

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

CÉSAR DA SILVA OSORES
LUÍZ CARLOS DE OLIVEIRA
MOACIR TRINCA JÚNIOR
TAYNARA ISAIAS DA SILVA

SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM ESTUFAS

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2018

**CÉSAR DA SILVA OSORES
LUÍZ CARLOS DE OLIVEIRA
MOACIR TRINCA JÚNIOR
TAYNARA ISAIAS DA SILVA**

SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM ESTUFAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Professor: Dr. Wellington Batista de Sousa.

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2018

**CÉSAR DA SILVA OSORES
LUÍZ CARLOS DE OLIVEIRA
MOACIR TRINCA JÚNIOR
TAYNARA ISAIAS DA SILVA**

SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM ESTUFAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moisés Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador: Professor Dr. Wellington Batista de Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em: ____/____/2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wellington Batista de Sousa, FATEC SBC - Orientador

Prof.

Prof.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de um sistema de climatização, utilizando a tecnologia e os recursos naturais para controlar as variações climáticas no interior de uma estufa, tornando o ambiente mais propício para o crescimento de uma plantação. O projeto permite que por meio do uso de sensores seja possível a obtenção e controle dos dados de temperatura, iluminação e umidade do ambiente, conforme o desejado. O ambiente será aquecido a partir de um painel solar, este desenvolvido com latas de alumínio, que aquecem o ar através dos raios solares, ou ainda, resfriar o ambiente através de um sistema de refrigeração, onde se emprega tubos para realização da troca de temperatura do ambiente interno com o externo, utilizando o princípio da termofissão. Todas as variáveis são controladas por um controlador lógico programável e o monitoramento através de uma interface homem máquina, além de um *software* supervisor. Deste modo, o projeto visa uma redução dos gastos energéticos e um melhor aproveitamento para o plantio, utilizando-se da tecnologia para controlar o ambiente, aumentando, assim, a qualidade e a produtividade do produto em plantio no interior da estufa.

Palavras-chaves: Automação. Climatização. Controle. Economia. Monitoramento.

ABSTRACT

The aim of a Greenhouse Climatization System is to develop a climate system using technology and natural resources to control climatic variations inside a greenhouse, making the environment more propitious to the plantation growth. The developed project allows, through the sensors, the possibility of obtain and control the temperature, lighting and humidity data of the environment as desired. This environment will be heated, using a solar panel, witch is going to be developed based on the use of aluminum cans, that will heat the air through the sunshine. Furthermore, it's also possible to cool this environment through a cooling system, where tubes are used to allow the exchange of temperature between the internal and external environment, using the thermo-fission principle. All variables are controlled by a programmable logic controller, monitored through a human-machine interface and a supervisory software. Therefore, the project intends to reduce the energetic costs as well as provide a better planting support, using the technology to control the environment, witch increases the quality and productivity of the planting practices inside the greenhouse.

Keywords: Automation. Climatization. Control. Economy. Monitoring.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	07
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
1.1 História da Estufa	10
1.2 Sistema de climatização em estufa	11
1.3 Estufa Automatizada	12
1.3.1 Resfriamento	13
1.3.2 Umidade	14
1.3.3 Aquecimento	14
1.4 Energia Solar	15
1.5 Clima típico na região brasileira	16
1.6 Termodinâmica	20
1.7 Propagação de calor	22
1.7.1 Condução térmica	23
1.7.2 Irradiação térmica	24
1.7.3 Convecção térmica	26
1.8 Painel solar	27
1.9 Sistemas de controle	31
1.9.1 Sistema de controle de malha fechada	31
1.10 Controlador Lógico Programável	33
1.11 Interface Homem Máquina	35
1.12 Sensores	37
1.12.1 Sensores de temperatura	38
1.12.2 Sensor de luminosidade	41
1.12.3 Sensor de umidade do solo	43
2 METODOLOGIA	45
2.1 Tema-problema e justificativa	45
2.2 Descrição do projeto	46
2.3 Etapas de desenvolvimento do projeto	46
2.4 Cronograma das Etapas	47
2.5 Esboço do projeto	48
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	50
3.1 Montagem do painel solar	51
3.2 Construção da estufa	55

3.3	Montagem do painel elétrico	57
3.4	Desenvolvimento da lógica <i>ladder</i>	60
3.5	Desenvolvimento do supervisorio	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		69
REFERÊNCIAS		71
APÊNDICES		75
ANEXOS		85

INTRODUÇÃO

Desde que o homem deixou de ser nômade e buscou se estabelecer em uma determinada região, um aspecto preponderante para essa escolha passou pelo fator temperatura dessa localidade, afinal sem as devidas condições climáticas, tal fixação seria inviável, visando também à importância na forma de cultivo dos alimentos, já que em determinadas estações e regiões não existiam aquelas que costumeiramente eram base de sua alimentação. Com o passar do tempo os diversos tipos de alimentos foram sendo levados para outras localidades do mundo, e conforme as semelhanças climáticas foram se adaptando, já outros nem tanto assim, com isso e o desejo de permanecer com o cultivo dos alimentos de sua rotina que as estufas começaram a ser estudadas.

Segundo a Plantec (2015), na Holanda em 1850, houve uma invenção que concedeu resultados maravilhosos na plantação de alimento em lugares onde os extremos de temperaturas tornariam a plantação inviável, trata-se das estufas, que pôde cultivar com sucesso uvas em um ambiente com temperatura controlada. Nos dias atuais, onde a produção de alimentos não supre a grande demanda, a produção deve ser ampliada mantendo a qualidade, e por isso as estufas se tornaram um auxílio e um acréscimo na produção destes produtos.

Diante destas situações, o projeto propõe uma estufa automatizada, sendo uma alternativa para suprir parcialmente essa demanda. A mesma será tratada com base no uso de radiação captada através de um painel solar constituído de materiais metálicos recicláveis, com auxílio de conceitos físicos aplicados, dentre eles, termodinâmicos, além de um estudo na área de agronomia.

Para isso, estratégias são aplicadas visando aspectos de redução de impactos ambientais e melhoria de produtividade, utilizando-se de um sistema simples e eficiente de troca de calor para obtenção do aquecimento da estufa. O emprego da diferença de temperatura entre a área interna e externa da estufa, por meio de difusores, torna possível o seu processo de resfriamento, diminuindo, assim, a sensação térmica no interior da estufa.

O Brasil tem um grande potencial em geração de energia solar que deveria ser mais explorado, considerando que o controle de temperatura de um local passa a ser importante, uma vez que vivemos em regiões onde a certeza da temperatura diária se tornar uma variável incerta, pois o clima brasileiro apresenta em sua previsão elementos que não podem ser perfeitamente quantificados ou mesmo previstos com a exatidão necessária.

De acordo Campos (2016), outra variável importante de se obter o controle quando pensado em plantas é a luminosidade, pois obtendo-se o seu controle é possível propiciar um melhor crescimento das plantas por fornecimento constante de luz, auxiliando, portanto, no seu processo de fotossíntese.

Já para autores como Libardi (2005), este afirma que um item essencial para o desenvolvimento dos seres vivos que é a variável umidade, definindo a quantidade de água ideal que deve conter no solo.

Partindo-se dessas considerações, o objetivo do projeto é o de desenvolvimento de um sistema automatizado para estufas, onde o usuário por meio de uma interface IHM (Interface Homem Máquina), possa definir a temperatura, umidade e iluminação dentro do ambiente e a partir destas predefinições e do emprego de sensores específicos e de um CLP (Controlador Lógico Programável), o ambiente possa ser climatizado para atingir as definições escolhidas de forma progressiva, empregando também aspectos de uso da energia limpa.

O dispositivo a ser desenvolvido funcionará com base em um CLP que após receber a leitura dos sensores, será capaz de controlar a abertura e fechamento de portinholas, além da iluminação e irrigação do ambiente conforme a necessidade de estabilidade e climatização desejadas.

Para que o trabalho possa ser realizado, optou-se em dividi-lo nos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1 - Fundamentação teórica:** encontram-se as teorias que dão sustentação ao desenvolvimento e construção do projeto;

- **Capítulo 2 - Metodologia**: mostra o caminho a percorrer para a construção do projeto, que é fundamentado em etapas e procedimentos;
- **Capítulo 3 - Desenvolvimento do projeto**: apresenta seu desenvolvimento e construção, abordando as dificuldades encontradas e a solução das mesmas;
- **Considerações finais**: apresentam impressões gerais do trabalho, resultados obtidos, pontos positivos e negativos do projeto e sugestões para possíveis estudos futuros.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos de diversos autores, dando a sustentação necessária ao desenvolvimento do projeto.

1.1 História das estufas

Segundo a Plantec (2015), as primeiras estufas hortícolas foram construídas pelos holandeses por volta de 1850 para o cultivo de uvas. Com isso foi possível observar que com o aquecimento e a incidência de radiação constante recebida, ocorria o rápido crescimento desse cultivo. Logo, os holandeses perceberam que poderiam ter plantações em maior escala apenas obtendo o controle de temperatura, umidade e iluminação em uma estufa.

Genuncio e Zonta (2015) afirmam que durante a história do desenvolvimento da estufa pode-se destacar alguns modelos, sendo eles:

- estufa plana: construída de nylon ou plásticos flexíveis, possui pouca ventilação devido ao baixo volume de ar presente no seu interior. Em dias muito chuvosos permitem a infiltração das águas da chuva, além de provocar deformidades por possas que se acumulavam no plástico, por isso são normalmente empregadas em áreas pouco chuvosas;
- estufa de capela: possui o formato de um triângulo ou duas superfícies inclinadas, facilmente construídas podendo ser produzidas com qualquer tipo de plástico, possuía algumas vantagens se comparado a estufa plana, pois devido a sua inclinação possibilitava o escoamento da água com mais facilidade, impossibilitando o acúmulo sobre o teto;
- capela dupla: semelhante a estufa de capela, sua principal diferença é um desnível entre suas inclinações, além de serem mais complexas para

construção necessitava de um custo mais elevado, possuíam ventilação aérea no teto, o que restringia sua construção por qualquer tipo de material;

- dente de serra: denominada assim por parecer a ferramenta dente de serra, seu teto possuía várias inclinações e cortes.

1.2 Sistema de climatização em estufas

Segundo Pedro (2015), para o desenvolvimento de uma estufa climatizada com intuito de obter sua produção durante o ano inteiro é necessário o conhecimento e prática de várias técnicas, compreendendo seu modelo estrutural, a propriedade do material que fará a incidência de radiação, um estudo sobre a radiação solar e a energia gerada sobre ela, dinâmica dos fluídos e características específicas da plantaçãõ desejada.

De acordo com Fao (2002), o motivo de haver plantações em estufa ocorre porque as condições climáticas em ambientes livres não possibilitam com tanta facilidade seu processo.

A radiação solar é o principal fator para determinar o micro clima em uma estufa, sendo ele o condicionadora temperatura do ar, do solo, movimentação do vento, evapotranspiração e fotossíntese.

Elsner et al. (2000) relata uma lista de importantes requisitos climáticos para a maioria dos alimentos plantados em estufas:

- a temperatura mínima deve ser superior a 7 °C no exterior da estufas, e jamais devem ser abaixo disso, porque a 0 °C qualquer tipo de plantaçãõ morre, já a temperatura máxima recomendada para cultivo é de 35 °C a 40 °C;
- a plantaçãõ cresce perfeitamente sobre temperaturas entre 17 °C a 27 °C sobre a proteção de uma estufa;
- a noite a estufa deve se manter aquecida com temperatura na faixa dos 12 °C e quando superar 22 °C torna-se necessário o resfriamento do ar;

- durante os três meses de inverno, é desejável um mínimo de 500 a 550 h de brilho do sol, quando esse quesito não é possível deve-se utilizar iluminação artificial;
- a temperatura mínima do solo deve ser 15 °C;
- a umidade deve ser mantida numa faixa de 70% a 90%, considerada uma faixa segura.

Ainda que os limites de crescimento da plantação possam depender de situações particulares, essas definições servem como orientações que podem ser aplicadas para definir um critério de climatização.

Já Ocampo et al. (2014) cita que as variáveis climáticas que controlam o desenvolvimento das plantas são temperatura, umidade e níveis de CO₂ no interior da estufa. No momento em que esses fatores não são controlados, a plantação perde em qualidade e quantidade de frutos.

A entrada de ar exterior na estufa pode gerar uma perda ou um ganho de energia térmica através da renovação do ar, que corresponde ao calor latente e sensível, perdido ou ganhado. O volume interno da estufa, a taxa de renovação de ar que entra por janelas ou infiltração e a pressão interna da estufa em relação a altitude do nível do mar, tornam-se fatores importantes para determinar a perda de energia deste mecanismo, devendo-se atentar ao isolamento térmico, evitando construir deficiências e vazamentos que possam comprometer seu funcionamento.

1.3 Estufas automatizadas

De acordo com Novidades agrícolas (2016), os aumentos dos valores dos produtos agrícolas permitiram o investimento em melhores estruturas de produção das estufas, que acompanhadas do avanço tecnológico, melhoraram o rendimento e a qualidade das produções, além de ampliar o ciclo de cultivo para qualquer época do ano.

O sistema de automação oferecido por estas empresas permite o controle do microclima da estufa através do acionamento de aberturas para ventilação,

luminárias, sistema de aquecimento e irrigação, toda essa operação se concentra no uso de um computador que recebe todas as informações de um conjunto de sensores que coletam as variações dos diferentes parâmetros em relação a alguns valores inicialmente programados. A partir dessas informações faz-se o acionamento necessário dos dispositivos correspondentes com função de correção de possíveis problemas detectados de forma autônoma.

1.3.1 Resfriamento

Conforme Tesi (2001), as estufas em princípio foram criadas para o plantio de alimentos em lugares frios, pois permitiam um controle de temperatura no seu interior, mantendo-o mais aquecido que o ambiente externo. Em contrapartida quando aplicadas em lugares onde as temperaturas eram muito altas se tornavam inutilizáveis, foi então que surgiu alguns tipos de resfriamento, seja por ventilação, evaporação da água, sombreamento ou a implementação de plásticos frios.

Existem diversos métodos que possam realizar a troca do ar interno com o externo, realizadas com métodos passivos, ventilação natural, ou ativa como ventilação forçada, com o intuito de mudar a temperatura e a umidade dentro das estufas e recompor a concentração de CO₂ em períodos diurnos. Para garantir uma boa troca de ar, existe uma taxa mínima de ventilação recomendada sendo de 48 a 60 renovações.

Com a tecnologia existente, pode-se desenvolver a ventilação natural com janelas de abertura manual ou automática, com acionamento por sensores de temperatura, umidade e vento. O sistema automático pode ter um controle do fluxo de ar totalmente aberta ou fechada e, ainda, um controle por reguladores de ação moderada, diferentemente da ventilação forçada, a qual é necessária o uso de ventiladores que permitem um controle maior da temperatura. Esse sistema pode ser baseado na admissão ou extração de ar do interior da estufa, sendo a extração mais eficiente possuindo um melhor rendimento e protegendo as plantas.

1.3.2 Umidade

Segundo Pedro (2015), este sistema está baseado no processo de evaporação da água passando do estado líquido para o gasoso. Essa situação normalmente é recomendada para áreas áridas e secas com umidade relativa entre 30% e 40%, exigem um alto consumo de água, e para a redução desse gasto o ideal é o ambiente possuir uma boa ventilação. Abaixo são apresentadas algumas formas de realizar este tipo de processo:

- Painel evaporador (“cooling system”): o ar passa por um painel poroso em que circula a água fazendo troca de calor devido à ventilação forçada, seu consumo elétrico é alto, no entanto a água não precisa ser de alta qualidade, podendo até ser água salinizada;
- Umidificação com água sobre pressão: trata-se de um tubo posicionado a 2 m de altura no centro da estufa que por bicos nebulizadores espalham a água em microgotas sobre a plantação, em uma pressão de 35 a 60 atm.

1.3.3 Aquecimento

De acordo com Lopez et al. (2001), os aquecedores de estufas se localizam na parte superior das estufas, proporcionando o aquecimento ou resfriamento rápido no momento em que atuam.

Um tipo de aquecimento que possa ser usado em estufas é o sistema convectivo que usa como elemento de condução de calor o ar, proporcionando um rápido aumento da temperatura. Podem ser classificados como:

- Gerador de ar quente por combustão indireta: utiliza um trocador de calor que separa os gases de explosão do gerador, permitindo que somente o ar quente possa entrar para parte interna da estufa;
- Gerador de ar quente por combustão direta: utiliza a troca de calor permitindo que todos os gases gerados pela combustão do gerador entrem na

estufa, principalmente por se tratar de usar um combustível menos tóxico como o gás natural ou propano;

- Aquecedores de ar: constituído por uma caldeira que por pressão impulsiona a água quente a um sistema de distribuição até chegar nas serpentinas do aquecedor de ar, também denominados de bateria radiante de aço, onde por um sistema de ventilação forçada o ar quente é lançado para dentro da estufa sendo, portanto, um sistema rápido e uniforme na distribuição de calor, não existindo riscos fitotoxicidade nas plantas.

Já os sistemas condutivos, normalmente são feitos por resistências e correntes elétricas ou tubos com corrente de água quente enterrados a 35 cm de profundidade que conduz o calor ao entrar em contato com o solo, substrato ou recipientes das plantas, não se obtém muita eficiência, pois para a temperatura do solo influenciar na temperatura do ar é necessário estar no mínimo 5 °C acima (TESI, 2001).

Ainda existe outro processo que pode ser usado para o aquecimento, sendo este o sistema de radiação. Nesse caso, o processo utiliza uma central térmica que por meio de tubos introduzidos na estufa transmitem o calor através de um fluido que permitem o aquecimento do ar e de elementos internos da estufa por convecção ou intercâmbio radioativo. Os tubos desses sistemas podem ser posicionados acima da plantação, no nível do solo ou por baixo das plantas.

1.4 ENERGIA SOLAR

Segundo Campaniço (2010), a energia solar é uma forma de energia proveniente dos raios solares, sendo uma fonte ilimitada e renovável.

A grande vantagem da sua utilização comparada a outros tipos de fontes de energia é que a possuímos em abundância, sendo sua radiação praticamente constante, não gerando poluição, além da obtenção de uma alta economia.

Aldabó (2002) afirma que a energia solar vem sendo bastante estudada nos últimos anos devido sua capacidade de transformação. Seu aproveitamento pode ser dividido em três processos:

- térmico: onde se utiliza diretamente o calor proveniente da radiação como energia;
- elétrico: ocorre um processo de transformação de energia, denominado fotovoltaico;
- químico: a radiação solar é transformada em energia química, pelo processo de fotossíntese.

Contudo, autores como Lima (2003), citam que além dos raios solares, também devem ser considerados outros fatores que influenciam nas radiações que atingem a superfície terrestre. Dentre estes fatores tem-se:

- Condições atmosféricas: em dias nublados e chuvosos a radiação é difusa (sofrem algumas dispersões em seu caminho), enquanto em dias de sol a radiação é direta (não sofre nenhum desvio causado pela atmosfera);
- Hora do dia: os ângulos dos raios solares mudam conforme a hora do dia;
- Estação do ano: em determinadas épocas do ano a incidência de radiação é mais intensa em um hemisfério do que em outro.

1.5 Clima típico na região brasileira

Nascemos em um ambiente onde ocorrem variações de temperatura constantemente, sejam elas decorrentes das estações do ano, de sua localização geográfica ou até mesmo dos transtornos que já causamos ao meio ambiente. E, com isso, surge a necessidade de desenvolver um mecanismo que auxilie no controle de temperatura.

Para Aldabó (2002), apenas 25% da radiação solar incidente em nossa atmosfera chega ao solo terrestre de forma direta. Ao longo da atmosfera a radiação solar passa por processos de reflexões, absorções e dispersões.

