenamento e facilitar integração entre dispositivos.

Capaz de otimizar e automatizar diversos tipos de processos em diferentes áreas, a demanda pelos controladores lógicos cresceu rapidamente, conseqüentemente aquecendo o mercado e ampliando o número de fabricantes de CLP's. Porém os controladores de fabricantes diferentes não eram compatíveis, tanto na comunicação entre dispositivos quanto na programação. Para solucionar o problema de compatibilidade foi criada a IEC61131, uma norma de padronização para controladores programáveis.

A norma IEC61131-3 (1993) define os padrões de linguagens de programação para controladores lógicos programáveis. As cinco linguagens especificadas pela norma, a sigla, o tipo de cada uma está listado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Padrões de linguagens de CLP's

Linguagem	Acrônimo	Tipo
Diagrama de lógica ladder	LD	Gráfica
Diagrama de blocos de funções	FBD	Gráfica
Diagrama de funções sequenciais	SFC	Gráfica
Lista de instrução	IL	Textual
Texto estruturado	ST	Textual

Cada linguagem possui suas especificações e características que determinam sua melhor aplicação. Segundo Groover (2011) a linguagem ladder e a lista de instrução (linguagem de baixo nível) são adequadas para aplicações de controle discreto, a diagrama de blocos funcionais é melhor utilizada em controles contínuos, a diagrama de funções sequenciais se enquadra melhor em ações sequenciais e a linguagem texto estruturado é a melhor para aplicações com lógicas complexas por ser uma linguagem de alto nível.

Dentre as linguagens de programação de CLP definidas pela IEC61131-3 a mais conhecida e utilizada nas aplicações industriais atuais é a diagrama ladder. A LD foi a primeira linguagem de CLP's criada e se mantém até hoje por ser uma linguagem de simples interpretação, uma vez que sua lógica é baseada nos diagramas elétricos de relés (BOLTON, 2015).

A linguagem ladder manteve as normas e as simbologias utilizadas no projeto de painéis de relés. Seu diagrama é formado pelas redes sequenciais, compostas basicamente pelas barras de alimentação, contatos e bobinas. Apesar das diferenças entre os *softwares* de cada fabricante, as representações das instruções são similares. A Figura 2.3 apresenta um exemplo de programação utilizando a linguagem ladder para acender uma lâmpada através de um interruptor.

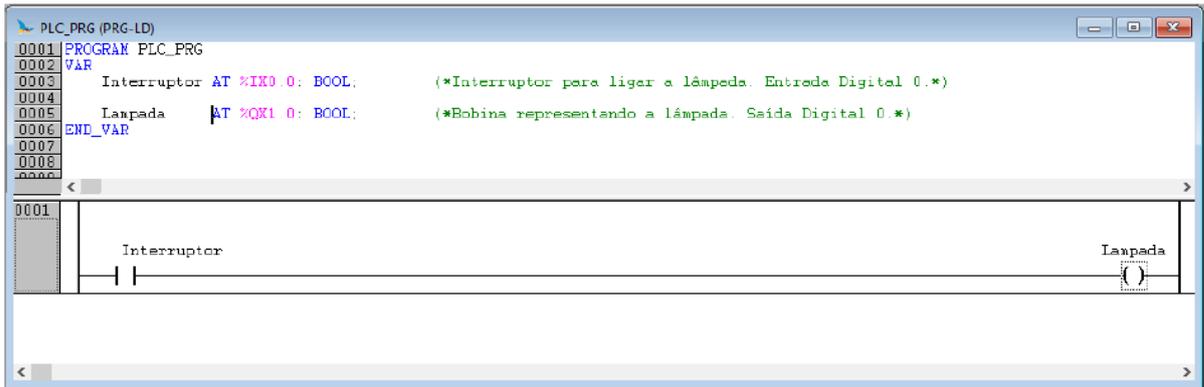


Figura 2.3 – Exemplo de programação em linguagem ladder.

Fonte: PALMIERI (2017)

Ao executar um programa em ladder, O CLP examina a rede verificando os sinais de entrada, e aciona as saídas de acordo com a lógica do programa. As instruções e suas respectivas representações básicas utilizadas na programação ladder são detalhadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Instruções básicas da linguagem ladder

Instrução	Representação
Contato normalmente aberto - NA Existe continuidade lógica quando o estado da variável associada é 1.	- -
Contato normalmente fechado - NF Existe continuidade lógica quando o estado da variável associada é 0.	- / -
Bobina O estado lógico da bobina depende da continuidade lógica da sua linha. Se houver continuidade, o estado lógico da bobina será 1 (bobina energizada), caso contrário será zero (bobina desenergizada).	-()-
Bobina inversa Quando aciona, esta se desenergiza.	-(I)-
Bobina de Rearme (Set) ou Retenção Entra em estado ativo quando há continuidade lógica da linha e permanece neste estado até o sinal de Desarme.	-(S)-

Bobina de Desarme (Reset) Entra em estado desativado quando há continuidade lógica da linha e permanece neste estado até o sinal de Rearme.	-(R)-
Contato sensível à borda de subida Quando fechado permanece no estado fechado durante um ciclo completo de varredura do CP. Após esse ciclo, o contato volta a ficar desativado	- P -
Contato sensível à borda de descida Equivalente ao anterior quando desenergizado, assim permanecendo durante uma varredura	- N -

Fonte: MORAES E CASTRUCCI (2007).

Além das instruções básicas, existem diversas outras instruções funcionais presentes na programação ladder necessárias para automatizar um processo, como os blocos contadores e os timers. Porém mesmo com a facilidade de programação e a grande quantidade de usuários capacitados existentes no mercado, a linguagem LD é inadequada para sistemas complexos devido à dificuldade de validação, manutenção e modificação em programas longos. Faustino (2005) destaca que a crescente evolução dos controladores lógicos programáveis aumentou a capacidade de memória e de processamento dos dispositivos, além de agregar novas funcionalidades, o que tornou discutível a utilização única da linguagem diagrama ladder.

2.3 Sistemas Supervisórios

A automação de sistemas requer em muitas das vezes a criação de mecanismos para facilitar o trabalho dos operadores da planta. Esta necessidade de simplificar as complexas tarefas de supervisão, controle e gerenciamento de um processo produtivo motiva a utilização dos sistemas supervisórios ou interface homem-máquina (IHM), os quais recebem dados de um dispositivo de controle, permitem o monitoramento das variáveis de processo e as atuações necessárias.

Localizado no meio da pirâmide da automação, o sistema supervisório é a ligação entre o homem e os dispositivos de campo. Segundo Rosário (2005), o sistema supervisório é definido como uma interface amigável entre homem e máquina que permite o monitoramento e controle de sistemas automatizados por meio da aquisição de dados.

É neste sistema onde são coletados e armazenados todos os dados das variáveis do sistema produtivo. Desta forma, o sistema supervisório deve ser flexível, ou seja, capaz de se comunicar com outros *softwares* e dispositivos, e ter alto desempenho, para armazenar seguramente os dados e atuar de forma rápida e eficiente, sendo tolerante a falhas. Daneels e Satler (1999) afirmam que um sistema de supervisão é composto essencialmente por quatro componentes:

Processo físico: é o processo a ser supervisionado;

Hardwares: são os dispositivos físicos que atuam sobre o processo;

Softwares: são os programas responsáveis pelo gerenciamento, como aquisição, armazenamento e processamento, dos dados;

Rede de comunicação: é a rede responsável pela distribuição das informações entre os dispositivos do sistema.

A Figura 2.4 apresenta a estrutura do sistema de supervisão e controle industrial.