Segundo Azevedo (1950 apud ALMANAQUE ABRIL, 1997), estima-se que o território brasileiro tem sua localização em cercade 92% na zona intertropical, ou seja, a região é localizada entre a linha do Equador e Trópico de Capricórnio, e as baixas altitudes do relevo ajudam a explicar a predominância de climas quentes com médias superiores a 20 °C.

O Brasil é dividido em alguns tipos de climas de acordo com as massas de ar que circulam no seu território nacional sendo eles: equatorial, tropical, tropical de altitude, tropical atlântico, semiárido e subtropical, conforme a Figura 1.1.

Figura 1.1 - Tipos de climas no mapa do Brasil



Fonte: SIMIELLI, 2002, p. 89

De acordo com IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1989) a região amazônica é onde se encontra a zona equatorial, caracterizada por temperaturas médias entre 24 °C e 26 °C. No inverno, a queda de temperatura pode ser de 10°C devido à ação da massa polar atlântica.

O clima tropical se estende sobre áreas do planalto central no Centro-Oeste, grande parte do Nordeste e uma parte do Sudeste, tendo suas médias de temperaturas acima dos 20 °C, com amplitude térmica de até 7 °C durante o ano.

O clima tropical de altitude se localiza na região de planalto do Sudeste que se estende do norte do Paraná até o sul de Mato Grosso do Sul, apresentando

médias de temperaturas entre os 18 °C e 22 °C e amplitude térmica anual entre 7 °C e 9 °C.

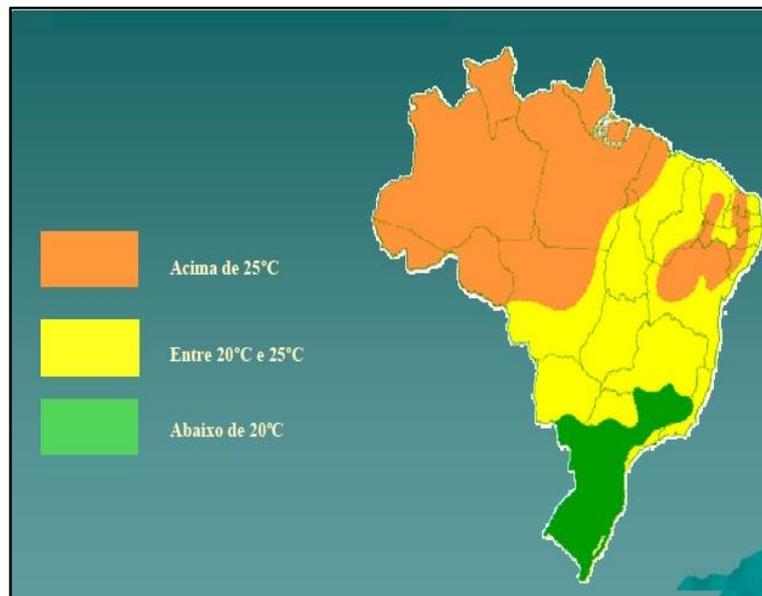
Na faixa litorânea localizada entre o Rio Grande do Norte até o Paraná temos o clima tropical atlântico com temperaturas variando entre 18 °C e 26 °C que aumenta conforme se avança para o sul.

Nas depressões do planalto do sertão nordestino e um trecho baiano do Rio São Francisco, temos o clima semiárido com médias de temperaturas elevadas, por volta de 27 °C, tendo amplitude térmica anual em torno de 5 °C.

Por fim temos o clima subtropical que compreende a parte sul do estado de São Paulo, e mais três estados da região Sul. As temperaturas médias são inferiores a 18 °C com amplitude térmica entre 9 °C e 13 °C.

Na Figura 1.2 observa-se o mapa do Brasil com a média de temperatura representada de acordo com as variações climáticas existentes sobre o território.

Figura 1.2 - Médias anuais de temperatura no Brasil



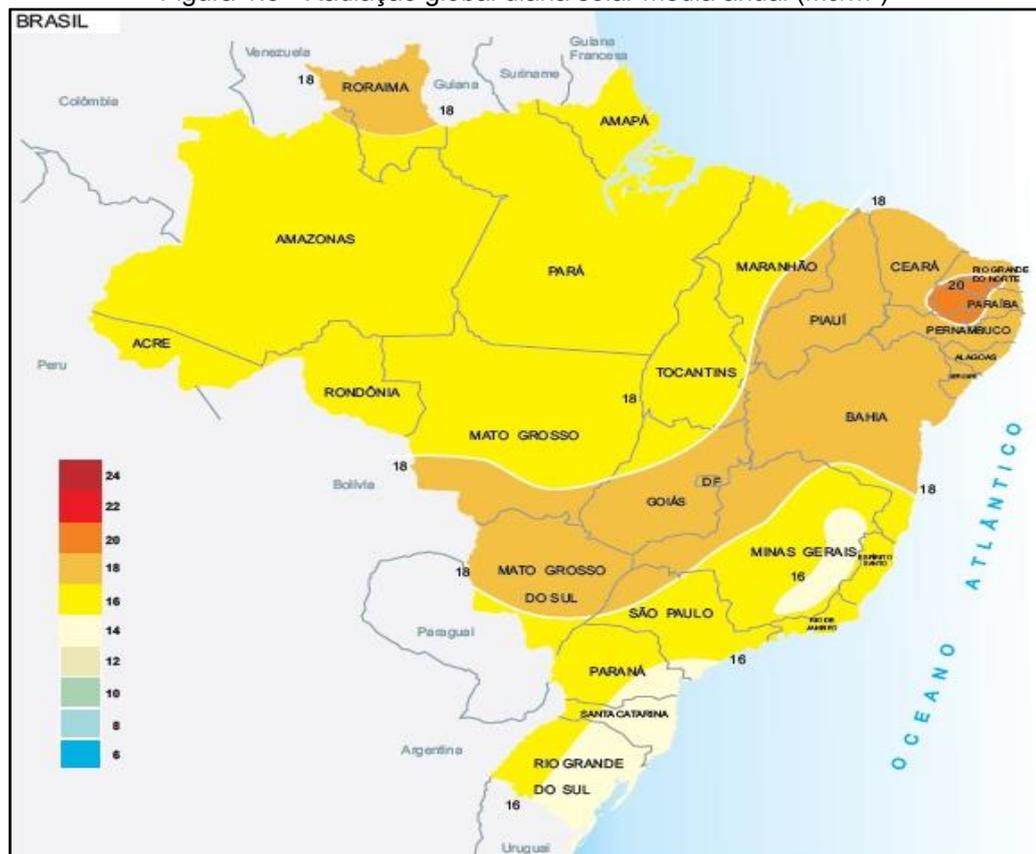
Fonte: PAUWELS, 2004, p.68

Conhecendo os tipos de climas existentes no Brasil, com o avanço da tecnologia e uso de novas fontes de energia, foram realizados levantamentos de

dados sobre o nível de radiação solar e insolação que o território brasileiro recebe durante o ano. Após o cruzamento de dados e os modelos de estudos baseados no cálculo de energia solar, estabeleceu-se uma média mensal dos níveis de insolação, sendo elaborados mapas demonstrando resultados que colocam o Brasil com um potencial muito grande de geração de energia solar, com média de níveis próximos a locais no mundo onde a geração é máxima.

Como exemplo, pode-se citar Dangola, no deserto arábico do Sudão e Dagget, com médias de 23,8 MJ/m².dia, e no deserto de Mojave nos Estados Unidos com média de 20 MJ/m². Na Figura 1.3 é apresentado o mapa do Brasil com o nível da radiação solar do espaço terrestre após o cruzamento de dados mensais chegando ao resultado final de média anual, (UFPE - Universidade Federal do Pernambuco, 2000).

Figura 1.3 - Radiação global diária solar média anual (MJ/m²)



Fonte: UFPE, 2000

Conforme as informações levantadas por essas pesquisas, tem-se em mente que o uso de mecanismos capazes de exercer determinada atividade tendo como

fonte principal a radiação solar acaba se adequando e se destacando com facilidade de aplicação em diversas regiões do Brasil, ressaltando que onde a incidência de radiação solar for maior, a eficiência e capacidade de absorção de energia solar do sistema serão melhores

1.6 Termodinâmica

De acordo com Levenspiel (2002), a termodinâmica é um estudo que relaciona a troca de calor e o trabalho realizado no momento de transformação de um sistema físico, no momento em que este interage com o meio externo, além de conter leis fundamentais capazes de explicar como as variações de pressão, temperatura e volume interferem neste processo.

A primeira lei da termodinâmica, frequentemente chamada de lei da conservação de energia, diz que parte do calor recebido ou cedido é usada para realização de trabalho, enquanto o restante fica acumulado na forma de energia interna. A Equação 1.1 expressa a primeira lei da termodinâmica.

$$Q = \tau + \Delta U$$

[1.1]

Onde:

Q = quantidade de calor, em J;

τ = trabalho, em J;

ΔU = variação da energia interna, em J.

As transformações que ocorrem em um sistema termodinâmico são denominadas conforme suas características:

- isotérmico: temperatura constante durante todo o processo, logo o $\Delta T = 0$;
- isobárico: pressão é constante durante todo o processo;

- isocórico: o volume é constante, logo todo o calor fica acumulado no sistema;
- adiabático: não ocorre a troca de calor com o sistema, para continuar executando trabalho o sistema consome a reserva de energia.

Antes da definição da segunda lei da termodinâmica é necessária uma breve definição de máquinas térmicas, conforme Santos (2015),

Máquinas térmicas são máquinas capazes de realizar trabalho a partir da variação de temperatura entre uma fonte fria e uma fonte quente. A grande maioria dessas máquinas retira calor de uma fonte quente, parte desse calor realiza trabalho e a outra parte é jogada para a fonte fria, definindo, dessa forma, a eficiência da máquina.

A Segunda Lei da Termodinâmica trata da transferência de energia térmica, ou seja, indica que as trocas de calor têm tendência para igualarem temperaturas diferentes, obtendo um equilíbrio térmico, o que acontece de forma espontânea (BURKARTER, et al., 2007, p. 101).

Conforme Freedman e Young (2008), “[...] na segunda lei da termodinâmica o calor flui naturalmente de um corpo quente para um corpo frio”. A Equação 1.2 expressa a segunda lei da termodinâmica, lei que apresenta o rendimento de uma máquina térmica quando esta opera em ciclo de Carnot¹.

$$\eta = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = 1 - \frac{T_{fria}}{T_{quente}}$$

[1.2]

¹O ciclo de Carnot corresponde a um ciclo teórico, representado por duas transformações isotérmicas, uma para a temperatura quente, ocorrendo o processo de expansão e outra para a temperatura fria onde ocorre o processo de compressão. Cada uma dessas transformações é intercalada com duas transformações adiabáticas, com o intuito de obter o rendimento máximo da máquina.

Onde:

η = rendimento;

Q_A = calor fornecido por aquecimento, em J;

Q_B = calor não transformado em trabalho, em J;

T_{fria} = Temperatura da fonte fria, em K;

T_{quente} = Temperatura da fonte quente, em K.

Um fenômeno importante no aspecto apresentado anteriormente é o da termofissão, que consiste da diferença de temperatura causada pelo movimento do ar devido a sua pressão com o meio. É um sistema pelo qual o ar quente (menos denso) sai por aberturas na parte superior de edificações, enquanto o ar externo e mais frio entrará pelas aberturas mais próximas ao piso.

Vale lembrar que em locais fechados o ar quente busca as regiões mais altas e o ar frio as mais baixas, então quanto mais alto for o topo de abertura, maior será a velocidade de exaustão do ar, sua garantia de funcionamento e sua renovação. Com isso, é possível perceber a importância do controle da ventilação do ar no ambiente onde se deseja aplicá-lo. Torna-se, portanto, notória a consistência das variáveis que alteram completamente o produto final.

1.7 Propagação de calor

Borgnakke, Sonntag e Wylen (2003, p.85) citam que “A transferência de calor é o transporte de energia que ocorre quando quantidades de matérias que apresentam temperaturas diferentes são colocadas em contato térmico”.

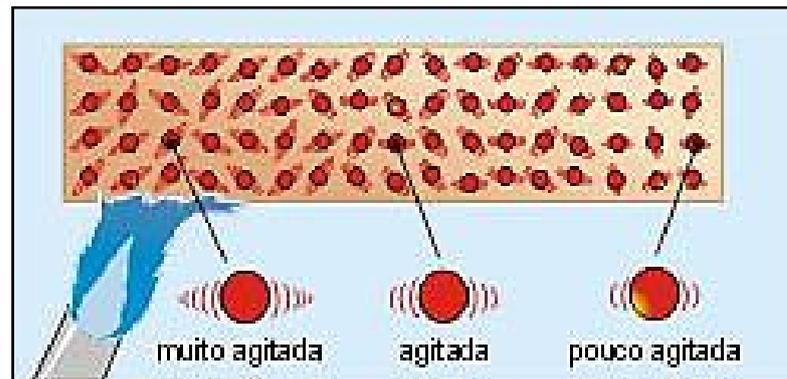
Segundo Ramalho et al. (2003, p.109), “o corpo com maior temperatura sempre propaga o seu calor para um corpo de menor temperatura de forma espontânea”.

As possíveis formas de transferência de calor podem ocorrer por condução, radiação e convecção.

1.7.1 Condução térmica

Segundo Moreira (2014), a condução térmica é uma propagação de calor decorrentes da agitação das moléculas, conforme apresentado na Figura 1.4.

1.4 - Representação das moléculas



Fonte: <https://www.tes.com>, 2017

A Lei da condução térmica em regime estacionário é conhecida e aplicada em algumas situações, definida como Lei de Fourier que determina o fluxo de calor expressa na Equação 1.3.

$$\Phi = K \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

[1.3]

Onde:

Φ = fluxo de calor, em cal/s;

K = coeficiente de condutibilidade térmica, em cal/s.cm. °C;

A = área, em cm²;

T_1 = temperatura da fonte quente, em K;

T_2 = temperatura da fonte fria, em K;

e = espessura, em cm.

Essa Lei determina que para obter um fluxo de calor maior é necessária uma área maior, ou uma maior diferença de temperatura, ou ainda, a espessura do material ser menor. Neste contexto Ramalho et al. (2003, p. 102), afirma que,

Em regime estacionário, o fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à área da secção transversal atravessada e à diferença de temperatura entre os extremos é inversamente proporcional à espessura da camada considerada.

Aplicando-se esse princípio a uma latinha de refrigerante, que possui dimensões de aproximadamente 236 cm^2 de área lateral, espessura de $0,1 \text{ cm}$, e hipoteticamente atribuindo uma diferença de $5 \text{ }^\circ\text{C}$ entre a parte interna e externa, e considerando o coeficiente do metal correspondente, no caso alumínio, pode-se afirmar que o fluxo de calor seria de $5,9 \text{ kcal/s}$. Isso significa que uma latinha tem alta capacidade de condução de calor entre o ambiente interno e externo de seu invólucro, possibilitando que esse calor absorvido possa ser transmitido aos gases confinados no interior da estufa, mas considerando que ocorrem perdas nesse processo.

1.7.2 Radiação térmica

Teixeira (2017), afirma que o fenômeno natural de radiação térmica prevê que o fluxo de calor seja transmitido por meio de ondas eletromagnéticas, denominadas ondas caloríficas ou calor radiante.

Um exemplo comum para explicar melhor como acontece o fluxo de calor por radiação térmica, é a radiação de luz solar sobre a terra que transmite calor, no entanto a presença do vácuo é um meio que impossibilita os outros dois processos.

De acordo com Ramalho et al. (2003, p. 107) o calor radiante quando incide em uma superfície, é absorvido, refletido e transmitido parcialmente. Assim obtêm-se três grandezas dimensionais conhecidas como absorvidade, refletividade e

transmissiva que somadas formam o valor integral de calor radiante. Quando, porém, uma dessas grandezas é nula, por exemplo, refletividade, $r = 0$, tem-se um corpo ideal que absorve todo calor radiante transmitido sobre ele, sendo assim definido como corpo negro. Quando ocorre o inverso, absorvidade é nula, $a = 0$, temos um corpo definido como espelho ideal, porque não absorve calor nenhum.

A partir desses conceitos estabelecidos afirma-se que o corpo negro é um bom absorvedor de calor e um bom emissor, sendo definido como o emissor ideal ou perfeito, e expresso seu Poder Emissivo (E) como a potência irradiada por unidade da área do mesmo. Conforme apresentado na Equação 1.4 abaixo:

$$E = \frac{P}{A} \quad [1.4]$$

Onde:

E = poder emissivo, em W/m^2 ;

P = potência, em W ;

A = área do corpo negro, em m^2 .

Ainda segundo Ramalho et al. (2003, p.109), a Lei de Stefan-Boltzmann afirma que "Um corpo negro é caracterizado por absorver toda a radiação que nele incide". Nela se estabeleceu uma constante de proporcionalidade σ que corresponde em unidades no Sistema Internacional a $5,7 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$. Expressa na Equação 1.5.

$$E_{CN} = \sigma \cdot T^4 \quad [1.5]$$

Onde:

E_{CN} = fluxo de calor, em W/m^2 ;

σ = constante de proporcionalidade de Stefan-Boltzmann;

T = temperatura do corpo negro, em K .

1.7.3 Convecção térmica

Conforme Borgnakke, Sonntag e Wylen (2003, p.85) “a convecção é um processo de transferência de calor através do movimento de um material sobre uma superfície com temperatura diferente do meio que escoa”.

De acordo com Calçada e Sampaio (1985, p.141) a propagação de energia térmica por convecção, só ocorrerá em fluidos, ou seja, gases, líquidos e vapores, pois no momento que são expostos ao calor as partículas se movimentam no interior do fluido, algo que não ocorre nos sólidos. Um exemplo que pode ser citados para explicar esse fato de forma visual é quando um líquido aquecido em um recipiente junto com serragem em seu interior, as partículas do fundo se tornam menos densas por estarem quentes, por isso elas sobem para a superfície enquanto que as partículas mais frias descem para a parte inferior criando assim a denominada corrente de convecção.

Outro exemplo natural que pode ser citado para ilustrar esse evento, é a brisa marítima, quando o dia nasce, a diferença de temperatura da terra com o mar cria um fluxo de ar frio do mar para terra até o ponto que a temperatura dos dois meios se estabilizem pela exposição ao sol. Quando a noite chega, o fluxo de ar frio ocorre da terra para o mar, apresentado na Figura 1.5.

Figura 1.5 - Exemplo de convecção térmica natural



Fonte: RAMALHO et al. 2003, p.110

Este fenômeno tem como ocorrer em um espaço físico compatível a de uma estufa, uma vez que para que o evento de troca de calor possa acontecer é necessário apenas diferenças de temperaturas entre massas de ar quente e frio.

1.8 Painel solar

O painel de energia solar tem como função absorver a radiação solar e transformá-la em energia térmica.

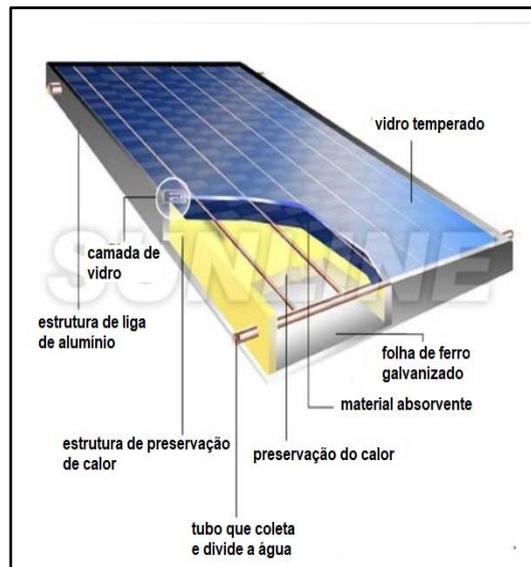
Conforme Lima (2003), o painel solar plano absorve e utiliza a radiação em uma única superfície. Geralmente é o mais utilizado devido não necessitar de equipamentos adicionais, apresentar simplicidade na montagem e baixo custo se comparado á outros modelos.

A capacidade de energia térmica que um painel pode produzir depende dos materiais que são construídos, da isolamento térmica para que não ocorra fuga de calor, da localização na qual foi instalado e de outros fatores já mencionados anteriormente.

De acordo com Barbosa et al. (2011, p. 8) existe um modelo teórico de construção de um painel solar, baseando no uso de materiais recicláveis. Esse painel é denominado CSSR possui como característica técnicas, a isolamento e condução térmica. A finalidade deste modelo era o aquecimento de água por irradiação solar no momento em que era exposta ao sol, a energia é absorvida e transformada em calor, realizando o aquecimento.

Normalmente sua cobertura é composta de vidro transparente á radiação inferior a 3 m e opaco a radiações superiores. As placas coletoras geralmente são feitas de duas placas de cobre cobertas por uma tinta preta opaca, separas por milímetros onde o fluído irá passar. O isolante térmico indicado é a espuma poliuretano, poliestireno expandido e fibra de vidro. A carcaça é desenvolvida com liga de alumínio e chapa de aço galvanizado. Abaixo na Figura 1.6 se tem o modelo de um painel.

Figura 1.6 - Modelo de coletor solar



Fonte: ENGEPEP, 2011, p. 6

Lourenço (2013), apresenta em seu trabalho de mestrado um estudo sobre painel solar feito com 168 latinhas de refrigerante com furos em sua parte superior e inferior colados entre si, de modo a formar uma coluna igual a um tubo, organizadas paralelamente e pintadas de preto opaco. Em seguida foram dispostas em um painel de madeira, isolada termicamente com poliestireno e lã de rocha e por fim cobertas por um vidro transparente, conforme observado na Figura 1.7.

Figura 1.7 - Protótipo de coletor solar



Fonte: LOURENÇO, 2008 p. 54

Galvão (2013), assim como Lourenço, estudou a experiência de um painel solar desenvolvido com latinhas de alumínio que possuía as mesmas dimensões. Conforme melhor apresentado na Tabela 1.1 abaixo.

Tabela 1.1 - Dimensionamentos do projeto estudado

Tamanho Total do Painel	2,64m ² (2,20m x 1,20m)
Nº total de colunas	12
Nº total de linhas	14
Nº total de latas	168

Fonte: GALVÃO, modificado 2013

Os resultados obtidos de sua experiência são apresentados na Figura 1.8.

Figura 1.8 - Ocorrências de observação do Painel Solar Caseiro

Dia da ocorrência	Hora de Verificação	Condições Climáticas	Temperatura de entrada	Temperatura de saída
11.Dez.2012	14h30min	Pouco Nublado	16°C	>42°C ¹
12.Dez.2012	15h00min	Céu Limpo	16°C	85°C
17.Dez.2012	16h15min	Chuva	15°C	-
12.Fev.2013	11h30min	Muito Nublado	15°C	53°C
12.Fev.2013	15h23min	Meio nublado	17°C	60°C
16.Fev.2013	11h00min	Muito nublado	15°C	45°C
17.Fev.2013	16h20min	Muito nublado	16°C	20°C
23.Fev.2013	12h04min	Muito nublado/Chuva	15°C	38°C
23.Fev.2013	15h05min	Céu limpo	18°C	87°C
24.Fev.2013	16h40min	Céu limpo	15°C	50°C
02.Mar.2013	14h00min	Meio Nublado/Vento	16°C	52°C
08.Mar.2013	15h30min	Meio nublado/Chuva	17°C	40,52°C
10.Mar.2013	13h15min	Pouco nublado	17°C	88°C

Fonte: GALVÃO, 2013

Na tabela é possível observar que o rendimento do painel solar obtido em dias de céu limpo (com poucas nuvens) é maior que em dias de chuva e nublado, confirmando a influência climática na eficiência do painel, mas ressaltando que em dias nublados e chuvosos é possível obter variações de temperatura embora sejam menores.

Cusa (1999), aponta que para avaliação desta capacidade é necessário ensaios experimentais em situações adversas para obter o rendimento do painel, um rendimento considerado aceitável é entre 60% a 75%.

De acordo com Ramalho et al. (2003, p.112), os autores afirmam que há uma definição sobre absorção da luz em objetos opacos, "os feixes de raios paralelos propagado num meio (1) incidindo sobre a superfície S e não retorna ao meio (1), nem se propaga no meio (2): ocorre à absorção de luz" essa absorção causa o aquecimento. O processo é representado na Figura 1.9

Figura 1.9 - Absorção de luz por objetos opacos



Fonte: RAMALHO et al. 2003, p.112

Para garantir a funcionalidade do projeto com as características estudadas, propõe-se a implantação da automação, utilizando uma forma de energia limpa, aproveitando os recursos naturais para seu desenvolvimento. Para isso, emprega-se o sistema de controle em malha fechada, que é apresentado no capítulo a seguir.

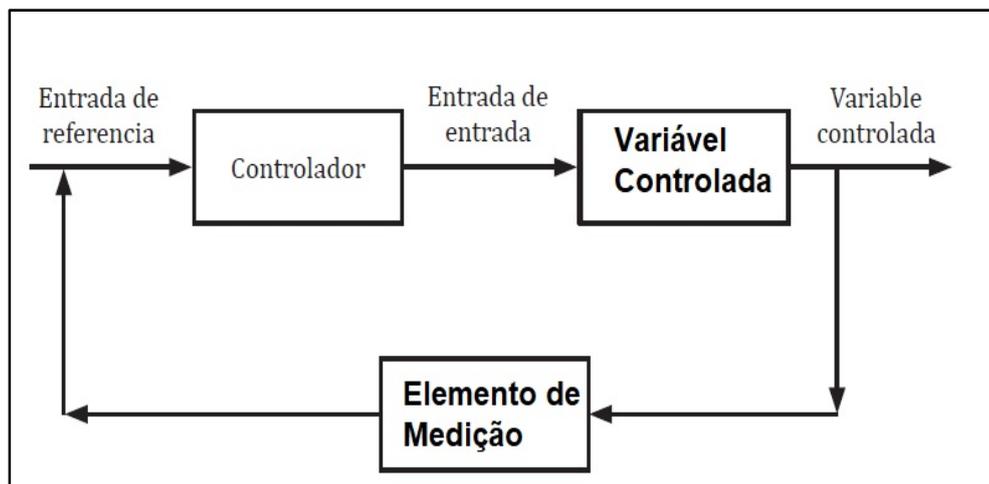
1.9 Sistema de controle

O sistema de controle é realizado através da junção entre *hardwares* e *softwares* com intuito de obter o controle de uma determinada situação.

1.9.1 Sistema de controle em malha fechada

De acordo com Paz (2011, p.187), a função de um controlador automático de uma malha fechada é comparar o valor real de saída do meio a ser controlado com o valor *set point* desejado, para obter um controle na realimentação do sistema, com objetivo de diminuir erros, possuir precisão e se manter insensível diante de perturbações. A ação que desempenham os controladores visa manter o funcionamento em determinados parâmetros. Abaixo na Figura 1.10 será demonstrado em diagrama de bloco um sistema de controle.

Figura 1.10 - Diagrama de um sistema de controle malha fechada



Fonte: PAZ, 2011, p.25

Ainda conforme Paz (2011, p.166), existem alguns quesitos que o sistema possui como base para análise de seu funcionamento, sendo:

- controlabilidade: a capacidade que o sistema tem de alcançar o objetivo em tempo finito, de modo a controlar as variações do processo ou de transferir para qualquer outro estado sem restrições;
- transitório: o tempo que o sistema precisa para muda do seu estado inicial até o estado desejado, com tendência a zerar a diferença;
- sensibilidade: a capacidade diante de pequenas variações o sistema perceber a mudança e corrigi-la;
- estabilidade: a capacidade de resposta em medida quantitativa de sinal elétrico com que o sistema reage para estabilizar sua saída zero.

Dentre os controladores automáticos mais conhecidos tem-se:

- Controle On-off: sendo o mais utilizado na indústria por ser barato e simples, sendo conhecido como controlador de dois estados (ligado ou desligado), possui valor mínimo e máximo determinado;
- Controle Proporcional: responde de maneira proporcional ao sinal de erro, porém à medida que esse se aproxima do valor desejado, o erro vai diminuindo chegando a ser tão pequeno que o sistema não consiga identificar e acionar a saída, ocasionando um pequeno erro em regime;
- Controle Proporcional Integral: além da ação de controle proporcional já apresentada, é somada a essa ação o controle integral que prevalece sobre o bloco proporcional no momento que a variável de processo está próxima do seu *set point* para que o erro de regime seja próximo de zero;
- Controle Proporcional Derivativo: além da ação de controle proporcional já apresentada, é somada a essa ação o controle derivativo que permite que o bloco proporcional atue até que a variável de processo chegue ao *set point*, calculando as variações dos valores de saída para que o erro de regime que tende a ter sobre elevação seja próximo de zero;

- Controle Proporcional, Integral e Derivativo: é a união de todos os modelos de controle exceto o *on-off*, para sua aplicação necessita de uma modelagem e simulação para estabelecer alguns parâmetros de acordo com o melhor funcionamento do processo a ser controlado.

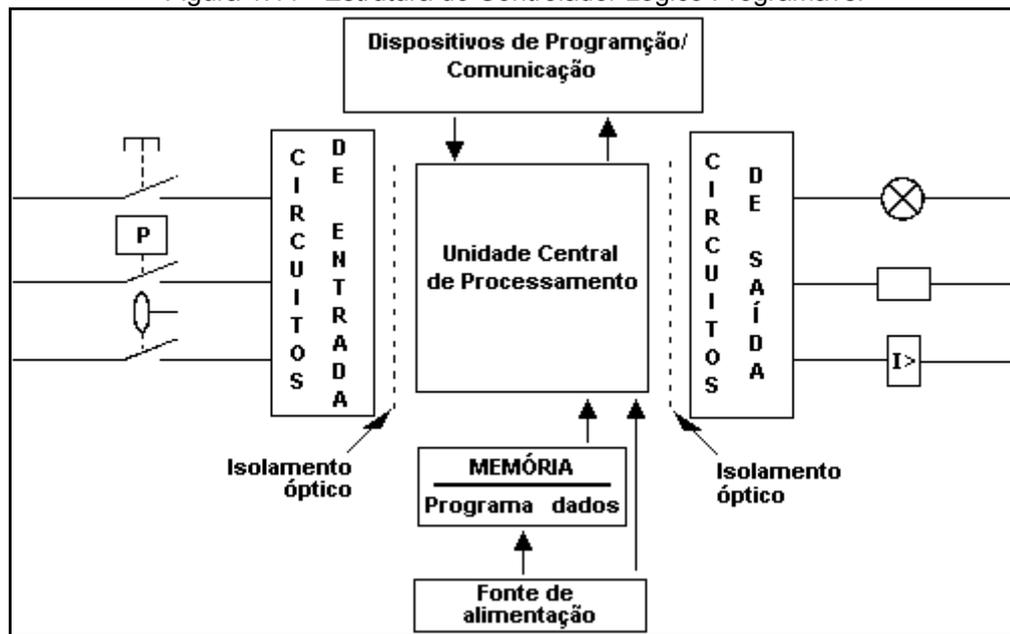
A aplicação desses controles normalmente é empregada em indústrias utilizando-se um CLP (Controlador Lógico Programável) apresentado no capítulo a seguir, que ao acompanhados de sensores posicionados em lugares estratégicos são capazes de promover a automação.

1.10 Controlador Lógico Programável

Segundo Camargo e Franchi, (2009, p.24): “[...] controlador lógico programável pode ser visto como um equipamento eletrônico de processamento que possui uma interface amigável com o usuário que tem como função executar o controle de vários tipos e níveis de complexidade”.

Sua principal aplicação está relacionada com a aplicação em ambientes industriais. Sua estrutura consiste em uma CPU, fonte de alimentação e pórticos de I/O (entradas e saídas) sendo através deles que é possível fazer a interação entre hardware e software, apresentada na Figura 1.11, Alguns CLP's podem também conter uma IHM (Interface Homem Máquina) embutida em sua estrutura, conforme será apresentado no capítulo a seguir.

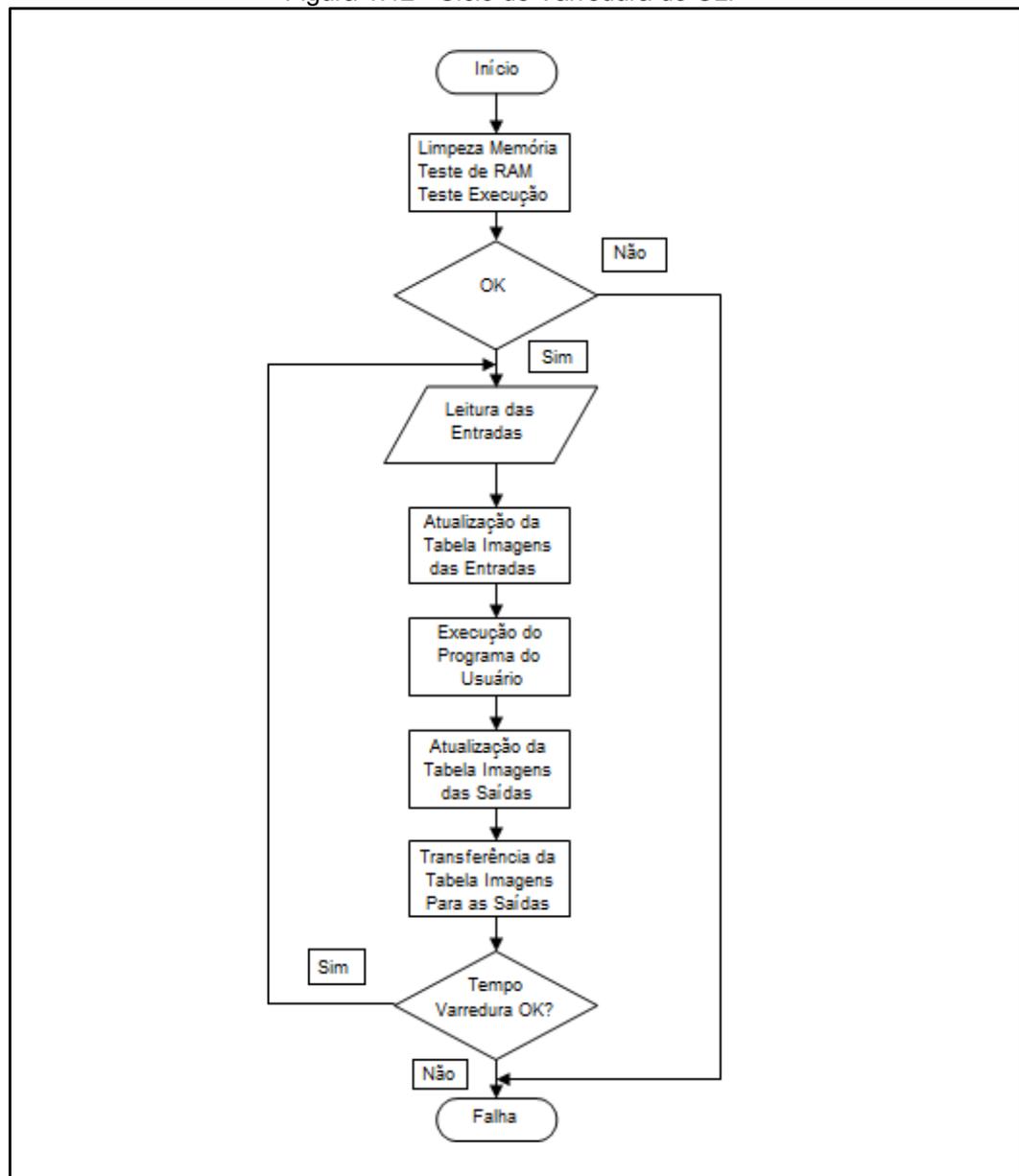
Figura 1.11 - Estrutura do Controlador Lógico Programável



Fonte: <http://saladaautomacao.com.br>, 2017

O processo de funcionamento de um CLP ocorre da seguinte maneira: O processador realiza o *scan* no programa do usuário, sua leitura é sempre realizada da esquerda para a direita e de cima para baixo, interpretando-o e executando as novas instruções. Seu percurso consiste em leitura das entradas, armazenamento e atualização da memória imagem de entrada, execução do programa do usuário, onde ocorre atualizando das variáveis necessárias, após é enviado à nova instrução para a memória imagem de saída que transfere esses valores para as saídas físicas, executando a ação desejada em campo, conforme melhor ilustrada na Figura 1.12.

Figura 1.12 - Ciclo de Varredura do CLP



Fonte: Autoria Própria, 2017

1.11 Interface Homem Máquina

Com a evolução das máquinas industriais e sua complexidade na execução de tarefas, além da necessidade de uma maior interação do homem com a máquina, são desenvolvidos dispositivos capazes de demonstrar de forma visual esses processos, possibilitando uma interface para realização de controle e alterações nos

programas de forma rápida e eficiente. Esses dispositivos são conhecidos como IHM (Interface Homem Máquina).

De acordo com a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012), está descrito na NBR ISO 9241-110 o termo interface de usuário, sendo definido como "todas as partes de um sistema interativo (de *software* ou *hardware*) que fornecem informações e controle necessários para que o usuário realize uma determinada tarefa com o sistema interativo".

Geralmente esses dispositivos, dentre os vários modelos existentes, têm tela de cristal líquido *touchscreen* e/ou teclas que possibilitam o acesso para navegação e inserção de novos dados, conforme a necessidade do usuário como apresentado na Figura 1.13. Seu grande destaque de usabilidade consiste no fato em que o *layout* de sua tela deve ser planejado de modo que qualquer um consiga entendê-la e interagir com suas funções.

Figura 1.13 - IHM WEG



Fonte: WEG

Uma vantagem que as IHM's trazem é que elas possuem um *software* que se comunica com CLP's, inversores, PC's, entre outros *hardwares*, que ao serem implementadas em conjunto com CLP, atendem as necessidades específicas de supervisão e integração a um sistema de automação com facilidade e confiabilidade.

Dentre algumas funções utilizadas nas IHM's, podem ser citadas:

- Indicar condição anormal do sistema por meio da visualização de alarmes;
- demonstrar dados de motores e atuadores ligados no sistema;
- acionamento manual de saídas do CLP ou inversores;
- alterar parâmetros de forma remota do sistema.

Algumas IHM's oferecem conexões com aparelhos periféricos, cujo objetivo é fazer a interface entre protocolos de comunicação para integração com a rede Ethernet, Profibus, Profinet, entre outras, dependendo do fabricante. A IHM é escolhida com o protocolo de comunicação compatível com o CLP do projeto.

1.12 Sensores

De acordo com Albuquerque e Thomazini (2007), sensores são dispositivos capazes de sentir as variações físicas do ambiente ou do meio no qual se deseja monitorar. Através dos sensores é possível monitorar de forma direta ou indireta algumas variáveis de um processo, como: temperatura, pressão, umidade, velocidade, vazão, nível, etc.

Um sensor nem sempre tem todas as características necessárias para ser utilizado em um sistema de controle e quando isto ocorre é necessário que haja uma interface entre o sensor e o controlador para que este sinal seja convertido em outro que possa ser lido pelo controlador. O conjunto completo do sensor e a interface de sinal capaz de transformar uma grandeza qualquer em outra, é denominado transdutor.

Silveira (2015), por exemplo, entende que sensores “são dispositivos capazes de transformar diferentes grandezas em sinais elétricos, possibilitando uma integração com controladores”.