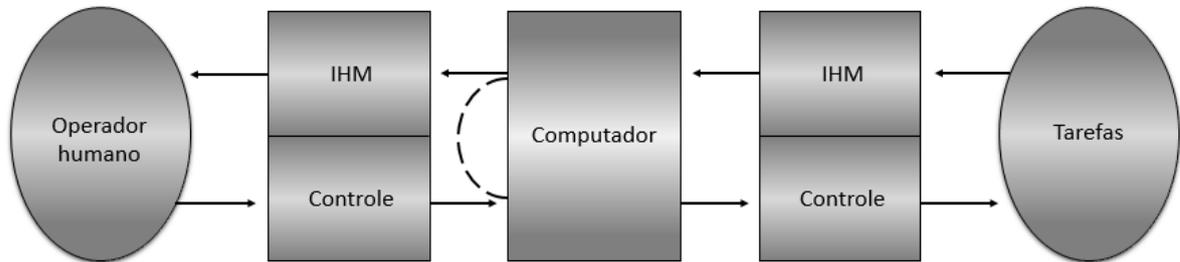


Figura 2.4 – Estrutura de um sistema supervisorio em ambiente industrial.

Fonte: ROSÁRIO (2005).

O supervisorio recebe os sinais do dispositivo de controle, que pode estar integrado à IHM, ou do operador e envia sinais de volta ao CLP para controlar os atuadores no campo. Esta comunicação entre o controlador e o supervisorio é realizada através de *tags*, que são um conjunto de mensagens digitais contendo informações podendo executar operações computacionais ou representar pontos de saída e entrada de dados originadas do CLP (*tag* do tipo *Device*), do sistema supervisorio (*tag* do tipo *Memory*) ou de um servidor (*tag* do tipo DDE) (MORAES e CASTRUCCI, 2007).

2.4 Controle de temperatura

O processo de implementação de sistemas controlados nas indústrias são bastante complexos. Segundo Campos e Teixeira (2006), um projeto de sistema de controle é composto por três fases. A primeira fase é o projeto básico, onde é realizada a análise do processo, o modelamento do sistema e a escolha do modelo de controle a ser utilizado, a fim de atender os requisitos iniciais do projeto. Além disto, são definidos os dispositivos de controle, os atuadores e sensores, e toda instrumentação a ser utilizada. Na segunda etapa são realizadas as instalações e configurações de todos os dispositivos. O ajuste adequado dos instrumentos são essenciais para evitar possíveis falhas, tanto nos *hardwares* quanto nos *softwares*. E o final do projeto de controle é a fase de operação e manutenção. Nesta etapa realiza-se os ajustes finos e a harmonização dos controladores para atingir o desempenho desejado.

Uma das principais malhas de controle utilizadas nas indústrias é a de temperatura. Esta variável de controle é de extrema importância e está presente desde indústrias de base até as de bens de consumo, além de ser empregada em ambientes comerciais e residenciais. Porém a dificuldade de analisar e modelar os sistemas térmicos, devido à falta de precisão e variação dos parâmetros de resistência e capacitância térmica das substâncias e o alto nível de abstração da teoria de controle (OGATA, 1997), distanciam a teoria da prática. Para contornar este problema são realizadas experimentações e utilizados estudos de modelos matemáticos e simulações computacionais.

Independente da aplicação, o controle de temperatura é realizado através da transferência de calor entre dois ou mais sistemas. Definido por Incropera et al. (2008), a transferência de calor é o trânsito da energia térmica causado por uma diferença de temperatura no espaço. Para fins de controle é necessário realizar a troca de calor entre materiais, seja por condução, convecção e/ou radiação, atingindo o valor de temperatura desejado (*setpoint*).

Bastante presente no cotidiano do brasileiro, a cerveja requer um preciso controle de temperatura em seu processo. Desde a preparação dos insumos até o consumo, o controle térmico se faz presente no processo cervejeiro. Um dos quatro principais compostos da cerveja, o malte, é torrado para atingir certo aroma, sabor e quantidade de açúcares desejados. Este processo de torrar é definido pela temperatura e tempo, sendo que os maltes menos torrados

forneem uma maior quantidade de açúcares fermentáveis em relação aos mais torrados (HUGHES, 2013).

O processo de fabricação da cerveja descrito por Piccini, Moresco e Munhos (2002), começa com a malteação, onde o malte é umedecido, germinado e secado sob temperaturas controladas, depois o malte é moído para iniciar o processo de mosturação, onde são misturados o malte e a água e aquecidos para quebrar o amido em açúcares. A temperatura nesta etapa deve ser extremamente controlada para ativar as enzimas corretas durante a mostura. A figura 2.5 representa a temperatura ideal e o pH para ativar as enzimas responsáveis pela conversão de amido em açúcares.

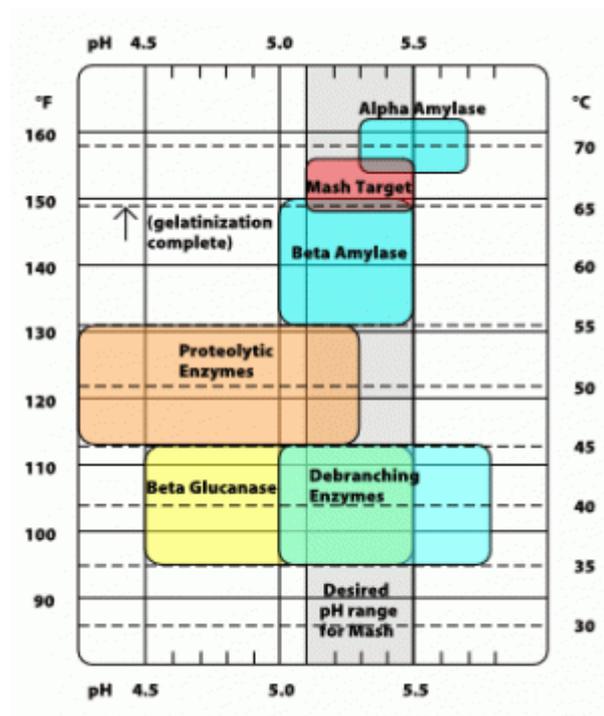


Figura 2.5 – Ativação das enzimas de acordo com a temperatura e pH.

Fonte: LOURO (2012).

Com o controle de temperatura preciso, é possível converter o amido nos açúcares desejados, obtendo a eficiência e a qualidade do processo. Outra etapa importante é a fervura, onde o mosto é fervido a uma certa temperatura, esterilizando o líquido, aromatizando e inativando algumas enzimas que podem contaminar a mistura. Além do aquecimento exigido no processo, também é necessário o resfriamento. Após a fervura o mosto deve ser resfriado para dar início ao processo de fermentação, onde as leveduras convertem os açúcares em álcool e gás carbônico.

A eficiência das leveduras dependem extremamente da temperatura (PICCINI, MORESCO E MUNHOS, 2002).

Palmer (2006), define a temperatura como um dos fatores principais para uma boa fermentação alcoólica. Uma temperatura muito acima da ideal de trabalho das leveduras provocam a conversão de açúcares em álcoois pesados e elevados níveis de diacetil, o que traz sabores e aromas não desejados na produção cervejeira.

Outra indústria que utiliza o controle de temperatura é a de alimentos, para conservar e evitar contaminações por microrganismos. Segundo um estudo realizado por Filho et al. (2006) no estado de Goiás, a temperatura é o principal fator externo que influencia no desenvolvimento de microrganismos, e quanto mais alta a temperatura, maior a taxa de crescimento dos microrganismos, consequentemente maior a chance de contaminação e perda dos alimentos.