Os sensores são divididos conforme suas características funcionais e desempenham inúmeras atividades. Nos analógicos, o sinal de saída assume

diferentes valores ao decorrer do tempo de processo devido as variações das grandezas físicas, já os digitais são aqueles que o sinal de saída assume os níveis lógicos 0 ou 1.

O sensor tem papel fundamental em praticamente todos os controles de processos e, para isso, devem ser devidamente escolhidos de acordo com sua aplicação, considerando-se algumas características importantes como tipo de saída, sensibilidade, exatidão, precisão de seu range, entre outros.

1.12.1 Sensores de temperatura

Ainda segundo Albuquerque e Thomazini (2007), os sensores de temperatura são os mais utilizados devido esta grandeza física ser a variável mais presente nos processos.

Quanto aos tipos de sensores de temperatura temos:

- Termistor - este componente consiste em um resistor sensível a variação de temperatura, no qual a variação da resistência é consequência da variação de temperatura em que o componente é submetido. Existem dois tipos de termistores, o PTC, que aumenta sua resistência ao aumentar sua temperatura, e o NTC, que diminui sua resistência ao aumentar a temperatura, sendo um exemplo dele apresentado na Figura 1.14;

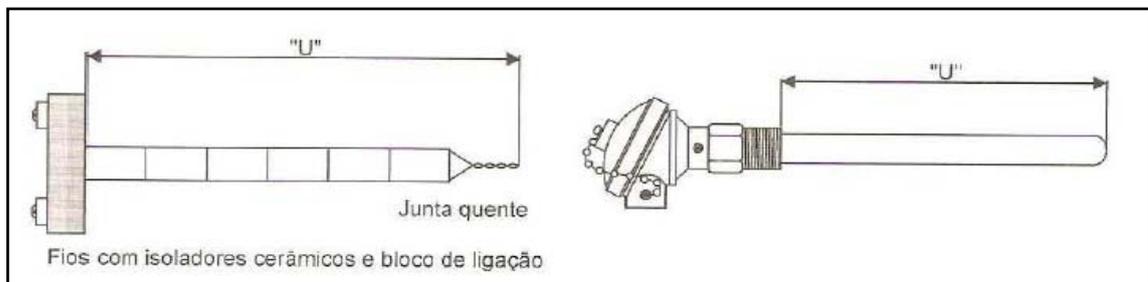
Figura 1.14 - Termistor NTC faixa de temperatura de -40°C a 125°C



Fonte: www.vishay.com, 2017

- Termopar - este tipo de sensor se baseia no princípio do efeito termoelétrico, no qual ocorre a circulação de uma corrente elétrica em um circuito formado por dois metais diferentes, no momento em que esses metais são submetidas às diferentes temperaturas. Na Figura 1.15 é apresentado um sensor termopar. Conforme apontou Albuquerque e Thomazini (2007), existem diversos tipos de materiais termo elementos com base na tabela periódica e seus range de medição variam de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2300\text{ }^{\circ}\text{C}$ possuindo boa precisão, repetibilidade e menor custo se comparado a outros sensores;

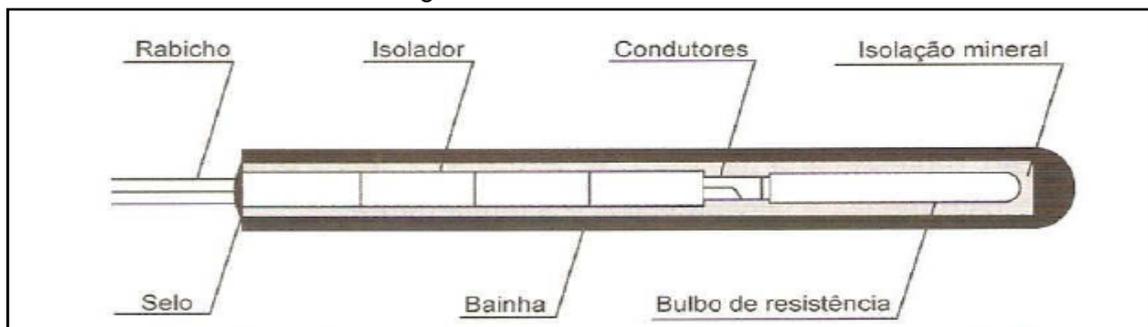
Figura 1.15 - Termopar



Fonte: ALBUQUERQUE E THOMAZINI, 2007, p.97

- Termoresistência - é um componente que possui um filamento de platina ou níquel que varia a sua resistência em função da temperatura, além de possuir boa precisão e permite ligações elétricas a longa distância. Na Figura 1.16 é apresentada sua estrutura. Existem os tipos PT-100, PT-1000, Ni-100 e Ni-1000, sendo o PT-100 o mais utilizado devido sua boa estabilidade e precisão. A $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ o fio de platina possui uma resistência de $100\ \Omega$, daí vem o nome PT-100. Sua faixa de trabalho vai de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

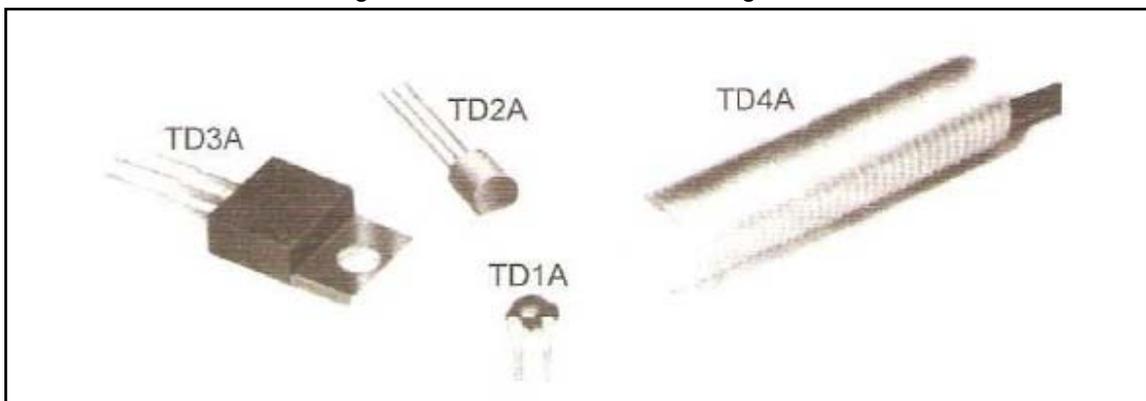
Figura 1.16 - Termoresistência



Fonte: ALBUQUERQUE E THOMAZINI, 2007, p.104

- Sensores térmicos eletrônicos - são componentes de dimensões pequenas como apresentado na Figura 1.17, que possuem as características e funcionalidades dos sensores convencionais. Porém, operam em uma faixa de temperatura menor. Estes componentes utilizam as características do material semicondutor silício para medição da temperatura, no qual a variação de temperatura é convertida em sinal de tensão, sendo chamados RTD (*Resistance Temperature Detector*).

Figura 1.17 - Termossensores integrados



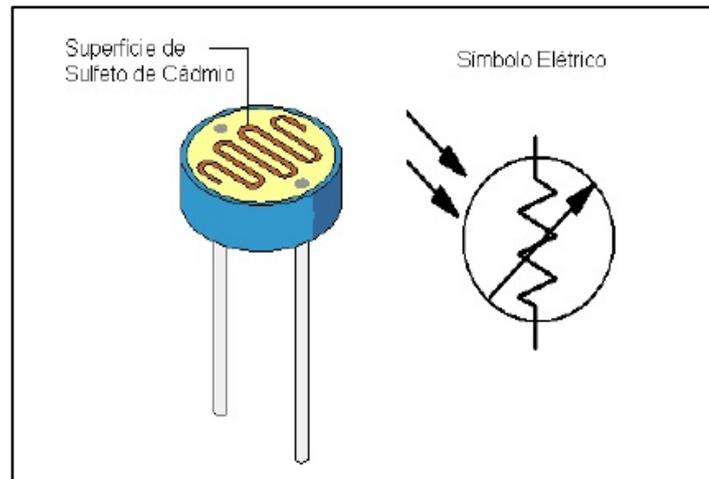
Fonte: ALBUQUERQUE E THOMAZINI, 2007, p.109

1.12.2 Sensor de Luminosidade

Para Wendling (2010, p.10), sensores de luminosidade são sensores que trabalham a partir da emissão da luz que incidindo sobre eles, resulta em uma variação relacionada com uma grandeza elétrica. Seguem exemplo desses sensores:

- Fotoresistor: segundo Albuquerque e Thomazini (2010, p.63), esse tipo de sensor é denominado LDR- *Light Dependent Resistor*, sua resistência varia conforme a quantidade de luz que incide sobre sua superfície de sulfeto de cádmio. Abaixo na Figura 1.18 tem-se uma ilustração de sua estrutura e sua simbologia elétrica.

Figura 1.18 - Sensor LDR



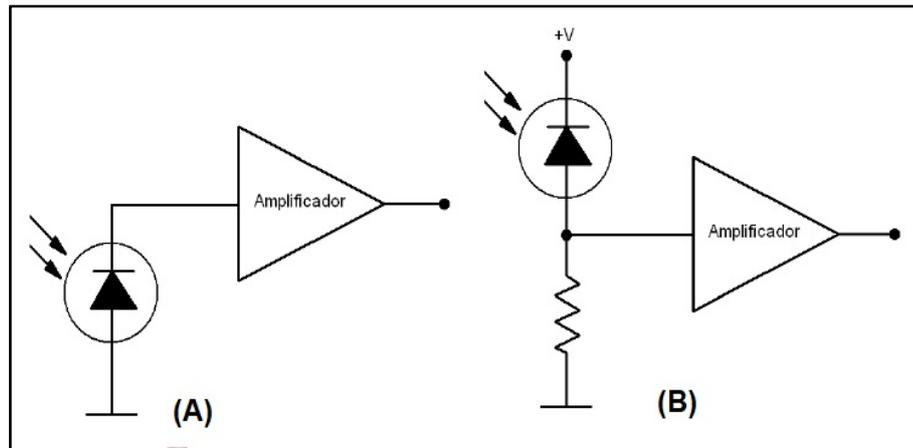
Fonte: WENDLING, 2010, p.10

Esse tipo de sensor tem a vantagem de trabalhar com corrente relativamente alta em relação aos outros, porém tendo uma atuação lenta, na casa das dezenas de quilohertz, se aproximando muito da percepção do olho humano na claridade da luz, por isso é empregado em circuitos de luz incandescentes, fluorescentes e *leds* comuns.

- Fotodiodo: segundo Albuquerque e Thomazini (2010, p.66) esse tipo de sensor funciona quando sua junção condutora exposta à luz permite que elétrons ultrapassem a barreira de potencial por estar reduzida.

Ainda conforme Wendling (2010, p.13), tais sensores são tão sensíveis que exigem circuitos de amplificação e são muito rápidos reagindo a qualquer pulso de luz que podem chegar a dezenas ou centenas de megahertz. Na Figura 1.19 tem-se uma ilustração sobre sua atuação em um circuito amplificado.

Figura 1.19 - Sensor de Fotodiodo

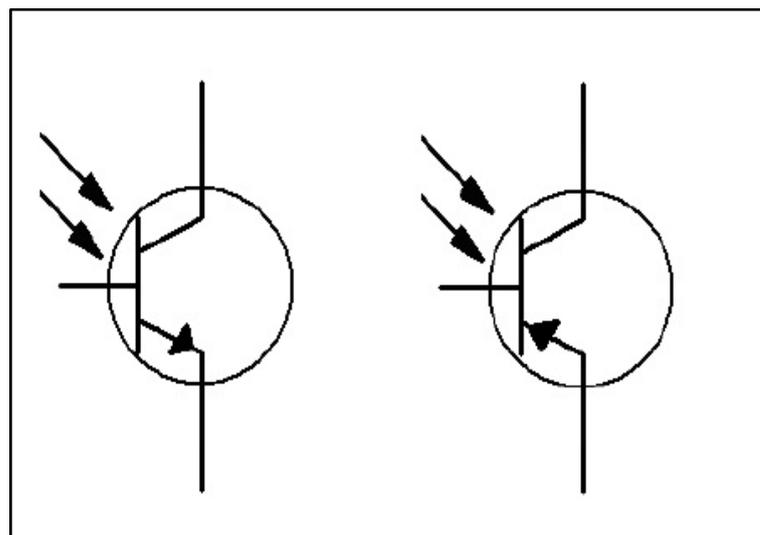


Fonte: WENDLING, 2010, p.13

Na parte da (A) da Figura 1.19, o fotodiodo é usado como um pequeno gerador de tensão com aproximadamente 0,6V e na parte (B) ele é usado como um resistor que conforme a incidência de luz obstrui a passagem de corrente.

- **Fototransistor:** esse sensor é um tipo de transistor que quando ocorre a junção coletor-base exposta a luz permite a passagem de corrente na ordem de miliampères em seus terminais, funcionando da mesma forma do fotodiodo. Na Figura 1.20 tem-se uma ilustração sobre sua simbologia elétrica.

Figura 1.20 - Sensor de Fototransistor



Fonte: WENDLING, 2010 p.14

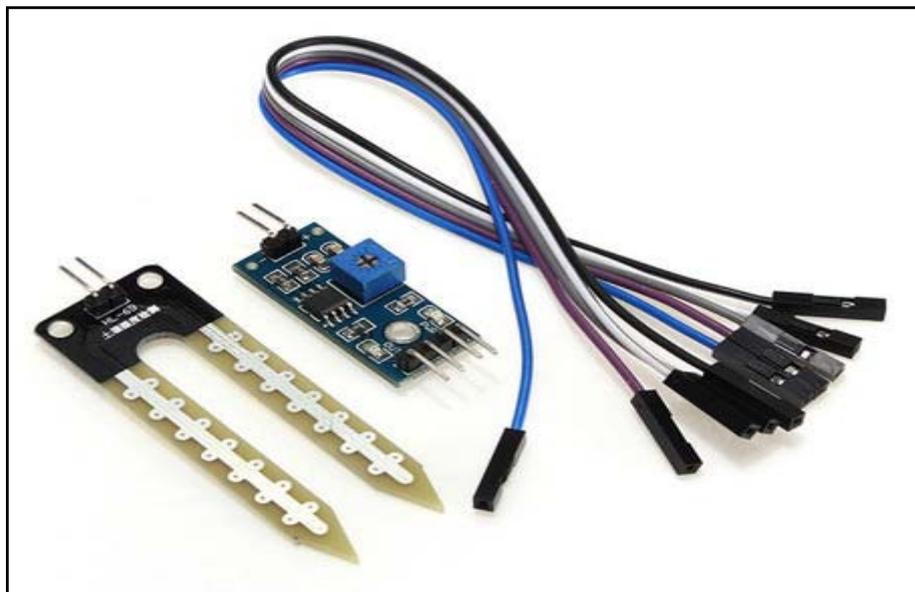
A curva de resposta do fototransistor se parece com a curva dos fotodiodos e fotocélulas, sendo apenas um pouco mais lento podendo ser usado nas mesmas aplicações. Os fotoelétricos são sensíveis a qualquer tipo de luz, em especial a luz infravermelha.

1.12.3 Sensor de umidade do solo

Segundo Almeida (2017), existem dois tipos de sensores de umidade presentes no mercado, sendo eles o analógico, este construído de forma que possa reter e liberar a água presente no ambiente, possibilitando com este processo a verificação da quantidade de água presente no local e o sensor digital, que em sua estrutura possui outros dois microssensores calibrados e os dados obtidos são convertidos e encaminhados para o sistema de controle.

O sensor de controle da umidade aplicados em solo tem como princípio de funcionamento a medição da condutividade elétrica. Normalmente composto por duas hastes que deverão ser enterradas e conectadas a um circuito comparador que fará a leitura da umidade e comparará a resistência elétrica do solo com a do módulo do sensor, conforme apresentado na Figura 1.21.

Figura 1.21 - Higrômetro



De acordo com Libardi (2005, p.41), “um solo agrícola pode ser considerado um material sólido e poroso, no qual o espaço poroso é ocupado por água e ar, sendo imprescindível o controle da umidade para o plantio”.

A resistência elétrica presente em um solo mais seco será maior se comparado a um solo mais úmido, pois dificulta a passagem da corrente, possibilitando determinar a umidade do solo.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo são abordados os métodos e técnicas empregadas na elaboração do trabalho.

Severino (2016) afirma que para o método de desenvolvimento do trabalho científico algumas etapas devem ser seguidas:

- determinação do tema e justificativa;
- levantamento da bibliografia que trata o tema proposto;
- leitura e estudo da bibliografia selecionada;
- construção lógica do trabalho e;
- redação do texto.

A construção lógica do trabalho tem como base o conhecimento adquirido com as pesquisas bibliográficas sobre o tema proposto. A redação do texto segue as normas da ABNT e o Manual do TCC da Fatec São Bernardo do Campo. A escrita está centrada em uma linguagem simples, clara e concisa, ou seja, em uma linguagem adequada ao estilo exigido em um trabalho científico desse porte.

2.1 Tema-problema e justificativa

O presente trabalho intitulado Sistema de Climatização em Estufas é um projeto que visa à construção de um equipamento capaz de controlar a umidade e a iluminação em estufa de forma limpa, com um maior rendimento do produto final, oferecendo uma alternativa aos equipamentos já existentes no mercado, trazendo mais praticidade e economia, utilizando-se dos recursos naturais como principal fonte do projeto.

2.2 Descrição do projeto

A ideia do projeto é a construção de um protótipo capaz de aquecer ou resfriar estufas, controlar sua umidade e intensidade de luz presente. Para isso será necessária o uso de sensores estrategicamente posicionados, e desenvolver um painel solar com latas de alumínio, sendo essas aquecidas através dos raios solares e com o auxílio de portinholas controladas por um CLP, sendo ele o responsável em realizar a abertura e fechamento das mesmas para obter o controle de vazão, conforme a necessidade do ambiente ou comandada por meio de uma interface de operador.

2.3 Etapas de desenvolvimento do projeto

Após a definição do tema e sua respectiva justificativa, são detalhadas as etapas do projeto:

- Primeira etapa: escolha do orientador para auxiliar no desenvolvimento do projeto e apresentação do tema proposto para validação;
- Segunda etapa: levantamento bibliográfico em livros, revistas técnicas, materiais didáticos e sites especializados, bem como pesquisa de mercado sobre os equipamentos já existentes;
- Terceira etapa: estudo e seleção das teorias pertinente ao tema proposto para a elaboração da fundamentação teórica;
- Quarta etapa: levantamento dos equipamentos e materiais necessários para a construção do protótipo;
- Quinta etapa: montagem do protótipo, testes e resultados e, finalmente, considerações finais sobre o projeto.