O setor de tecnologia além de criar dispositivos capazes de medir e controlar a temperatura, como sensores de temperatura, resfriadores e aquecedores, também utiliza o controle da mesma para melhor performance de outros aparelhos. A exemplo, a Alphabet Inc., *holding* das empresas do Google, que utiliza o controle térmico por meio de refrigeradores de água para manter os seus servidores a uma temperatura de trabalho ideal de funcionamento. A Empresa também investe em novas tecnologias e técnicas de controle de temperatura. Uma das técnicas empregadas é a de *free cooling*, que utiliza o próprio clima do ambiente para refrigerar os servidores em St. Ghislain, na Bélgica. Esta técnica reduz o custo de energia elétrica e aumenta a eficiência dos servidores.

O controle de temperatura está presente em diversos outros setores da indústria, podendo ser uma variável crítica ou não. Com o monitoramento e controle desta variável é possível aumentar a qualidade dos produtos e garantir a segurança em operações e processos, nos quais a temperatura pode ser um risco ao ser humano.

3 METODOLOGIA

O laboratório de tecnologias industriais (TECIND) da Universidade Federal de Ouro Preto tem por parte de seus objetivos incentivar os estudos de sistemas de controle e automação em indústrias. Com o intuito de reativar uma planta utilizada em estudos passados, foi desenvolvido um sistema de controle de temperatura e nível de líquidos em um tanque utilizando o CLP Duo da Altus Sistemas de Automação.

3.1 Materiais

Para realizar o controle do sistema foi utilizado o controlador lógico programável Duo da empresa Altus. O CLP contém uma IHM integrada, 42 pontos de entrada e saída, com teclas funcionais e com a porta de comunicação RS232 e RS485. A Figura 3.1 apresenta o controlador.



Figura 3.1 – CLP Duo.

Fonte: ALTUS (2019).

O *software* de programação, feito pela Altus, compatível com o Duo é o MasterTool IEC. Este foi utilizado para programar a IHM e o sistema de controle da planta. O programa permite a escrita da programação em seis tipos de linguagem, as cinco linguagens padrões definidas pela norma IEC61131-3 e uma criada pela desenvolvedora do *software* chamada Gráfico Contínuo de Funções (CFC), derivada da Diagrama de Blocos Funcionais. A tela inicial do programa pode ser observada na Figura 3.2.

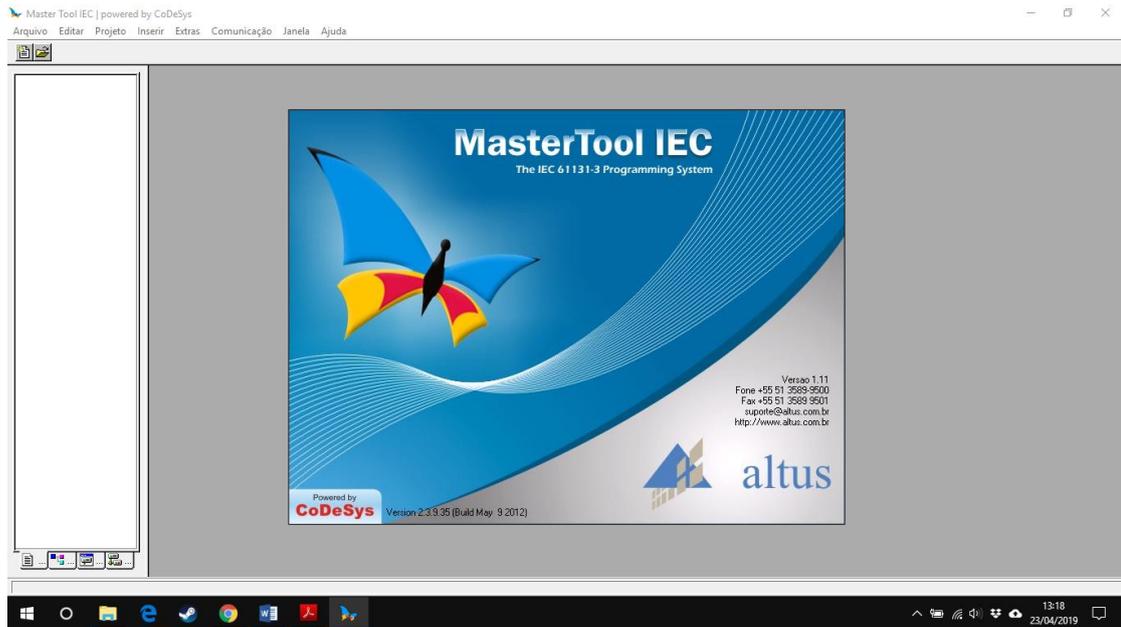


Figura 3.2 – Tela inicial do *software* MasterTool IEC.

Como proposto, foi utilizado o maior número de materiais reaproveitados possível para construção da maquete, reduzindo ao máximo o custo de construção do projeto. Com isso foram reutilizadas as válvulas solenoides da emicol®, modelo EVA 01, para liberar a passagem de água entre os tanques. A tensão de alimentação da válvula é de 127Vca / 60Hz, com uma vazão mínima de 7L/min e máxima de 40L/min, dependendo da pressão de operação. A válvula EVA 01 pode ser analisada na Figura 3.3.



Figura 3.3 – Válvula solenoide EVA 01.

Fonte: EMICOL (2019).

Para efeito de medição de temperatura foi escolhido o sensor DS18B20 à prova de água, para fazer a medição real do líquido no tanque. É um sensor digital, que lê temperaturas de -55°C a 125°C , com resolução de 12 *bits* e sua tensão de alimentação é de 3Vcc a 5,5Vcc. E para a medição dos níveis nos tanques foram utilizados dois tipos de sensores. Para o tanque principal foi utilizado o sensor ultrassônico HC-SR04, para medir a distância do sensor até a superfície do líquido, e conseqüentemente o volume contido no tanque. A medição do nível dos reservatórios de água foi realizada por chaves boia, sensores *on/off*, analisando somente o nível máximo e mínimo dos tanques. A Figura 3.4, 3.5 e 3.6 apresenta respectivamente o sensor de temperatura, o sensor ultrassônico e o sensor boia.



Figura 3.4 – Sensor de temperatura DS18B20.

Fonte: ELETROGATE (2019)



Figura 3.5 – Sensor ultrassônico HC-SR04.

Fonte: ROBOCORE (2019)



Figura 3.6 – Sensor de nível boia.

O aquecimento do líquido é realizado pelo acionamento de duas resistências de chuveiro de 4500W de potência e 127Vca ligadas em série. Devido a corrente suportada pelo relé de acionamento da resistência ser de 20A, as resistências foram ligadas em série, aumentando a resistência equivalente do circuito e consequentemente diminuindo a corrente que passa pelo relé. Na Figura 3.7 pode-se ver as resistências utilizadas ligadas em série.

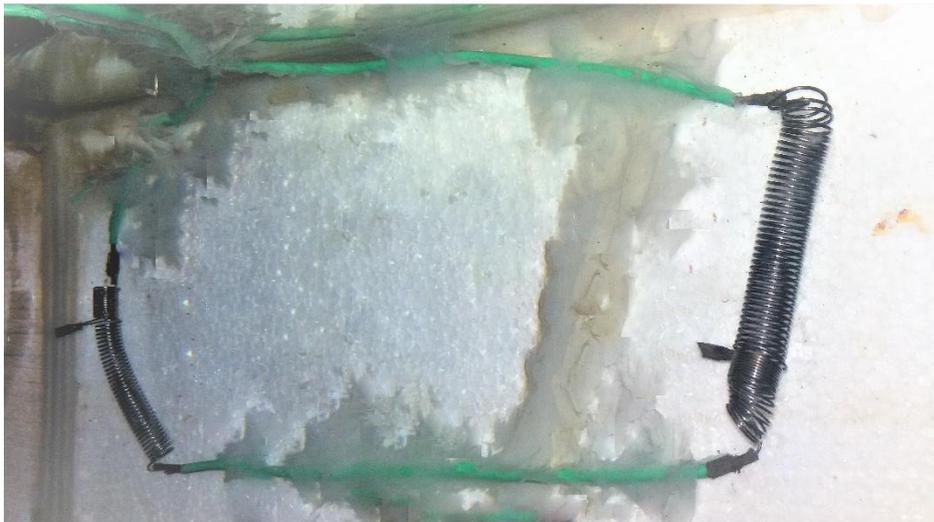


Figura 3.7 – Resistência elétrica de aquecimento.