2.4 Cronograma das etapas

Abaixo é apresentado um cronograma com o planejamento para execução de todas as atividades pertinentes ao projeto, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Cronograma das etapas

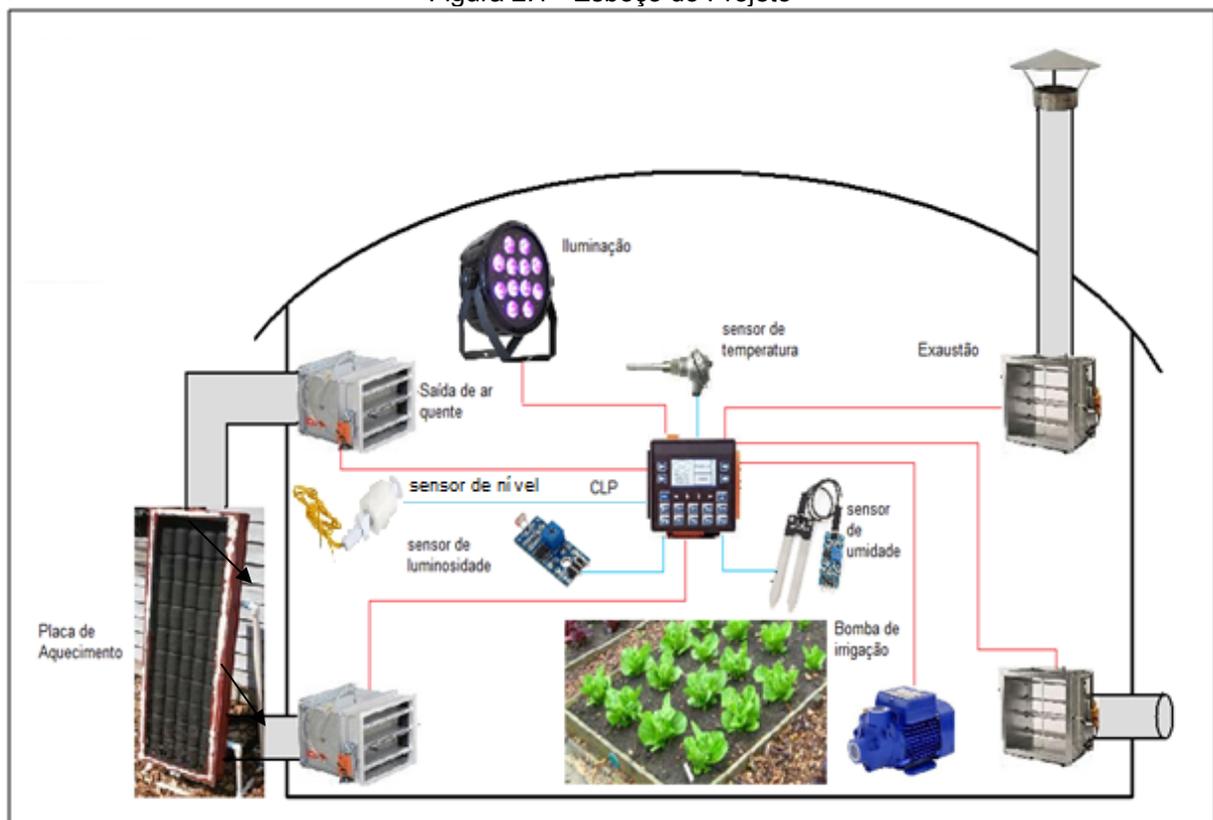
Atividades Realizadas		Jul	Ago	set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Definição de Grupo e Estudo de Tema	P	■											
	R	■											
Escolha do Orientador	P	■											
	R	■											
Definição do Tema Projeto	P	■	■										
	R	■	■										
Levantamento Bibliográfico	P		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Desenvolvimento da Monografia	P		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Apresentação para Banca Examinadora	P					■							■
	R					■							■
Seleção do Material para o protótipo	P							■	■				
	R							■	■				
Construção do Protótipo	P								■	■	■	■	■
	R								■	■	■	■	■
Análise e Testes do Protótipo	P									■	■	■	■
	R									■	■	■	■
Legenda	P	■	Programado					R	■	Realizado			

Fonte: Autoria Própria, 2017

2.5 Esboço do projeto

A partir da concepção do projeto, elaborou-se um esboço Figura 2.1 para ilustrar a sua forma construtiva. A partir dela é possível vislumbrar como será a construção física do protótipo do projeto.

Figura 2.1 - Esboço do Projeto



Fonte: Autoria Própria, 2017

Os principais elementos construtivos que compõem a Figura 2.1 são descritos a seguir:

- placa solar: composta por dutos responsáveis pela fixação, estabilidade do equipamento; construída com estrutura de madeira com a moldagem da área necessária para captação de radiação solar, composta por latas de alumínio pintadas de tinta preta opaca para a absorção do calor e dutos responsáveis pelo transporte do ar para o ambiente;

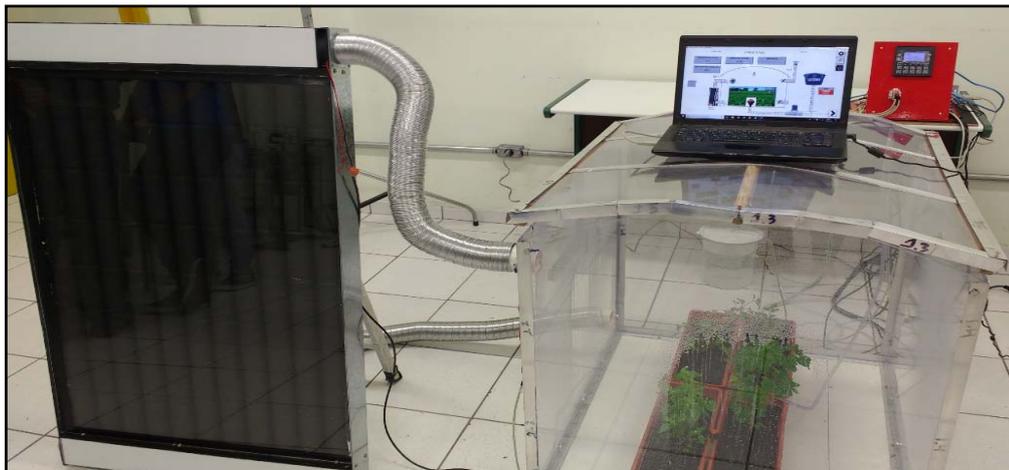
- portinholas controladas por motores: utilizadas para o controle do fluxo de ar quente e frio;
- sensor de temperatura, umidade e iluminação: obtendo sua leitura e encaminhando as informação das variáveis ao CLP;
- CLP e IHM: responsáveis por definir a temperatura desejada pelo usuário, monitorar o sistema e atuar no controle de abertura e fechamento das portinholas;
- estufa: ambiente onde será cultivado a fruta desejada.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo é apresentado o passo a passo do desenvolvimento do protótipo intitulado Sistema de Climatização em Estufas, assim como a relação dos fundamentos teóricos com a prática.

O projeto tem por objetivo proporcionar o controle automatizado de estufas, controlando variáveis de extrema importância no processo de cultivo do produto desejado, sendo elas, temperatura, luminosidade e umidade, de forma a proporcionar uma eficiência equivalente ou superior aos projetos já existentes, no entanto utilizando-se dos recursos naturais e a um custo mais acessível, o que torna o projeto algo viável. Para uma melhor visualização do projeto finalizado, o mesmo é ilustrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Projeto Finalizado



Fonte: Autoria própria, 2018

O protótipo simulará o ambiente de uma estufa, onde por meio de uma interface IHM ou supervisorio serão pré-setados os valores de umidade e temperatura que se deseja manter o local.

Com os valores obtidos e armazenados o sistema terá como função atingir os valores desejados, utilizando-se da placa solar para aquecer o ar ambiente, absorvendo a radiação solar e transformando-a em energia térmica. O sensor de umidade indica o momento ideal de irrigação, enquanto o sensor de luminosidade

auxilia no acompanhamento do processo de fotossíntese durante toda a plantação, podendo também ter seu tempo ajustado.

Com intuito de organizar o desenvolvimento do projeto, sua construção foi dividida nas seguintes etapas:

- montagem do painel solar;
- construção da estufa;
- montagem do painel elétrico;
- desenvolvimento da lógica em *ladder*;
- desenvolvimento do supervisor.

A seguir são apresentadas as etapas descritas anteriormente e suas características gerais.

3.1 Montagem do painel solar

Após o levantamento dos materiais necessários para a construção do painel solar iniciou-se sua construção em pequenas etapas. A primeira parte desenvolvida foi à caixa estrutural, feita em chapa de aço galvanizado, cujas dimensões são 1,15 m x 0,08 m x 0,68 m (A x P x L) e isolada termicamente por isopor. É nesta estrutura que estão dispostas as latinhas de alumínio, sendo elas furadas nas extremidades e coladas com silicone umas as outras formando tubos para o fluxo do ar, conforme apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Distribuição das latinhas no painel



Fonte: Autoria própria, 2018

Os tubos formados foram pintados de preto fosco e dispostos um ao lado do outro, sendo interligados por placas de madeira furadas nas dimensões das extremidades das latas. Apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Vista da parte superior dos tubos de latinhas



Fonte: Autoria própria, 2018

Para um melhor aproveitamento da funcionalidade da placa solar um dos quesitos necessários é o cuidado com sua isolação térmica, inibindo possíveis

aberturas e vazamentos capazes de influenciar em sua eficiência. Com isso optou-se por realizar os fechamentos dos coletores com madeira, conforme a Figura 3.4.

Figura 3.4 - Tubo superior do Painel solar



Fonte: Autoria própria, 2018

Com intuito de acelerar o processo de aquecimento optou-se por posicionar uma ventoinha de 12 VCC, conforme a Figura 3.5, no duto de ar quente, facilitando a expulsão do ar do painel para o ambiente a ser aquecido.

Figura 3.5 - Ventoinha 12VCC



Fonte: Foto de arquivo pessoal, 2018

Para finalizar a construção, obter um melhor aproveitamento, além de colocar uma proteção no painel, sua estrutura foi coberta por vidro transparente. Ao todo foram utilizadas 88 latinhas de alumínio, sendo 11 colunas de latas, com 8 latas por coluna, conforme apresentado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Painel solar



Fonte: Autoria própria, 2018

A parte inferior da placa possui uma entrada de ar ambiente (mais frio), e no momento de circulação do ar pelos dutos, ele será aquecido devido à incidência de radiação na placa, saindo através dos dutos de saída de ar quente que está localizado na parte superior sendo impulsionado para o interior da estufa, realizando então a troca térmica.

Para comprovação de sua eficiência e avaliação de sua capacidade térmica, foram realizados alguns ensaios experimentais em dias de diferentes condições climáticas, obtendo os resultados apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Comportamento do painel solar as variações climáticas

Dia da experiência	Hora da verificação	Condições climáticas	Temperatura de entrada do ar (°C)	Temperatura de saída do ar (°C)
28/01/2018	11: 35	Céu limpo	27,6	60,9
29/01/2018	10: 05	Céu limpo	25,2	52,3
24/02/2018	15: 30	Céu limpo	24,3	44,5
25/02/2018	11: 20	Pouco Nublado	22,3	38,2

Fonte: Autoria própria, 2018

3.2 Construção da estufa

Após a montagem da placa solar, iniciou-se a construção da estufa. Ela é constituída basicamente de poliestireno, cujas dimensões são 0,8 m x 0,7 m x 0,7 m (A x P x L). Ressalta-se que é nela onde ocorrerá todo o processo de automação envolvido, visando um melhor desempenho no cultivo da planta escolhida.

Assim que se obteve o material necessário, sendo as placas de poliestireno (5), base de madeira (1), cantoneiras de alumínio (9), iniciou-se a sua construção. Para isso, foram feitos os cortes necessários no material de poliestireno, ficando as mesmas com as seguintes medidas: placas laterais 0,7 m x 0,7 m (A x L), placas frontal e traseira 0,8 m x 0,7 m, e a placa utilizada no teto possuindo 0,8 m x 0,7 m x 0,1 m (A x L x P). A base foi constituída de madeira possuindo 0,8 m x 0,7 m (A x L). O seu acabamento lateral com cantoneiras foi todo produzido em alumínio, conforme apresenta a Figura 3.7.

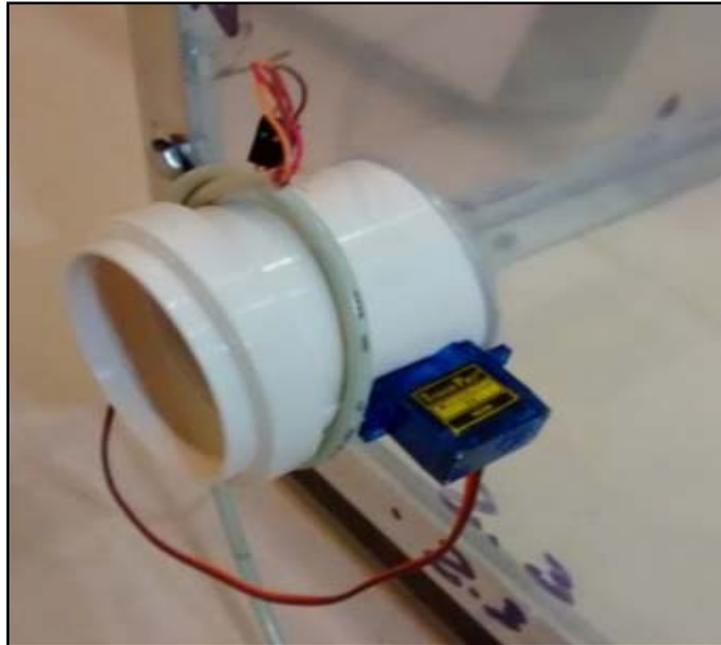
Figura 3.7 - Estrutura da estufa



Fonte: Autoria própria, 2018

Com a parte estrutural finalizada, iniciaram-se os cortes para melhor posicionamento dos sensores, e das portinholas necessárias para a troca de calor, conforme a Figura 3.8

Figura 3.8 - Corte e posicionamento do servo motor



Fonte: Autoria própria, 2018

Com ambas as partes mecânicas fixadas e corretamente posicionadas, conforme a Figura 3.9 as estruturas ficaram concluídas e prontas para inicialização dos testes elétricos.

Figura 3.9 - Junção das partes mecânicas do projeto.

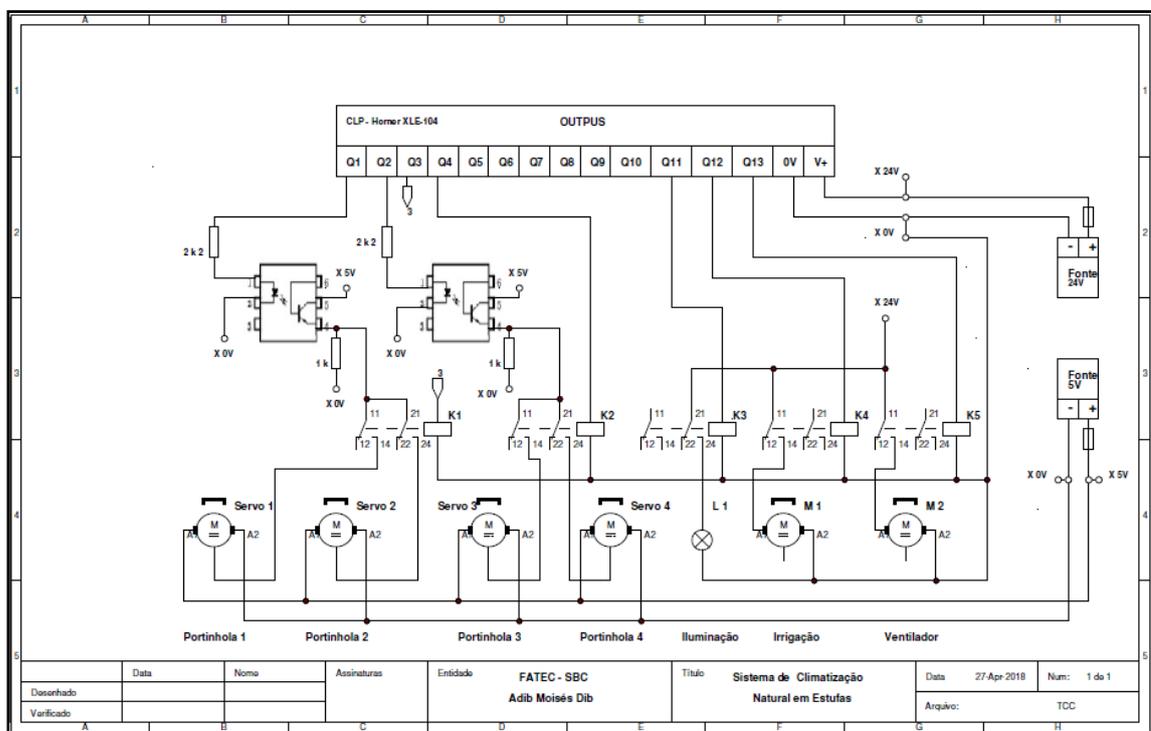


Fonte: Autoria própria, 2018

3.3 Montagem do painel elétrico

Após o levantamento de todo o material necessário para o funcionamento elétrico do projeto e com base na tabela de definições de entradas e saídas criadas para o programa do CLP, finalmente foi desenvolvido o esquema elétrico, elemento este que auxiliou em toda a montagem do projeto e servindo de base para possíveis manutenções futuras. Na Figura 3.10 são apresentadas todas as saídas utilizadas.

Figura 3.10 - Diagrama elétrico das saídas



Fonte: Autoria própria, 2018

As saídas Q1 e Q2, foram configuradas no programa para o sinal PWM. Estas irão controlar os servos motores que farão a abertura e fechamento das portinholas de entrada e saída de ar quente e ar frio.

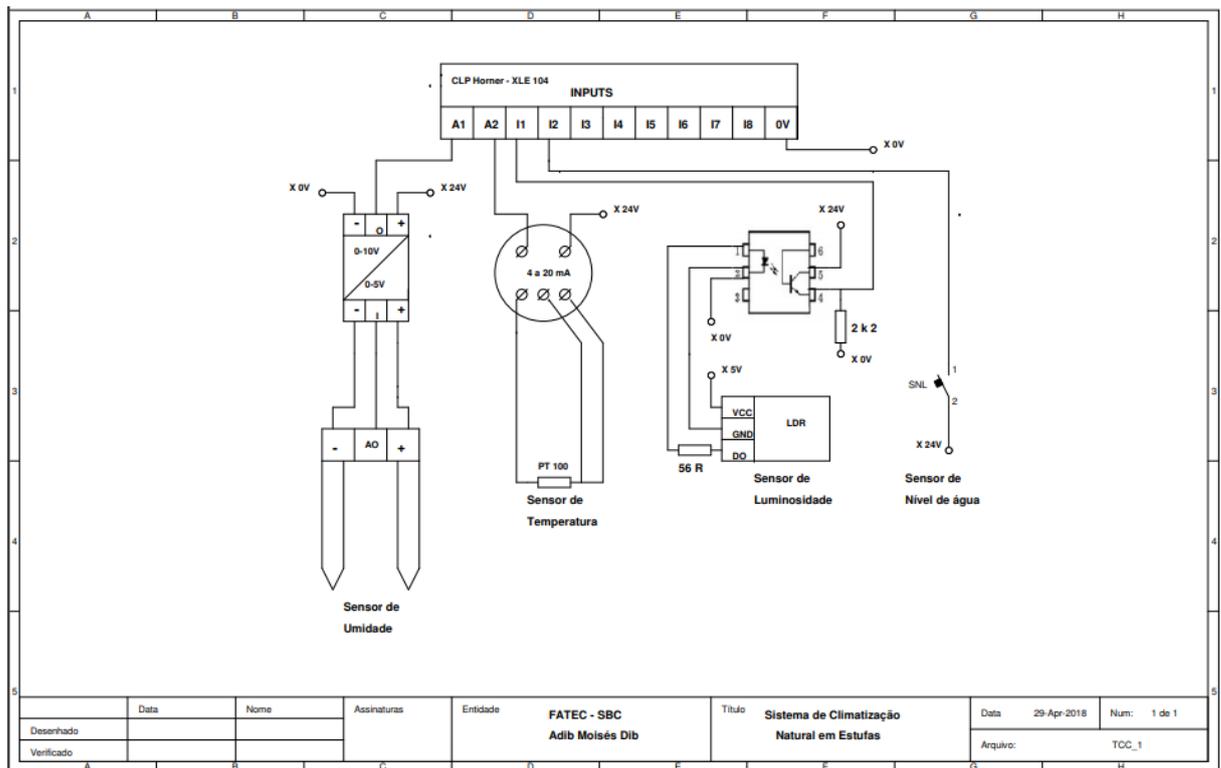
A saída Q1 irá controlar os servos motores 1 e 2 que farão o controle das portinholas de entrada de ar quente vindo do painel solar. Para esta função foi utilizado o opto acoplador 4N25 para isolar o sinal 5 VCC de alimentação dos servos, do sinal de 24 VCC da saída.

Já a saída Q2 é responsável pelo controle dos servos 3 e 4 que irão controlar as portinholas de entrada e saída de ar frio. Da mesma forma que na saída Q1, foi utilizado o opto acoplador 4N25.

As saídas digitais Q3 e Q4, irão acionar o relé K1 e K2 respectivamente, para um desligamento auxiliar do sinal de controle dos servos.

A saída digital Q11 foi utilizada para acionamento do relé K3 que fará o controle da lâmpada da estufa. A saída Q12 está ligada ao relé K4, que fará o acionamento da bomba de irrigação, enquanto a saída Q13 é ligada ao relé K5 para acionamento da ventoinha existente na saída do painel solar, que irá forçar o ar quente para o interior da estufa. A seguir é apresentado o esquema elétrico das entradas, conforme apresentado na Figura 3.11.

Figura 3.11 - Diagrama elétrico das entradas



Fonte: Autoria própria, 2018

As entradas analógicas AI1e AI2 foram utilizadas para os sensores de umidade e temperatura respectivamente. Estas entradas operam com sinais de tensão (0 a 10V) ou corrente (4 a 20mA), que são configuradas através do jumper

interno (JP3) no CLP. Desta forma, foi configurada a entrada AI1 para tensão e a entrada AI2 para corrente.

Na entrada AI1 foi utilizado um conversor de sinal da marca Phoenix Contact modelo MCR-C-UI-UI-DCI, o qual irá receber o sinal do sensor de umidade de 0 a 5V e o converterá para 0 a 10V, conforme padrão da entrada analógica.

Para a entrada AI2, foi utilizado um transdutor de sinal resistivo proveniente do sensor PT-100, que irá converter este sinal para corrente de 4 a 20mA. O range do transdutor é de 0 °C a 150 °C com uma tolerância de 0,2%.

O sensor de luminosidade foi utilizado na entrada digital I1. Devido o sensor aplicado, trabalhar com uma tensão de 5 VCC, foi utilizado um opto acoplador 4N25 para isolar o sinal gerado pelo sensor, do sinal 24 VCC que será utilizado na entrada digital do CLP. Na saída I2 um sensor digital para indicar o nível de água presente na caixa de irrigação.

Para alimentação do sistema, foi utilizado uma fonte 24 VCC, 1A e outra fonte 5 VCC, 1A. Para a proteção da instalação foram utilizados bornes fusíveis 1A, os demais periféricos que compõem a montagem elétrica são bornes mola, trilho e fios. Na Figura 3.12 é apresentado o painel elétrico pronto.

Figura 3.11 - Painel elétrico



Fonte: Autoria própria, 2018

3.4 Desenvolvimento da lógica *ladder*

Com intuito de fornecer fielmente o controle dos dados obtidos, foi desenvolvida uma lógica de programação para que a mesma funcionasse de maneira automatizada, controlando as variáveis desejadas pré-setadas pelo usuário, mantendo o ambiente nas condições necessárias.

O CLP utilizado foi o Horner modelo XLE 104, possuindo 24 entradas digitais incluindo 4 entradas de alta velocidade (HSC inputs) e 16 saídas, incluindo 2 saídas configuráveis para sinal PWM (modulação por largura de pulso).

Antes de iniciar a programação foram desenvolvidas algumas tabelas para facilitar o desenvolvimento e a interpretação da lógica, sendo elas: pontos de entradas e saídas com seus respectivos endereços e conversões necessárias, conforme apresentado na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Tabelas de I/O e conversões.

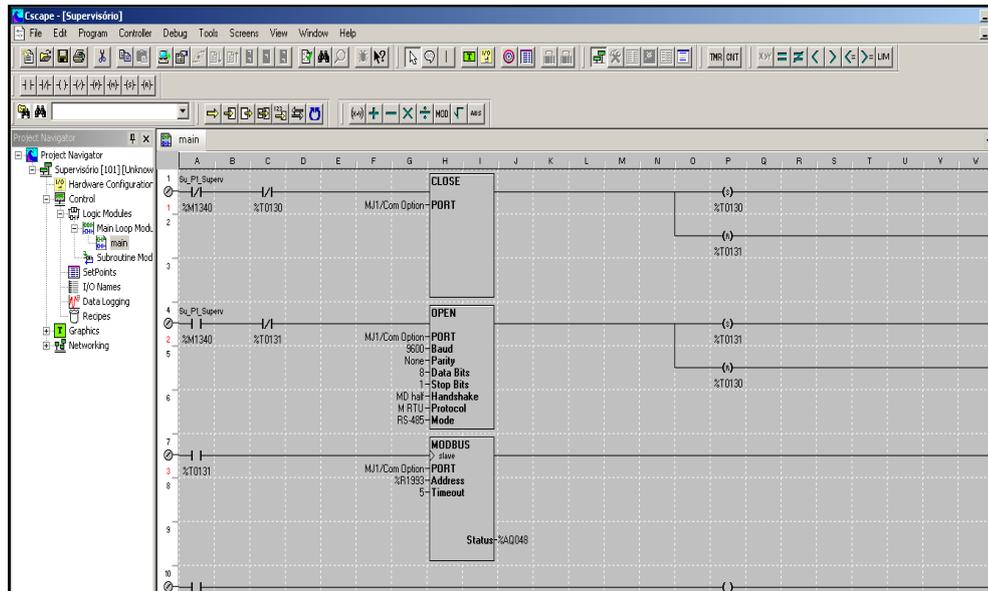
Sensor de Umidade (V)			Sensor de Temperatura (mA)		
V. min	V. max	Range de trab. em V.	mA. Min	mA. Máx	Range de trab. em mA.
0	10	10	4	20	16
Unid. Conv. Min	Unid. Conv. Máx	Range de trab. em unid. de Conv.	Unid. Conv. Min	Unid. Conv. Máx	Range de trab. em unid. de Conv.
0	32767	32767	0	32767	32767
Umi. Baixa	Umi. Média	Umi. Alta	Temperatura Min.	Temperatura Máx.	
<=R0118	<=R0130	<=32000	0	150	
Valor em V.	Status	Equi. Mv a 1 unid. de Conv.	Valor em mA.	Temperatura Atual	Equi. mA a 1 unid. de Conv.
4,882961516		0,000305185	10,30878628	59,14487136	0,000488296
Valor visível			Valor visível		
16000			12920		

Entradas			Saídas		
Endereço	Tag	Comentário	Endereço	Tag	Comentário
%A11	Sen_Umi	Sensor de Umidade	%Q1	Port_Sai_P	Portinhola Painel Solar
%A12	Sen_Temp	Sensor de Temperatura	%Q2	Port_Sai_F	Portinhola de ar frio
%I1	Sen_Ilumi	Sensor de Iluminação	%Q3	Aux_Cor_P	Auxiliar Corta Portinholas do Painel
%I2	Boia	Sensor Tanque Vazio	%Q4	Aux_Cor_F	Auxiliar Corta Portinholas de Ar Frio
%I3			%Q11	Iluminação	Liga lâmpada
%I4			%Q12	M1	Bomba de Irrigação
%I5			%Q13	Mot_Sai	Motor Aux. de Entrada de ar quente

Fonte: Autoria própria, 2018

A linguagem de programação escolhida foi a *ladder* e o *software* utilizado é denominado *Cscape* específico do CLP Horner.² A Figura 3.13 apresenta parte da lógica utilizada no projeto.

Figura 3.13 - Lógica em *ladder*.



Fonte: Autoria própria, 2018

Um das vantagens do CLP empregado é que em sua estrutura têm-se uma IHM embutida, para favorecer a interação com o usuário, obtendo uma *interface* de fácil interpretação para utilização em eventuais alterações de valores e acompanhamento das variáveis momentâneas do ambiente, conforme apresentado na Figura 3.14. Este mesmo controle também pode ser realizado pelo supervisório apresentado a seguir.

² Toda a lógica de programação é apresentada no apêndice.

Figura 3.14 - Tela da IHM.



Fonte: Autoria própria, 2018

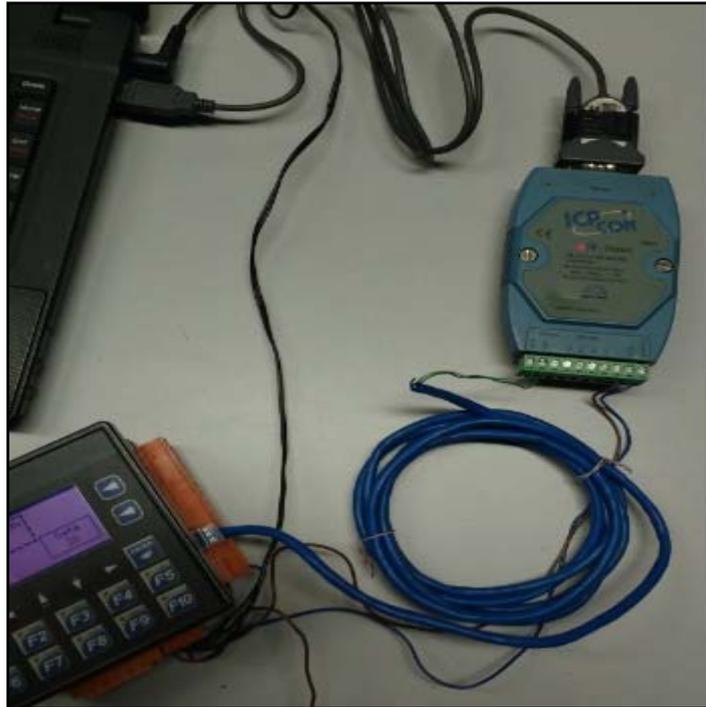
3.5 Desenvolvimento do supervisório

Para monitoramento remoto do funcionamento da estufa, foi escolhido o *software* Elipse Escada, por já ter sido ministrado no curso de Automação Industrial na FATEC SBC, tornando-se uma ferramenta muito útil na aplicação desse projeto.

Para o pleno funcionamento do *software* Elipse SCADA foi necessário a instalação do respectivo *driver* para a comunicação do PC com o CLP usado no controle de processo.³ O protocolo de comunicação utilizado foi o Modbus RTU e um conversor de RS232 para RS485, apresentado na Figura 3.15, onde pode-se fazer a leitura da TAG do CLP e a partir dessa leitura se criar animações conforme as variações desses dados, obtendo um ambiente gráfico na tela do computador que simula o ambiente real da estufa.

³ As tabelas utilizadas para comunicação e conversão de valores entre CLP e supervisório são apresentadas nos anexos.

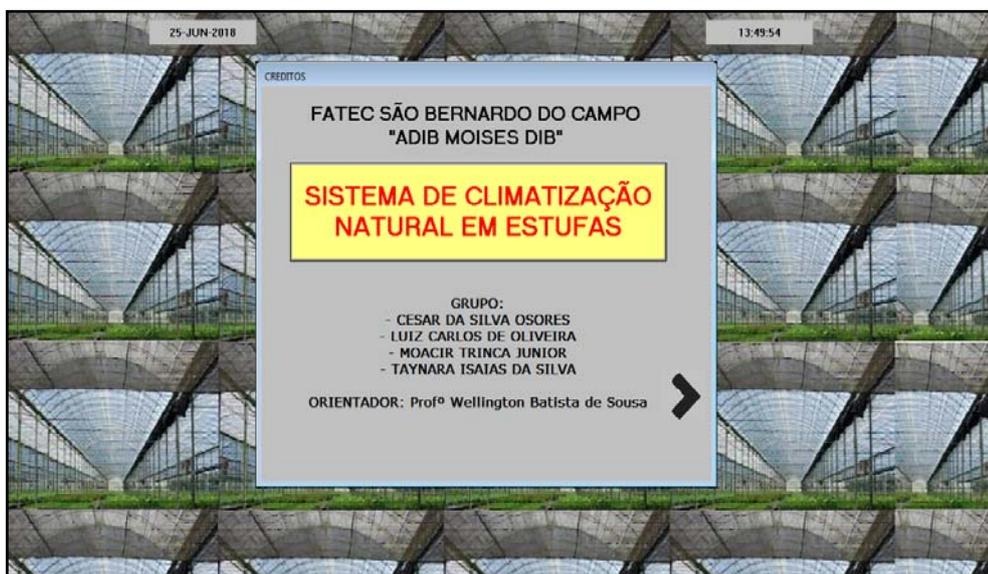
Figura 3.15 - Conversor RS232 para RS485.



Fonte: Autoria própria, 2018

Ao iniciar a aplicação, Figura 3.16, a tela de créditos com nome dos integrantes desenvolvedores do projeto é mostrada. Para avançar é necessário apenas um clique na seta de avanço no canto inferior direito da tela.

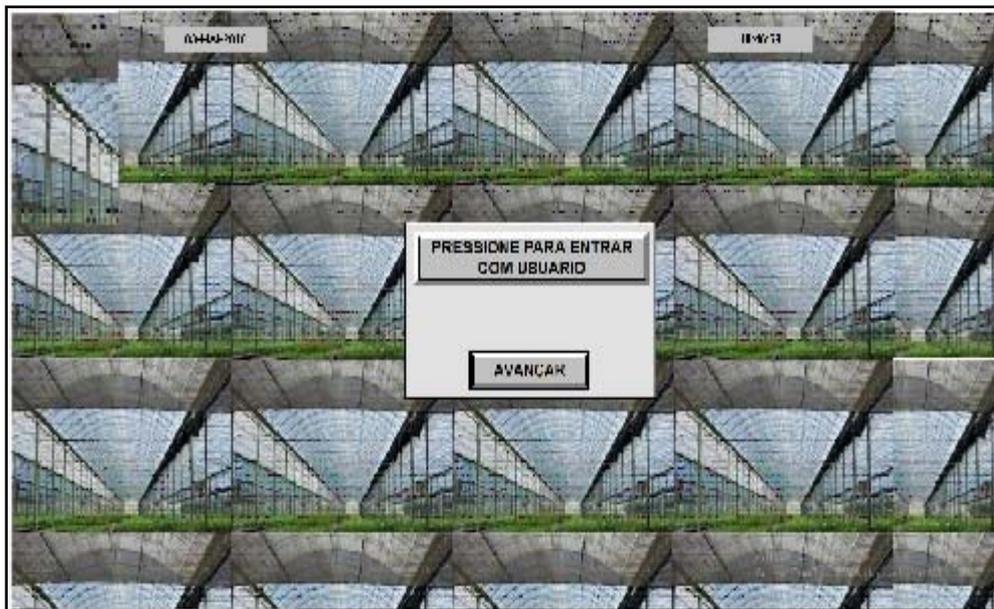
Figura 3.16 -Tela de créditos



Fonte: Autoria própria

Logo após, vem à tela de *login* na Figura 3.17, onde um usuário cadastrado, com nome e senha, pode acessar outros níveis da aplicação. Em cada tela foi definido um range de “0” a “100” que determinar quais usuários podem acessá-la conforme seu grau de liberação. Esses valores são determinados pelo desenvolvedor, e quanto menor o valor obtido por um usuário no cadastro, mais graus de liberdade a acesso das telas terá.

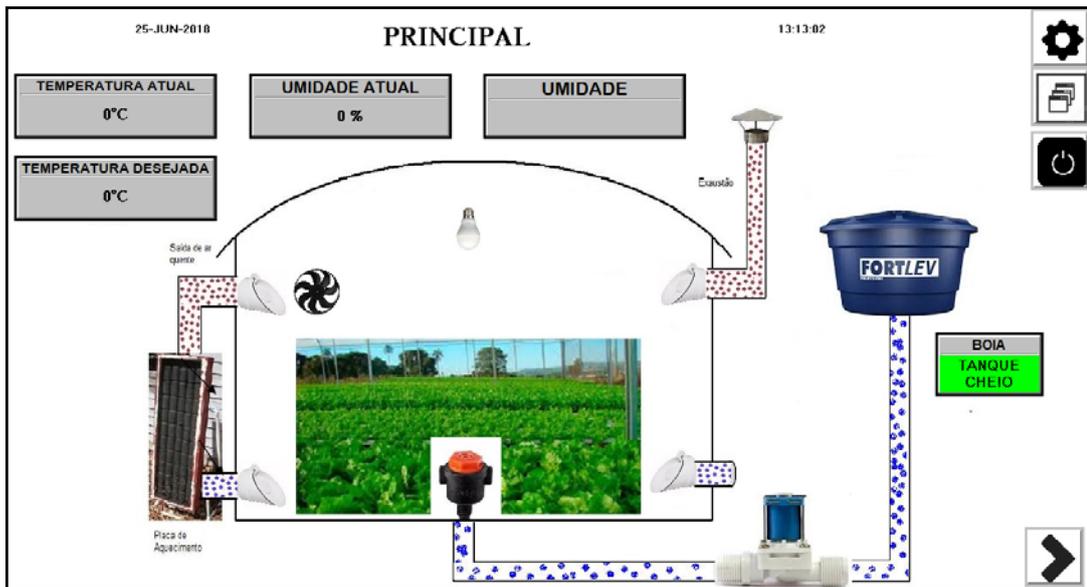
Figura 3.17 - Tela de usuário



Fonte: Autoria própria

A tela principal tem uma representação gráfica dos componentes da estufa representados em uma animação, conforme a Figura 3.18. Alguns desses componentes se movimentam a partir da leitura das TAG relacionadas ao seu funcionamento. Por exemplo, a ventoinha e portinholas de ar quente, localizadas no lado esquerdo se abrem com a variação da temperatura interna da estufa conforme a diferença entre o valor setado e o lido pelo CLP. Alguns *displays* contendo os valores de leitura de temperatura, umidade e informações de texto são apresentadas, localizado no canto superior direito temos botões de *logout*, navegação entre telas e configuração de TAGs.

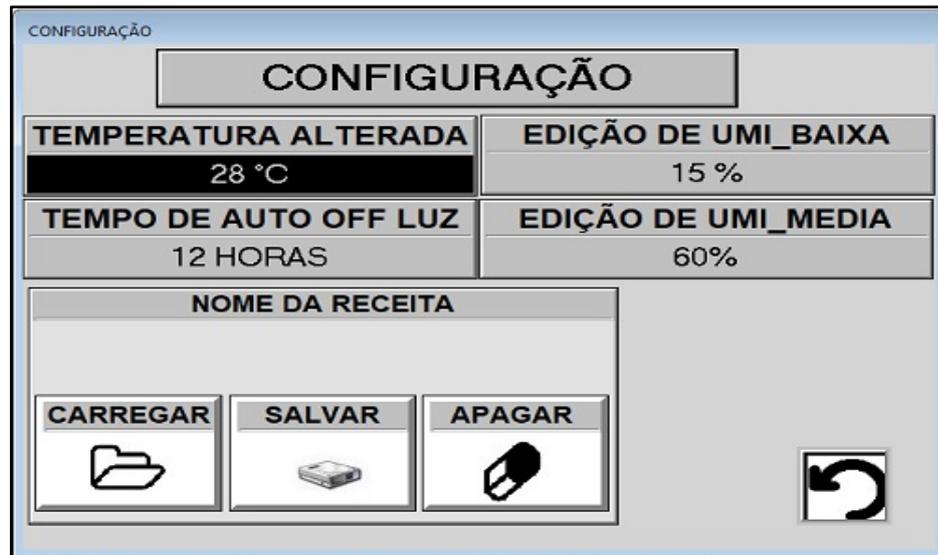
Figura 3.18 - Tela Principal



Fonte: Autoria própria

Entre os botões localizados no canto esquerdo superior da tela principal, é encontrado o botão de configuração que abre uma tela auxiliar, conforme a Figura 3.19, onde é possível serem setados os valores como em “temperatura alterada” que é a temperatura que se deseja alcançar, assim como *setpoints* de umidade que define o limite máximo e mínimo de atuação da irrigação. Tem-se ainda o *setpoint* de tempo de auto *off* da luz que é o tempo em que a iluminação pode estar permanecendo ligada após o sensor de iluminação acionado. Abaixo desses itens citados, pode se guardar todas as referências dos *setpoint* acima em um bloco em forma de receita, elas podem ser salvas, abertas e excluídas conforme a necessidade do usuário, Figura 3.19.