Outro equipamento empregado foi o Arduino Uno, que é uma placa composta basicamente pelo microcontrolador ATmega328P e circuitos de entrada e saída. Devido a não comunicação do sensor de temperatura e do sensor ultrassônico com o CLP, o controlador Arduino Uno foi utilizado para condicionar o sinal e enviar um novo sinal para o controlador Duo. Após tratado e amplificado a aquisição de dados realizada pelo CLP tornou-se mais fácil e confiável. A Figura 3.8 contém o Arduino Uno.



Figura 3.8 – Arduino Uno
Fonte: ARDUINO (2019)

O bombeamento de água do tanque inferior para os reservatórios superiores é realizado por uma eletrobomba de água, usada em tanquinhos, alimentada com 127Vca à 60Hz, de 34W de potência e com vazão de média de 2,7L/min, calculada experimentalmente. A eletrobomba é apresentada na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Eletrobomba de água.

Com o propósito de homogeneizar a temperatura da água foi implantado um motor com uma hélice ligada em seu eixo. Este equipamento movimenta a água presente no tanque, igualando a temperatura em todo o volume do tanque.

Outros dispositivos foram empregados para a produção da maquete. A Tabela 3.1 contém todos os equipamentos utilizados para a montagem da planta de controle de temperatura e nível, assim como o valor gasto na compra dos produtos que não haviam no laboratório e a quantidade de cada um dos dispositivos utilizados.

Tabela 3.1 – Materiais utilizados

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR TOTAL
CLP Duo	1	Fornecido pelo Laboratório
Sensor HC-SR04	1	R\$ 15,90
Sensor DS18B20	1	R\$ 15,90
Sensor de nível do tipo boia	4	Fornecido pelo Laboratório
Válvula solenoide	4	Fornecido pelo Laboratório
Arduino Uno	1	Fornecido pelo Laboratório
Disjuntor	1	R\$ 15,00
Fonte 24Vcc	1	Fornecido pelo Laboratório
Tanque	3	Fornecido pelo Laboratório
Placa de relés	1	Fornecido pelo Laboratório
Eletrobomba de água	1	Fornecido pelo Laboratório
Resistência elétrica	2	R\$ 30,00
Motor AC	1	Fornecido pelo Laboratório
TOTAL	21	R\$ 76,80

Além destes equipamentos presentes na Tabela 3.1, foram utilizadas tubulações, fita isolante, cabos elétricos de diferentes bitolas, dimensionados de acordo com a corrente de cada dispositivo, fita veda rosca, para evitar vazamentos de água nas conexões das tubulações, terminais elétricos e silicone.

3.2 Montagem

Os trabalhos realizados por Schmidt (2008), que propôs o controle de nível de tanques, e por Prado (2013), que utilizou a planta do laboratório TECIND para realizar o controle de temperatura e nível em tanques, motivaram o projeto de reativação da planta com melhorias e adaptações.

A Figura 3.10 contém a maquete utilizada por Prado em seu trabalho. É possível observar a utilização de cinco tanques, onde os tanques 1, 3 e 4 tinham sensores de nível do tipo boia para controle de nível, e o tanque 2 continha um ebulidor para aquecimento da temperatura.

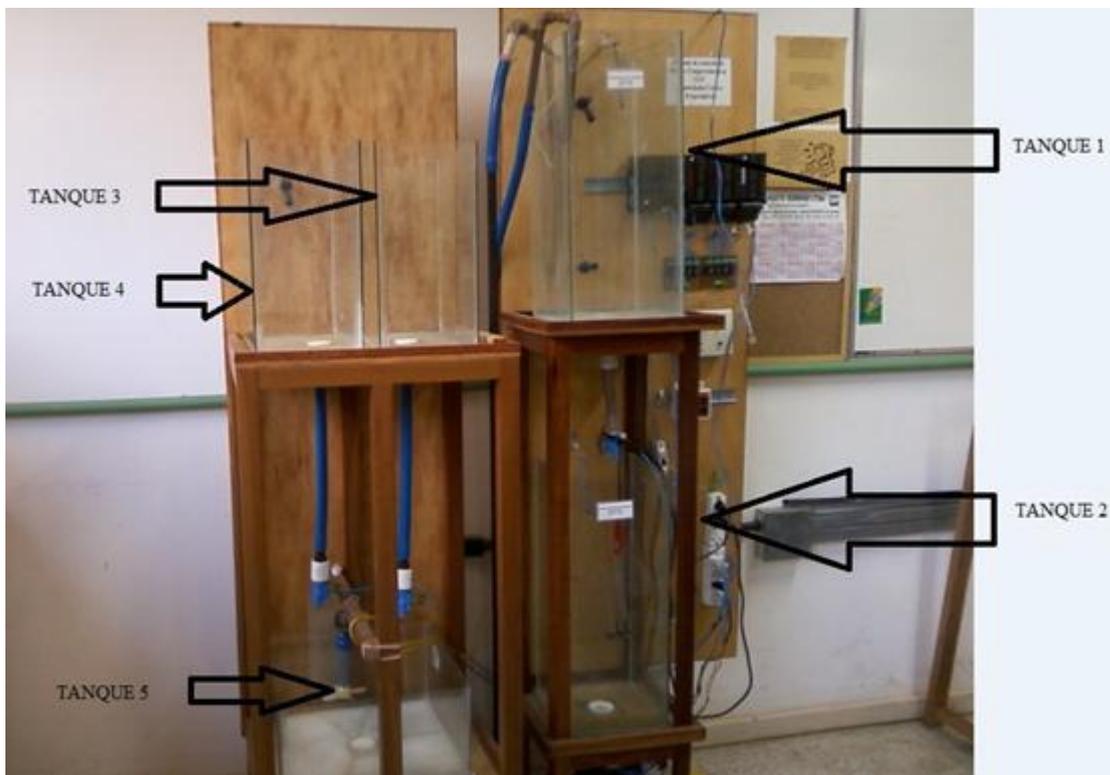


Figura 3.10 – Planta de controle de nível e temperatura em 2013.

Fonte: PRADO (2013).

Após a análise destes trabalhos e de outros realizados na UFOP, foi proposto o controle de temperatura e nível em apenas um tanque, utilizando dois tanques superiores como reservatório. Definido o objetivo, foi proposto um controle *on/off* para acionar os atuadores da planta. O controle térmico é realizado pelo acionamento das resistências imersas no tanque principal e

pela recirculação de água, transferindo o calor por condução, e a homogeneização da temperatura do líquido ocorre por uma hélice ligada a um motor de corrente alternada. A planta completa pode ser observada na Figura 3.11.