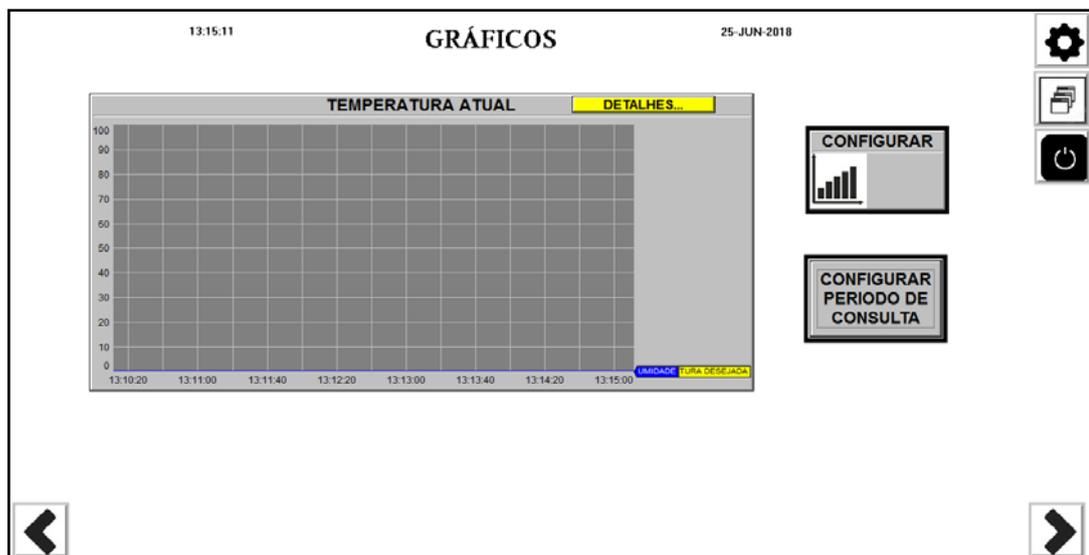
Figura 3.19 - Tela de configuração



Fonte: Autoria própria

Tem-se ainda um gráfico apresentando variações de temperatura instantânea, em linha amarela com leituras de tempo no formato data e hora é mostrado na tela de gráfico na Figura 3.20.

Figura 3.20 - Tela de gráficos

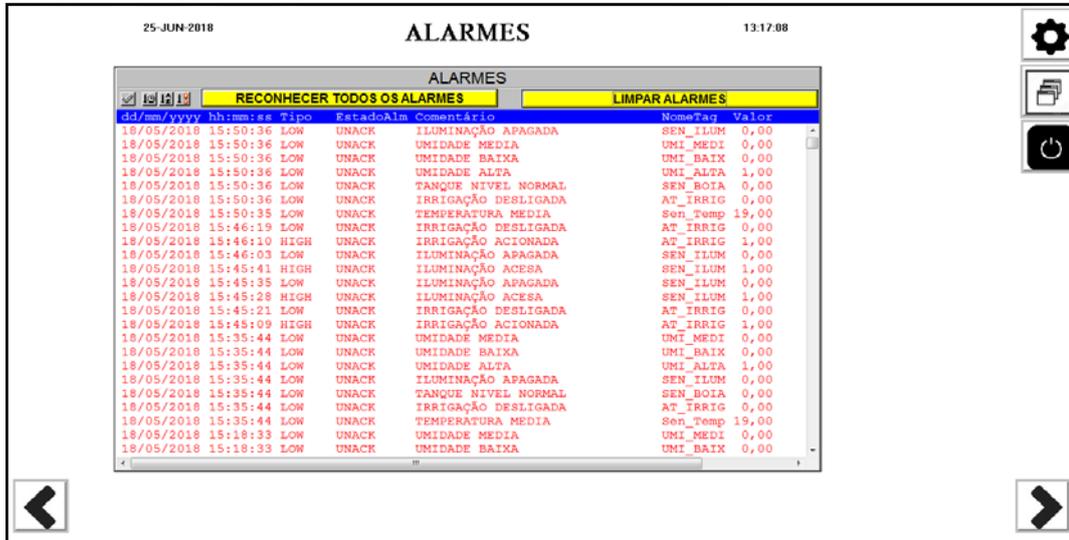


Fonte: Autoria própria

A tela alarmes, Figura 3.21, apresentada o histórico de alarmes que são definidas por níveis de importância estabelecidos nas TAG de leitura de

temperatura, umidade e iluminação do interior da estufas. Na medida em que grandes mudanças ocorrem é mostrado na tabela o horário e o acontecimento.

Figura 3.21 - Tela de alarmes



Fonte: Autoria própria

Constituída de duas telas de apresentação, sendo que a caixa com o subtítulo “ao vivo”, mostra imagens da câmera em tempo real e a com subtítulo “pré-visualização” é destinada para fotos. A tela monitoramento na Figura 3.22, é usada para visualização do interior estufa visando o monitoramento a distância do crescimento das plantas.

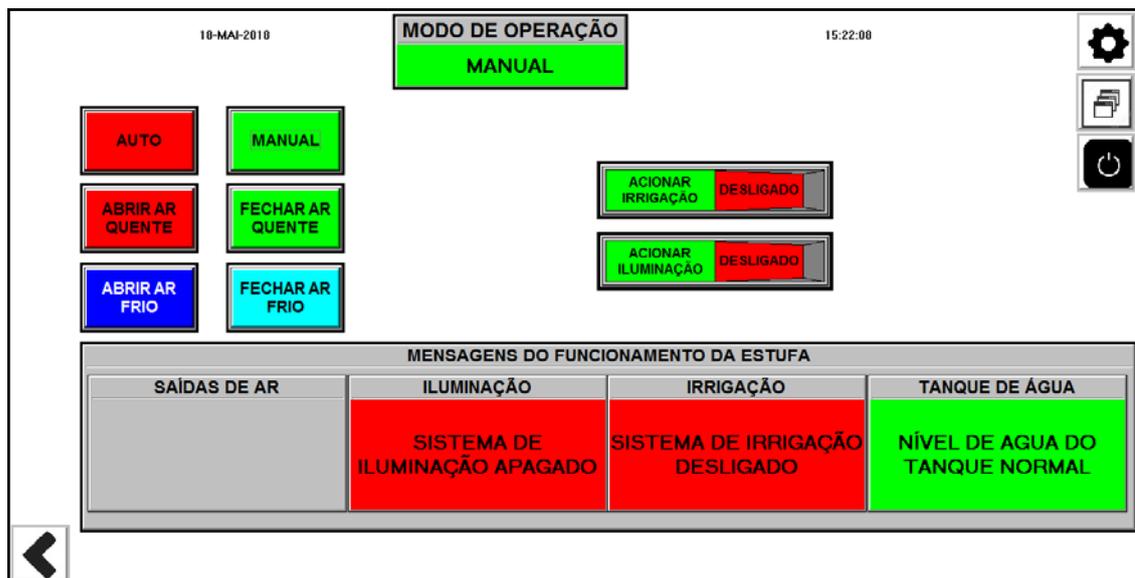
Figura 3.22 - Tela de monitoramento



Fonte: Autoria própria

Com botões para acionamento remoto das saídas do CLP, a tela manual na Figura 3.23, foi desenvolvida para testar possíveis transtornos no funcionamento de algum componente. O botão automático/manual quando acionado, interrompe o funcionamento normal da estufa e permite que pelos botões de acionamento de ar quente, ar frio, iluminação e irrigação sejam ativadas a saída. Uma caixa de texto apresenta cada passo do funcionamento da estufa.

Figura 3.23 - Tela Manual



Fonte: Autoria própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a atividade do plantio compreende uma árdua tarefa, uma vez que as variáveis que determinam seu sucesso nem sempre são controladas, o principal objetivo do projeto é a de favorecer as condições necessárias para o crescimento de um determinado plantio, e não somente na época do ano em que as condições climáticas favorecem o seu produto. Para isso, empregou-se o uso da tecnologia e de recursos naturais em uma estufa, tendo como variáveis controláveis a temperatura, umidade e iluminação.

Para o controle de todo o processo foi empregado um CLP, este sendo capaz de obter os valores das variáveis de entrada, por meio de sensores, e atuar com as devidas ações nas variáveis de saída, conforme se apresentem os valores lidos diferentes em relação aos que foram pré-definidos para aquele tipo de plantação. Os valores necessários para cada plantio podem ser definidos por meio de uma interface de IHM, sendo esta usada para monitoramento e controle a curta distância, enquanto que para a longa distância foi implementado um sistema supervisorio.

Para o desenvolvimento do projeto foram realizados testes nas partes elétrica, mecânica, programação e de controle. No seu decorrer foram encontrados alguns empecilhos que implicavam diretamente em seu funcionamento. Um deles esteve relacionado com a comunicação entre o supervisorio Elipse Scada e o controlador lógico da Horner. Isso ocorreu por se tratar de um CLP antes nunca trabalhado, pois embora os CLP's tenham grandes semelhanças entre si, cada um possui suas particularidades.

Ainda no aspecto do CLP, um aspecto de extrema dificuldade esteve relacionado com a utilização das saídas PWM nos servos motores empregados. No entanto, obteve-se uma grande facilidade na implementação da IHM, mesmo que grande parte dessa implementação teve que ser estudada e assimilada como elemento extracurricular do curso. Outro ponto a se destacar esteve relacionado com a limitação na criação de TAG's que o *software* Elipse Scada impõe, pois foi utilizada a versão demo, versão essa disponível no desenvolvimento do curso, mas

que também foi solucionada após obtermos por empréstimo o *Hardkey* do supervisor.

Diante das dificuldades encontradas e das soluções propostas, pode-se perceber ao término do projeto que o equipamento correspondeu às expectativas inicialmente estipuladas, principalmente porque foi possível com o desenvolvimento do projeto estabelecer o controle de temperatura, umidade e iluminação no interior da estufa conforme o esperado, podendo esse processo ser adaptado ao comércio e em grande escala, viabilizando o custo, pois para esse primeiro experimento variáveis como estas não foram levadas em consideração.

Foram observadas também eventuais melhorias que podem ser acrescentadas futuramente ao projeto. Dentre elas, podem-se destacar a implementação de um sensor de umidade mais preciso, pois o sensor empregado pelo grupo apresentava uma limitação na área monitorada, além de usufruir melhor dos servos motores e das saídas PWM, empregando uma abertura gradativa conforme a necessidade, além de acessos remotos via smartphone.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. THOMAZINI, D. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2007.

ALDABÓ, Ricardo. **Energia solar**. São Paulo: Atliber Editora, 2002.

ALMEIDA, L. **Sensores de umidade**: Como funcionam e por que utilizá-los?. Disponível em: <<https://nexus.com/sensores-de-umidade-como-funcionam-e-por-que-utiliza-los/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 9241-110**. Ergonomia de Interação Humana-sistema,2012.

AZEVEDO, A; ALMANAQUE ABRIL 97. **Climatologia**. 23. ed. São Paulo: Abril, 1997.

BARBOSA, A. et al. Modelo teórico de um coletor solar de placa plana mesclando materiais virgens com materiais recicláveis CSSR. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. 31, 2011, Belo Horizonte. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. p. 5-8.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1989.

BORGNAKKE, C. SONNTAG, R. WYLEN, G. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 4.ed. São Paulo: EdgardBlücher LTDA, 2003.

BURKARTER. E. et al. **Física**. 2 ed. Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/livro_didatico/fisica.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2017.

CALÇADA, C. SAMPAIO, J. **Física clássica**: termologia. s/n ed. São Paulo: Atual, 1985.

CAMARGO, V. FRANCHI, C. **Controlador Lógico Programáveis**: Sistemas Discretos. 2 ed. São Paulo: Érica, 2009.

CAMPANIÇO, H. M. **Sistema Solares Térmicos Centralizados**: Aplicação em Habitação Social. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciência - Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Lisboa: Lisboa. 2010.

CAMPOS, Thiago Tadeu. **A Técnica da Iluminação Artificial irá Melhorar sua Produção Orgânica**, 2016. Disponível em: <<http://thiagoorganico.com/iluminacao-artificial-para-plantas/>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

CUSA, J. **Energia Solar para Vivendas**. Barcelona: Ceac, 1999.

ELSNER, VON B. et al. **Review of structural and functional characteristics of greenhouses in europeanunion countries**, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863499905127>>. Acesso em : 24 fev. 2018.

Encontro Nacional de Engenharia de Produção XXXI - ENGEPEP. **Modelo teórico de um coletor solar de placa plana mesclando materias virgens com materiais recicláveis CSSR**. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. Belo Horizonte, 2011.

FREEDMAN, R. YOUNG, H. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. **El cultivo protegido en clima mediterraneo**: Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas Dirección de Producción y Protección Vegetal. Roma: FAO, 2002.

GALVÃO, C. **Utilização de Desperdícios (Latas de Refrigerante) na captação de Energia Solar para o Aquecimento do Ar**. 2013. 41 p. Dissertação (Mestrado), Instituto Superior de Gestão, Lisboa: Lisboa, 2013.

GENUCIO, G. ZONTA, E. **Como escolher a estufa correta**. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/como-escolher-a-estufa-correta/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

LEVENSPIEL, O. **Termodinâmica Amistosa para Engenheiros** 1. ed: Edgard Blücher LTDA, 2002.

LIBARDI, Paulo Leonel. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: USP Editora, 2005.

LIMA, J. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em residências unifamiliares utilizando o programa TRNSYS**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2003.

LOPEZ, J.C. et al. 2001. **Incorporación De Tecnología Al Invernadero Mediterráneo**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/218816258/invernadero-calefaccion-invernaderos-pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

LOURENÇO, Jorge. **Utilização de na captação de energia solar para o aquecimento de ar**. s/ed. Lisboa, 2013.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE PROJETO DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO – FATEC SBCAMPO. **Material didático para utilização nos projetos de trabalho de graduação dos cursos de tecnologia em automação industrial e informática**. São Bernardo do Campo: Fatec, 2017.

MOREIRA, José R Simões. **Processos de Transferência de Calor**. Apostila para o curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, PME – 2361 Processos de Transferência de Calor. São Paulo. 2014.

Novidades agrícolas. **Tecnologia na agricultura**, 2016. Disponível em: <www.novedades-agricolas.com>. Acesso em: 10 dez. 2017.

OCAMPO, J. et al. **Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan**, 2014. Disponível em: <<http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/81/118>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

PAUWELS, Pe. Geraldo José. **Atlas Geográfico Melhoramentos**. 64. Ed. São Paulo: Melhoramentos, 2004.

PAZ, Alí José Carillo. **Sistemas de Automáticos de Control: Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado**. 2 ed. Santa Rita: UNERMEB, 2011.

PLANTEC. **Estufa para verduras**, 2015. Disponível em: <<http://www.planttec.com.br/estufa-para-verduras.asp#all>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PEDRO, Leandro Frederico de. **Invernadero em regiones tropicales y subtropicales**: Balance energía, diseño y manejo del ambiente físico. 2015, 32 p. Dissertação de Conclusão de Curso Especialista em Cultivo Intenso - Faculdade de Ciências Agrárias, Santa Fé, 2015.

RAMALHO, F. et al. **Os Fundamentos da Física 2**: Termologia, Óptica geométrica e ondas. 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. **Máquinas Térmicas**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/maquinas-termicas.htm>>. Acesso em: 17 agos. 2017.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 24.ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVEIRA, Cristiano. **Sensor Indutivo**: O que é e como funciona, 2015. Disponível em:< <http://www.citisystems.com.br/sensor-indutivo/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

SIMIELLI, Maria Helena Ramos. **Geoatlas Geográfico**. 31. ed. São Paulo: Ática, 2002.

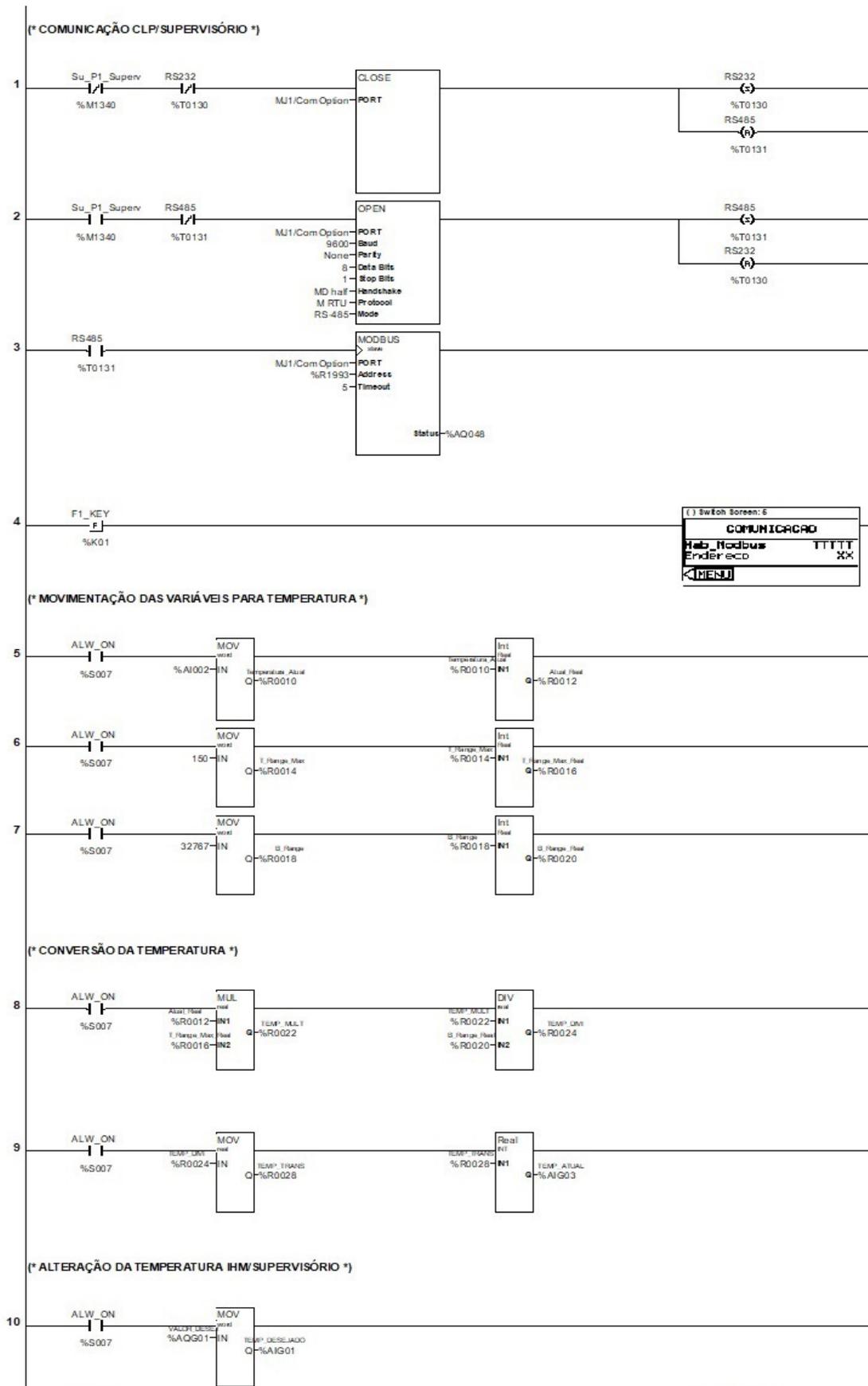
TEIXEIRA, Mariane Mendes. **Termologia**: Radiação, condução e convecção. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/radiacao-conducao-conveccao.htm>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