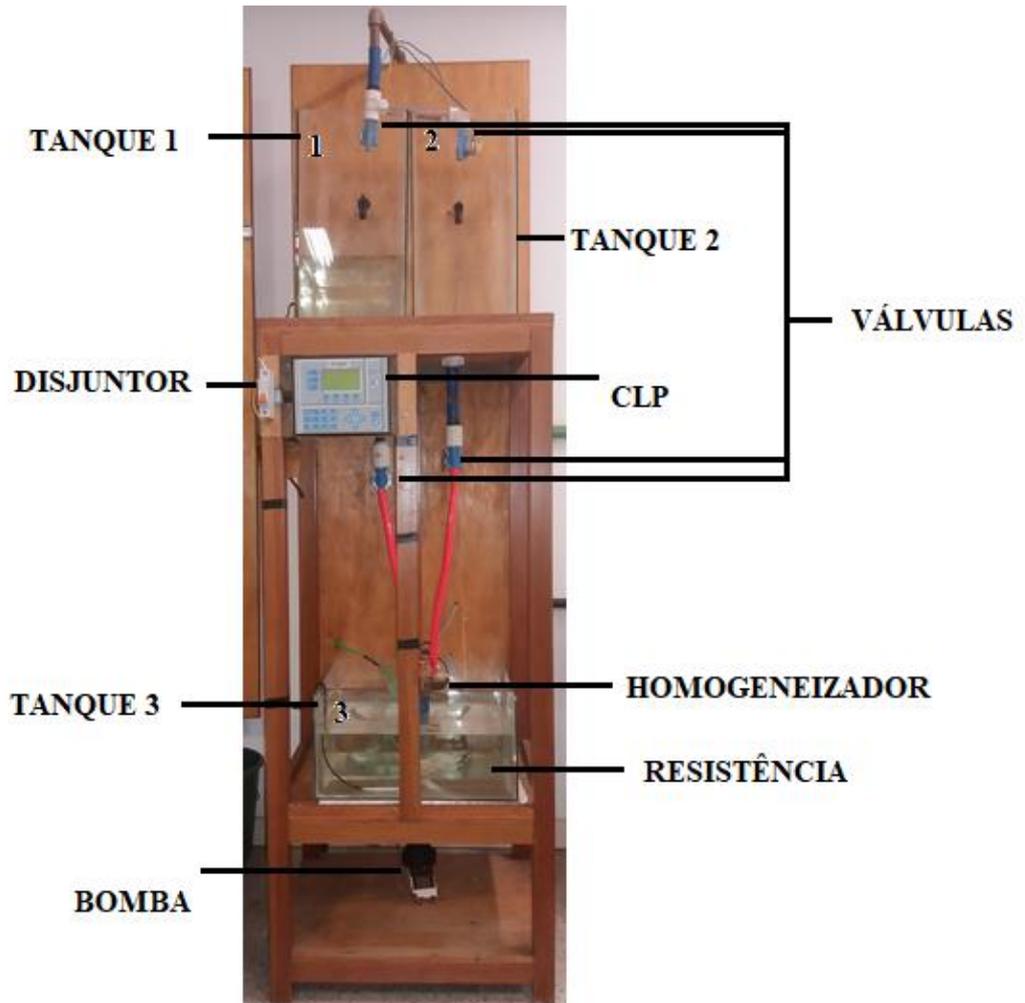


Figura 3.11 – Planta de controle de temperatura e nível 2019.

A planta contém os dois tanques superiores, que funcionam como reservatório de água, o tanque 1 recebe prioritariamente água fria, e o tanque 2 água quente, e ambos os tanques possuem o controle de nível máximo e mínimo, para fins de segurança de equipamentos e evitar transbordamento.

O controle térmico e de nível é realizado no tanque 3, onde o sensor DS18B20 e o HC-SR04 enviam um sinal para o Arduino, onde este é tratado, através da programação contida no Anexo A, e enviado ao CLP um novo sinal. Assim o controlador aciona os atuadores de acordo com a lógica programada.

Uma das principais partes do projeto é a estrutura hidráulica, formada por mangueiras, tubulações e conexões, além dos atuadores (bomba e válvulas solenoides). É possível analisar pela Figura 3.12 as possibilidades do fluxo de água.

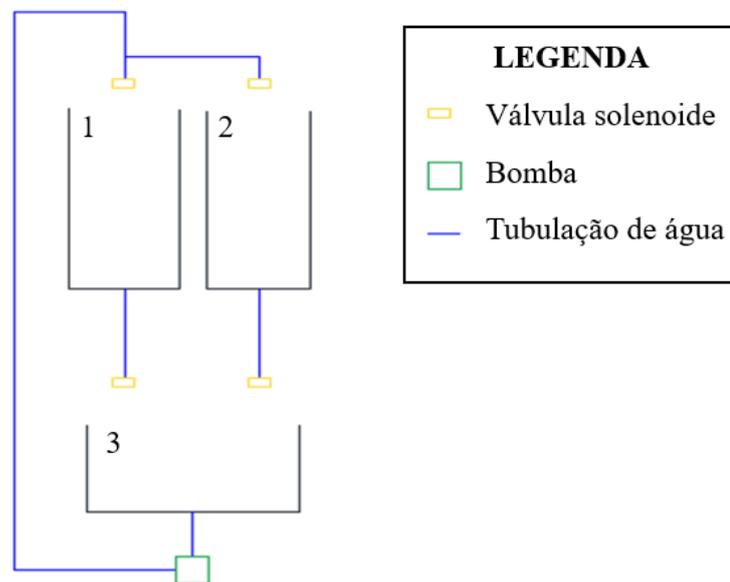


Figura 3.12 – Esquema hidráulico.

E a outra parte fundamental no projeto é a arquitetura elétrica do sistema. Composto pelo CLP, atuadores, sensores, disjuntor, fonte, Arduino e placa de relés, a estrutura elétrica proporciona o controle e monitoramento do sistema.

Projetado em circuito elétrico de 127Vca, o sistema conta com duas fontes de tensão para atender as especificações dos equipamentos, uma para alimentar o Arduino, de 5Vcc e uma para o CLP, de 24Vcc. Os atuadores operam todos em tensão alternada de 127Vca, acionados pelos relés. O esquema elétrico é apresentado na Figura 3.13.

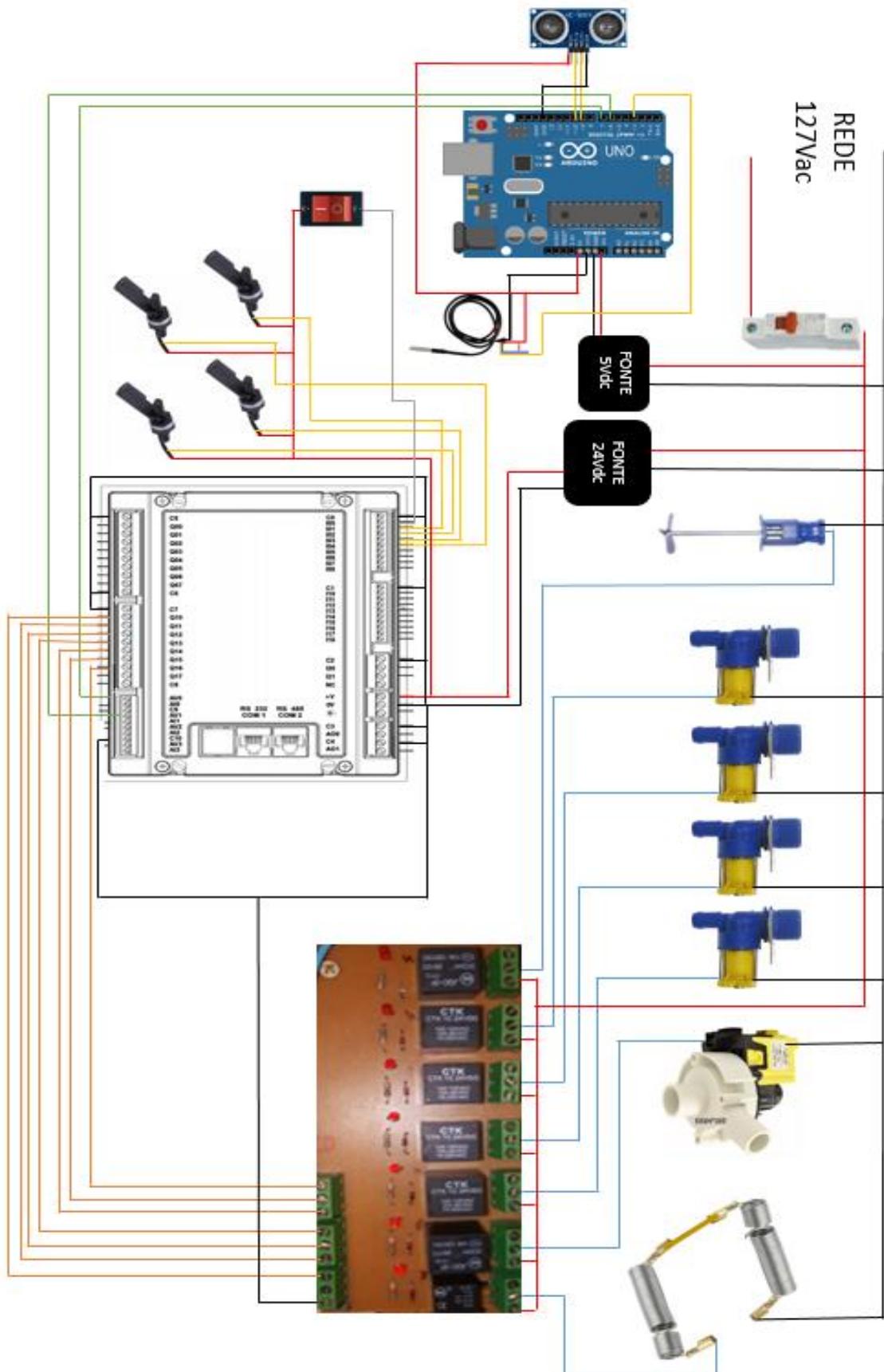


Figura 3.13 – Esquema elétrico da planta de controle.

3.3 Programação

Para o controle de temperatura do sistema proposto foi selecionada a linguagem ladder por ser a linguagem mais empregada atualmente no setor industrial e não requerer elevado nível de conhecimento em programação, pois é simples e intuitiva.

O programa é iniciado quando o operador ativa o botão LIGA. Se ligado, o CLP compara a leitura dos sensores com os valores desejados, indicando situações que o sistema pode apresentar, como se o nível do tanque 3 está no máximo ou no mínimo permitido. Essas instruções estão presentes na Figura 3.14.

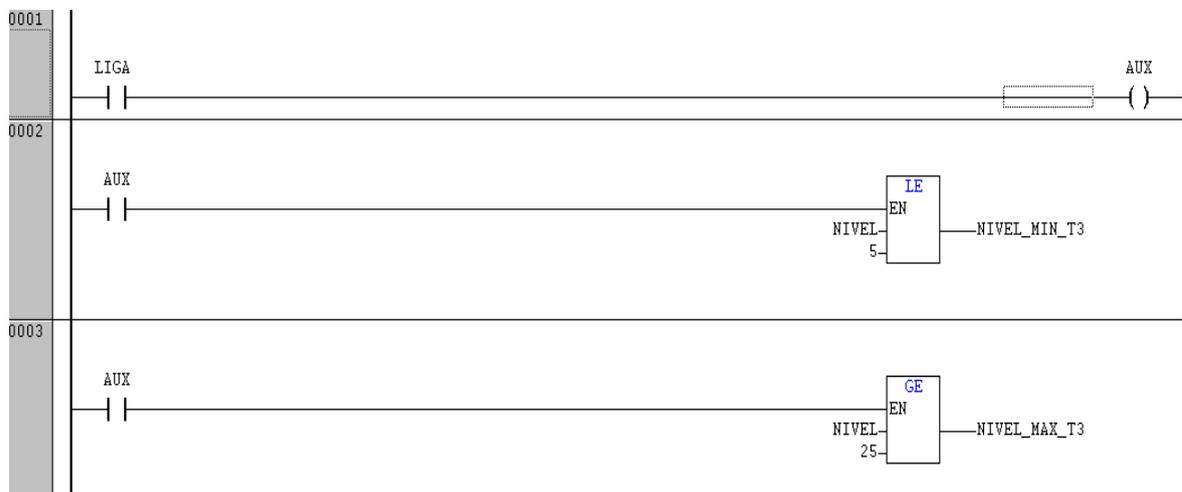


Figura 3.14 – Inicialização do sistema.

Iniciado o sistema, o operador define qual o nível e a temperatura desejada. Assim, a comparação da temperatura medida com a desejada é realizada. Caso a temperatura mensurada pelo sensor seja menor que a definida pelo operário, o código verifica se o nível mínimo do tanque 3 está desativado, ou seja, verifica se a resistência está completamente imersa na água, evitando de queimá-la. Com as duas hipóteses verdadeiras, o controlador ativa o relé que liga a resistência. Esta sequência é observada na Figura 3.15.

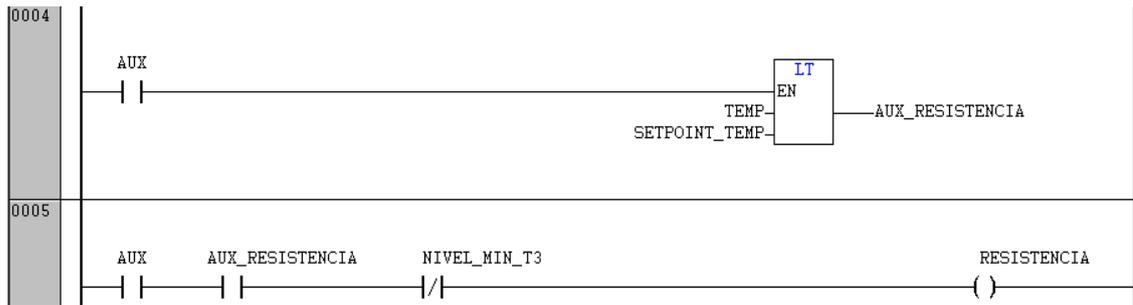


Figura 3.15 – Acionamento da resistência.

A comparação feita pelo programa das variáveis de entrada com as variáveis medidas aciona as bobinas auxiliares para ativar os atuadores do sistema. A Figura 3.16 apresenta os possíveis estados do sistema, como temperatura alta, baixa ou ideal.

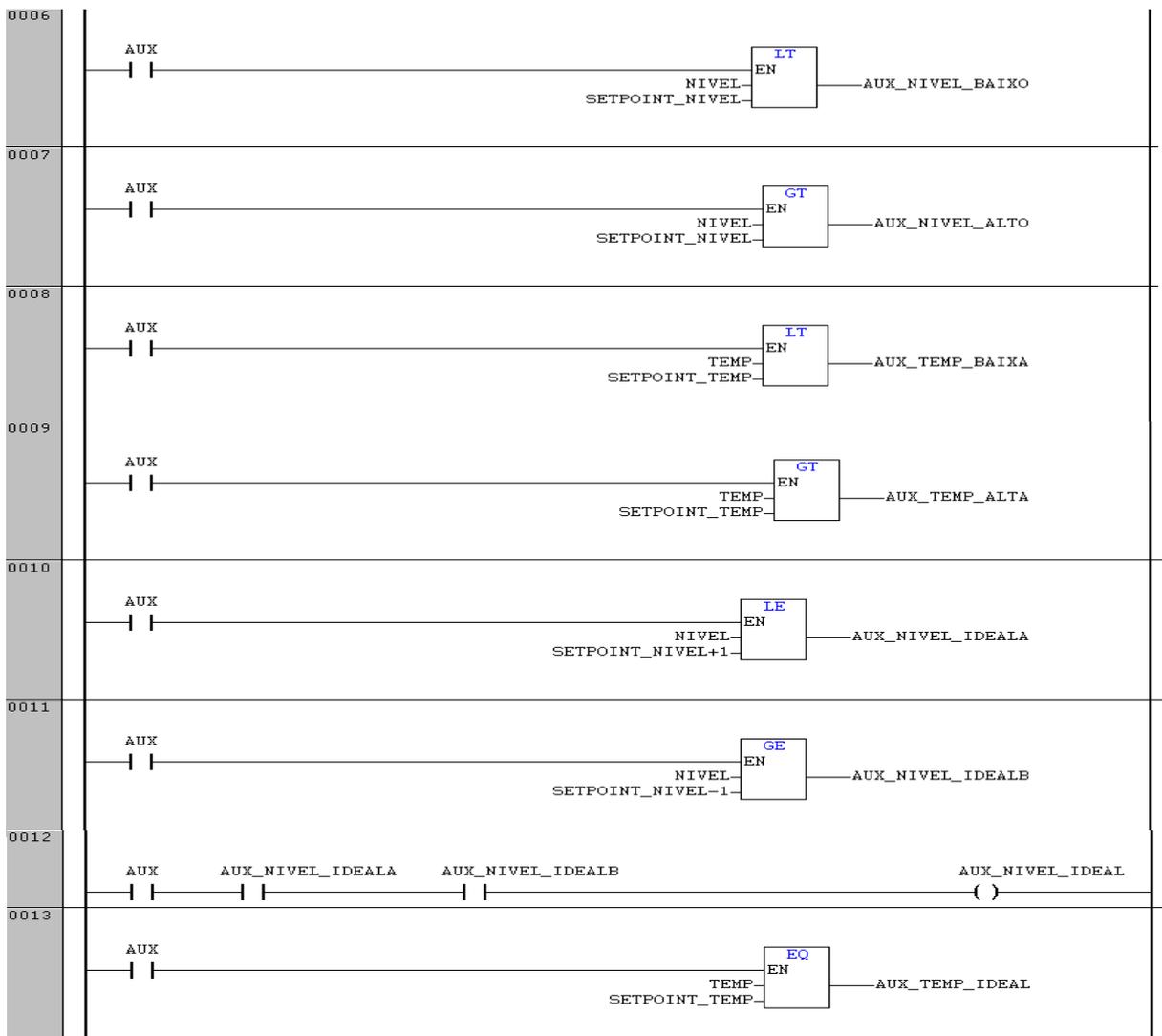


Figura 3.16 – Possíveis estados do sistema.

O resfriamento do líquido é realizado por recirculação. Quando a temperatura do tanque 3 está maior que o desejado, a válvula baixa do tanque 1, com água fria, é preferencialmente acionada, assim como a válvula alta do tanque 2 e a bomba. Isso faz com que resfrie gradativamente o líquido presente no tanque de controle. Esse sequenciamento é visto na Figura 3.17.

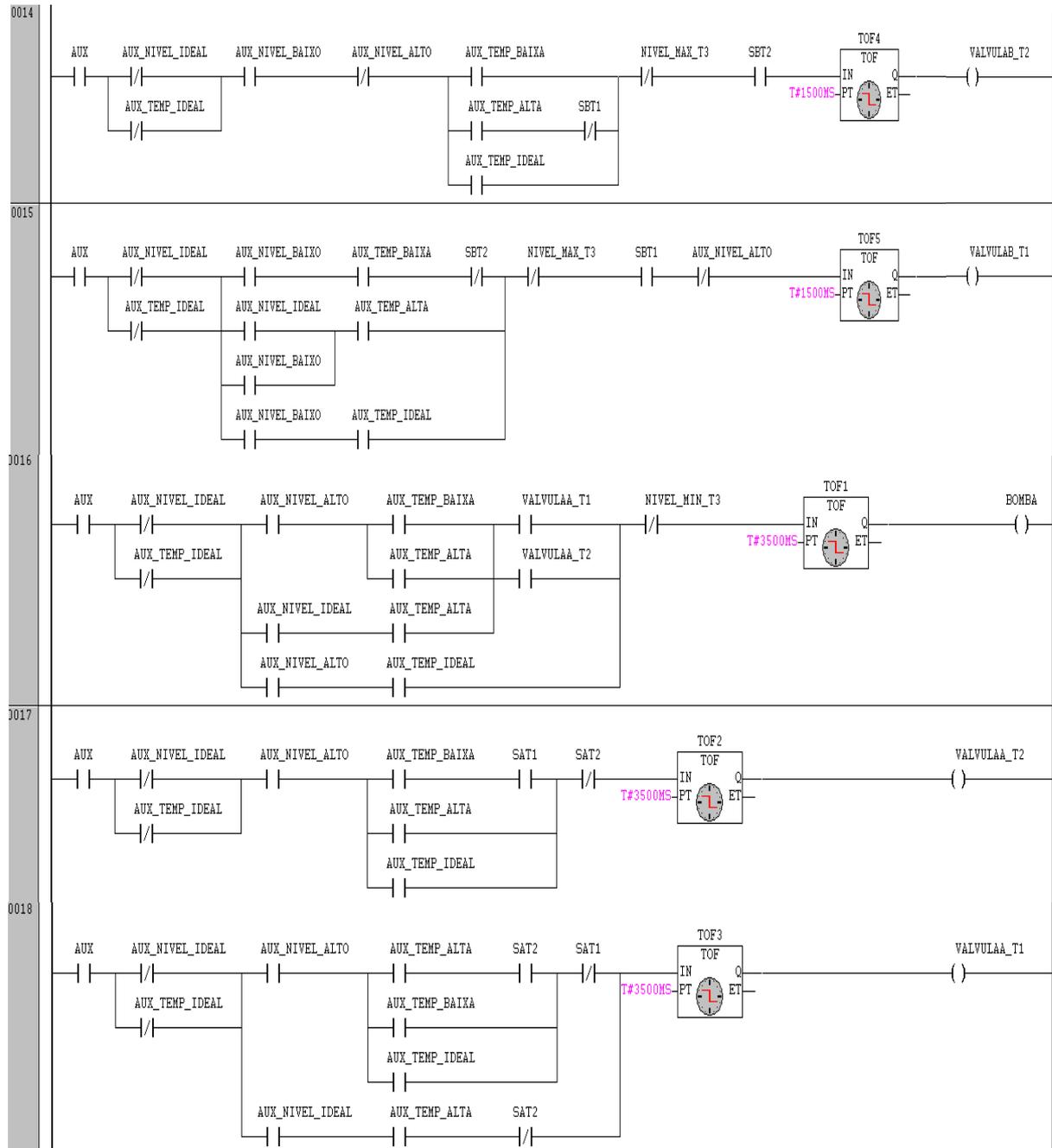


Figura 3.17 – Controle de resfriamento.

3.4 Resultados

A última fase do projeto foi a parte de testes. No experimento realizado calculou-se o tempo de aquecimento e resfriamento de uma certa quantidade de água. A mudança de temperatura depende de diversas variáveis do meio, como potência da resistência, volume do líquido no tanque de controle e nos reservatórios além da temperatura e pressão ambiente.

As medidas do tanque de controle utilizadas foram 39,3 cm de comprimento, 39,2 cm de largura e 19,5 cm de altura, o que resulta em uma capacidade máxima de 30,04L. Levando em conta a quantidade de líquido presente, foram feitos dois testes de aquecimento, um com 15L de água no tanque de controle e um com 21L. Pode-se observar o tempo que o líquido gastou para aquecer a uma certa temperatura.

Tabela 3.2 – Tempo de aquecimento

VOLUME 15L			VOLUME 21L		
MEDIÇÃO	TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)	MEDIÇÃO	TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)
1	0	27	1	0	38
2	39,98	28	2	66,01	39
3	80,62	29	3	123,21	40
4	118,92	30	4	179,53	41
TEMPO MÉDIO POR °C (s/°C)		39,64	TEMPO MÉDIO POR °C (s/°C)		59,84

Com a Tabela 3.2 observa-se que o tempo de aquecimento varia de acordo com a quantidade de líquido presente no tanque de forma significativa. Com o acréscimo de 6L de água no tanque foram necessários cerca de 20 s/°C a mais para uma variação de 3°C positiva. Considerando trabalhos passados, o tempo de controle se torna satisfatório e apresenta evoluções devido a utilização de equipamentos e técnicas melhores.

Já o resfriamento realizado apenas por troca de calor e por recirculação depende de fatores como a temperatura ambiente, do reservatório de água fria e outros. No dia do experimento o teste contou com um tanque de resfriamento a temperatura ambiente, 24°C. A água no tanque

de controle estava à 40°C e com volume de 15L, e demorou 15 min e 28 s para esfriar até 28°C, aproximadamente 77 s por °C.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tendência à automação de diferentes setores está em alta, em grandes e pequenas indústrias e em ambientes residenciais a necessidade se faz cada vez mais presente. Em setores industriais, os controladores lógicos programáveis se tornaram indispensáveis para fins de monitoramento e controle, aumentando a qualidade e segurança dos produtos e processos, além de reduzir custos operacionais.

Este trabalho teve como proposta o estudo dos CLP's, como sua estrutura, funcionamento, e também de uma das linguagens mais utilizadas na indústria de controladores lógicos, a linguagem ladder, além de projetar uma aplicação onde o controle de temperatura estivesse presente.

Dessa forma, foi tomado como base projetos anteriores e realizado um sistema de controle de temperatura e nível em um tanque de água. A programação feita em linguagem ladder foi capaz de realizar o controle de forma satisfatória.

Para trabalhos futuros, é sugerido implementar um sistema de resfriamento mais eficiente, utilizando equipamentos como *chiller* de placas ou algum outro tipo de refrigerador. Ainda pode-se propor um novo controle, como o controle PID, utilizando um controlador de potência para controlar a potência das resistências, que além de tornar o sistema mais eficiente, tem-se uma economia significativa de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTUS. **CLP da série Duo da Altus Sistemas de Automação**. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/produto/11/serie-duo>>. Acesso em: 03 julho 2019.

ARDUINO. **Arduino Uno**. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 03 julho 2019.

BOLTON, W. *Programmable Logic Controllers*. 6. Ed. Oxford: Elsevier, 2015. 214 p.

CAMPOS, M. C. M. M.; TEIXEIRA, H. C. G. **Controles típicos de equipamentos e processos industriais**. São Paulo: Editora Blucher, 2006. 396 p.

DANEELS, A.; SALTER, W. *What is SCADA?* In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCELERATOR AND LARGE EXPERIMENTAL PHYSICS CONTROL SYSTEMS. Trieste, Italy, 1999.

ELETROGATE. **Sensor de temperatura DS18B20**. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua>>. Acesso em: 03 julho 2019

EMICOL. **Válvula de entrada de água EVA 01**. Disponível em: <<https://www.emicol.com.br/produtoDetalhes.php?l=1&p=produtoDetalhes&c=3&id=116>>. Acesso em: 03 julho 2019.

FAUSTINO, M. R. **Norma IEC61131-3: Aspectos históricos, técnicos e um exemplo de aplicação**. 2005. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FILHO A. T. F. et al. **Qualidade bacteriológica de meias-carcaças bovinas oriundas de matadouros-frigoríficos do estado de goiás habilitados para exportação**. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, n. 3, p. 315-325, 2006.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 581 p.

HUGHES, G. **Home brew beer**. 1. Ed. Londres: Dorling Kindersley, 2013. 224 p.

INCROPERA, F.P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Tradução Eduardo Mach Queiroz e Fernando Luiz Pellegrini Pessoa. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

INTERNATIONAL ELETROTECHINICAL COMMISSION. IEC61131-1: Programmable Controllers Part 1, General information. Genebra, 2003.

INTERNATIONAL ELETROTECHINICAL COMMISSION. IEC61131-3: Programmable Controllers Part 3, Programming Languages. Genebra, 1993. 207 p.

LOURO, R. **Ciência na cerveja – As enzimas e suas funções na panela cervejeira**. 2012. Disponível em: <<https://cervejaartesanal.wordpress.com/2012/07/24/ciencia-na-cerveja-as-enzimas-e-suas-funcoes-na-panela-cervejeira/>>. Acesso em: 22 abril 2019.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 347 p.

NATALE, F. **Automação Industrial**. 10. Ed. São Paulo: Érica, 2013. 252 p.

OGATA, K. *Modern Control Engineering*. Estados Unidos: Prentice-Hall, 1997. 828 p.

PALMER, J. J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time**. 3. Ed. Brewers Publications, 2006. 347 p.

PALMIERI, K. B. 2017, **Notas de aula** – Informática Industrial. UFOP – Ouro Preto.

PICCINI, A. R.; MORESCO C.; MUNHOS L. **Cerveja**. 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/>>. Acesso em: 22 abril 2019.

PORTER, M. E. Technology and competitive advantage. In: **Competitive advantage: creating and sustaining superior performance**. New York: Free Press, 1985. cap. 5.

PRADO, V. R. **Controladores lógicos programáveis, norma IEC61131-3 e suas implicações práticas em projetos**. 2013. 74 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial – PLC: Teoria e Aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 259 p.

ROBOCORE. **Sensor Ultrassônico HC-SR04**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/sensores/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04>>. Acesso em: 03 julho 2019.

ROSÁRIO, J. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Pearson, 2005. 356 p.

SCHMIDT, A. M. **Controle de nível de líquido utilizando controlador lógico programável**. 2008. 35 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.

ANEXO A

```
#include <Ultrasonic.h>

Ultrasonic ultrasonic(9, 10);

float distancia,volume, distanciaanterior = ultrasonic.read();

#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

OneWire pino(3);

DallasTemperature barramento(&pino);

DeviceAddress sensor;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  barramento.begin();

  barramento.getAddress(sensor, 0);

  pinMode(5,OUTPUT);

  pinMode(6,OUTPUT);

}

void loop() {

  delay(200);

  distancia = ultrasonic.read();

  Serial.println("Distancia em centímetros: ");

  Serial.println(distancia);
```

```
volume = (23.75-(distancia*2+distanciaanterior)/3)*39.3*39.2/1000;  
distanciaanterior = distancia;  
Serial.println("Volume em litros");  
Serial.println(volume);  
barramento.requestTemperatures();  
float temperatura = barramento.getTempC(sensor);  
Serial.println("Temperatura em graus celsius: ");  
Serial.println(temperatura);  
delay(500);  
analogWrite(5,volume);  
analogWrite(6,temperatura);  
}
```