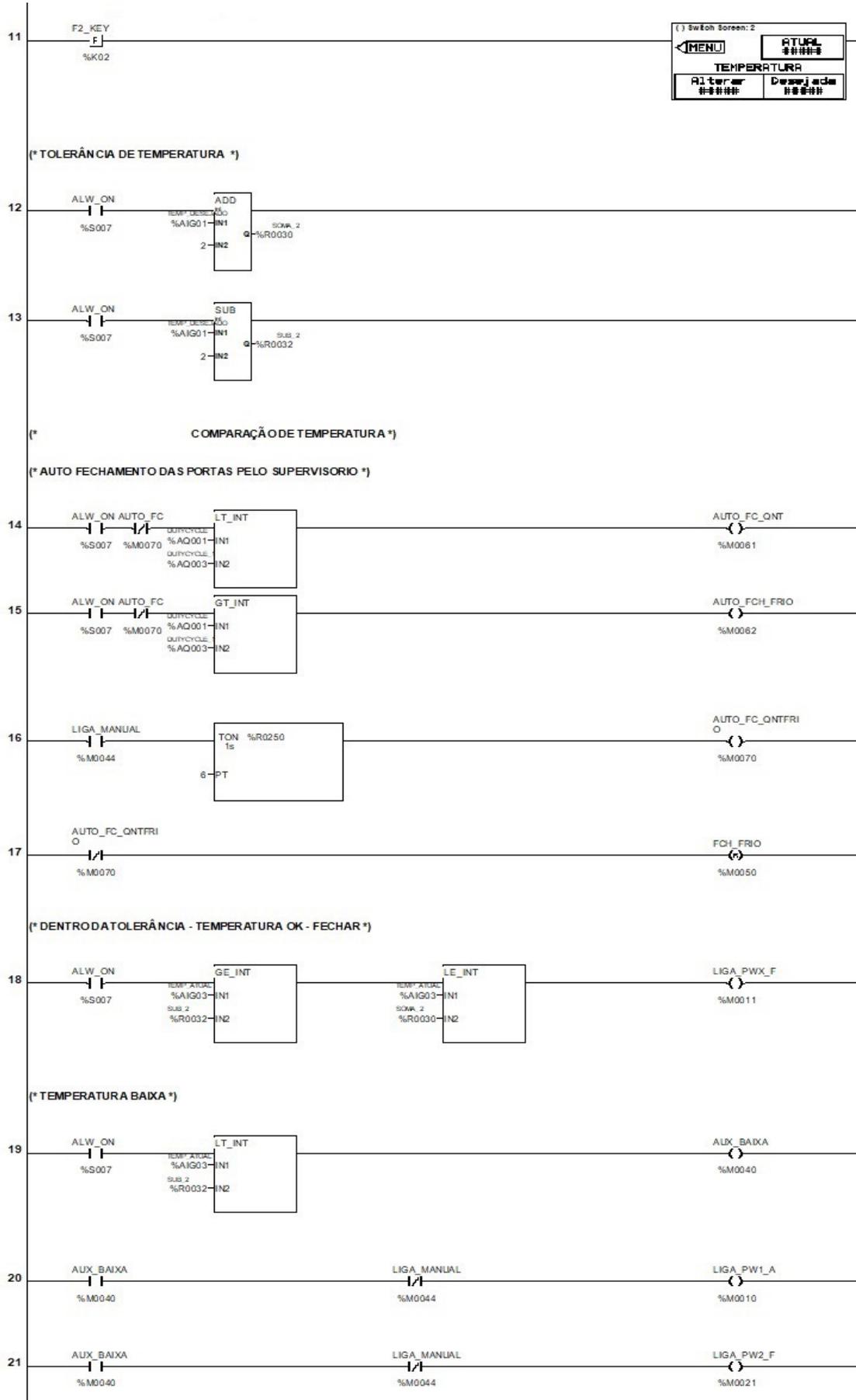
TESI, R. **Medios de protección para la hortoflorofruticultura y el viverismo**.1 ed. Mundi-Prensa. Madrid, 2001.

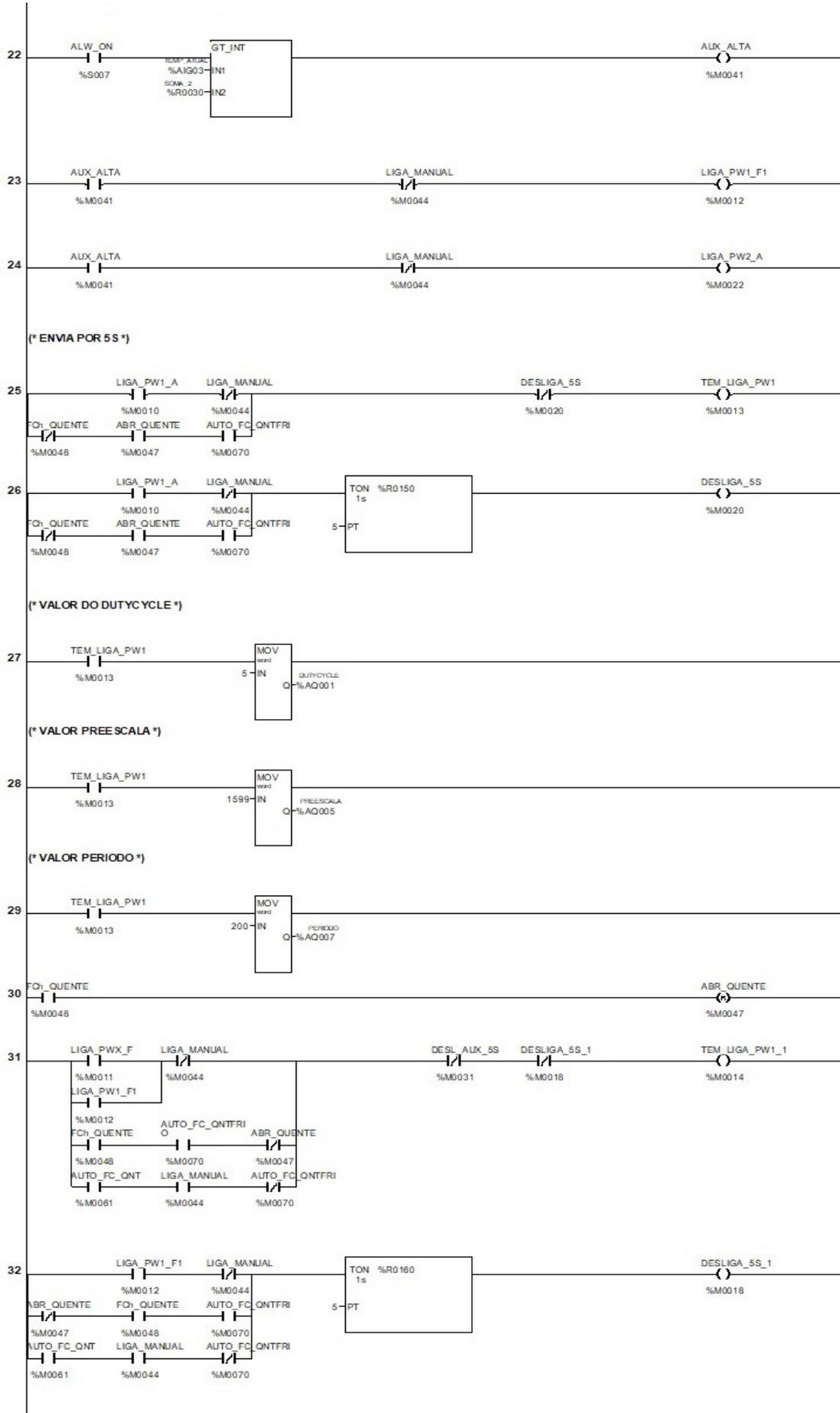
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PERNAMBUCO - UFPE, Atlas Solarimétrico do Brasil: **banco de dados solarimétricos**. Recife: 2. ed. Universitária da UFPE, 2000.

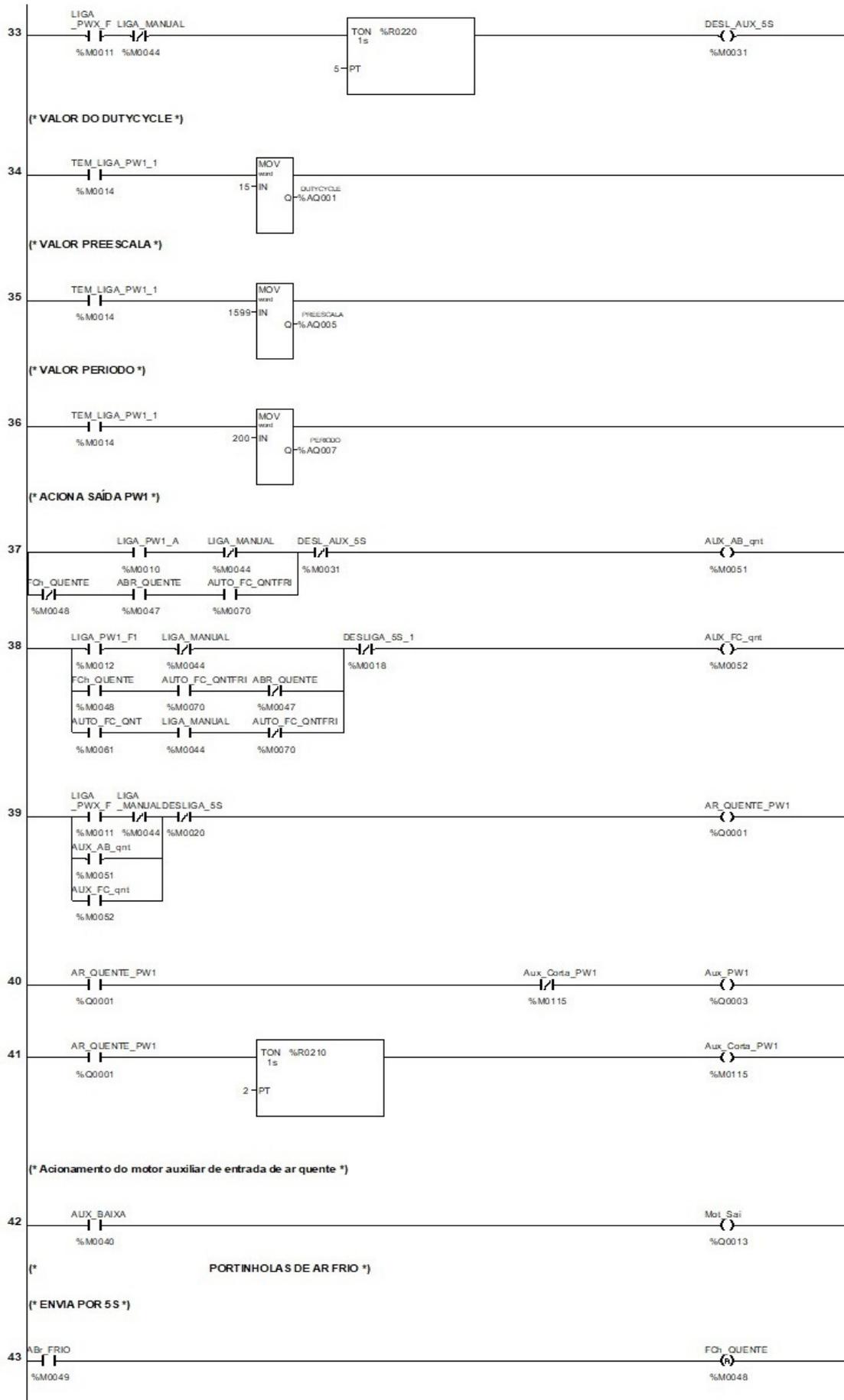
WENDLING, Marcelo. **Sensores**.Apostila para graduação técnico Industrial do Colégio “Professor Carlos Augusto Patrício de Amorim” - Sensores. Guaratinguetá, Unesp: 2010. 19 p.

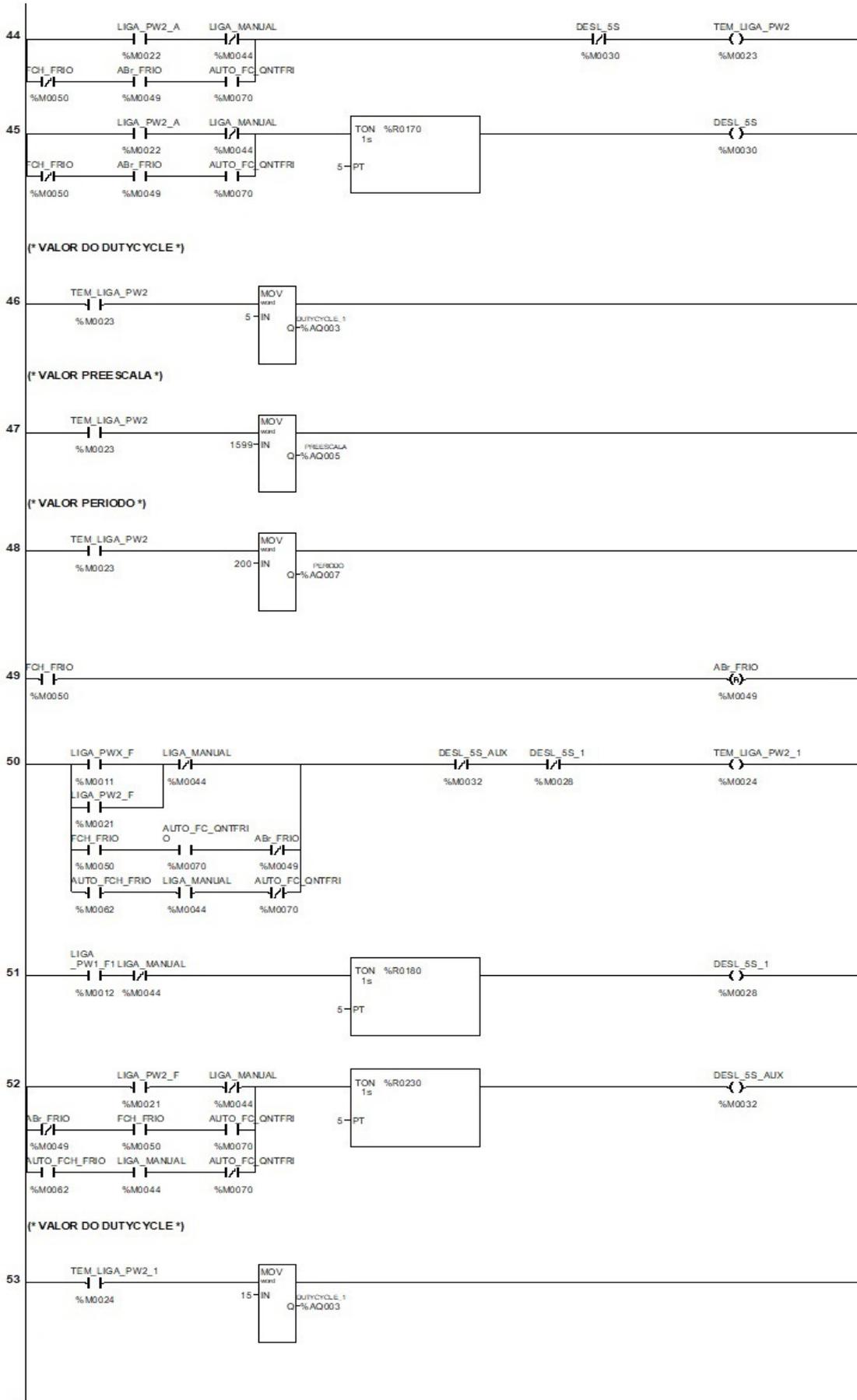
APÊNDICE A - LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO EM LADDER

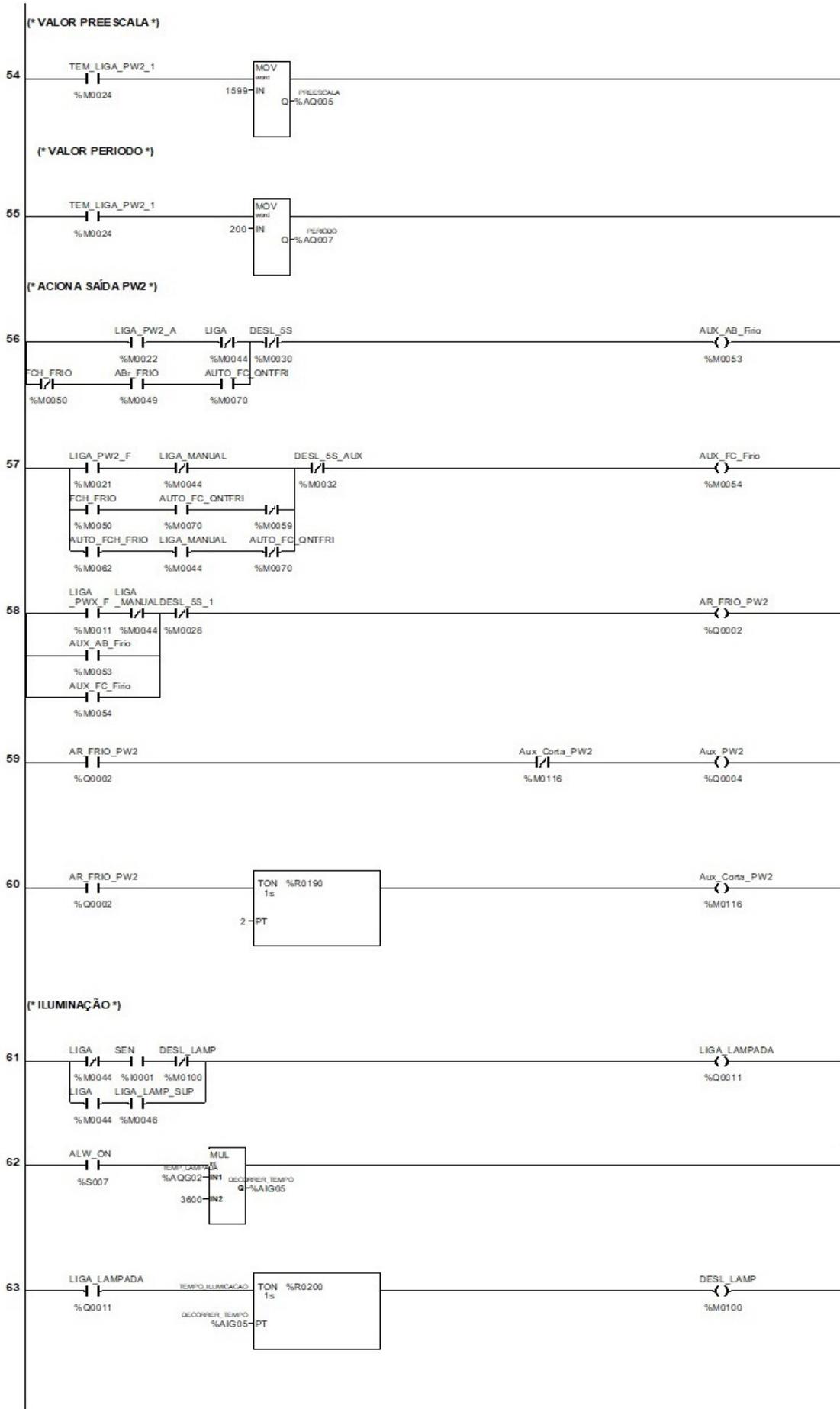




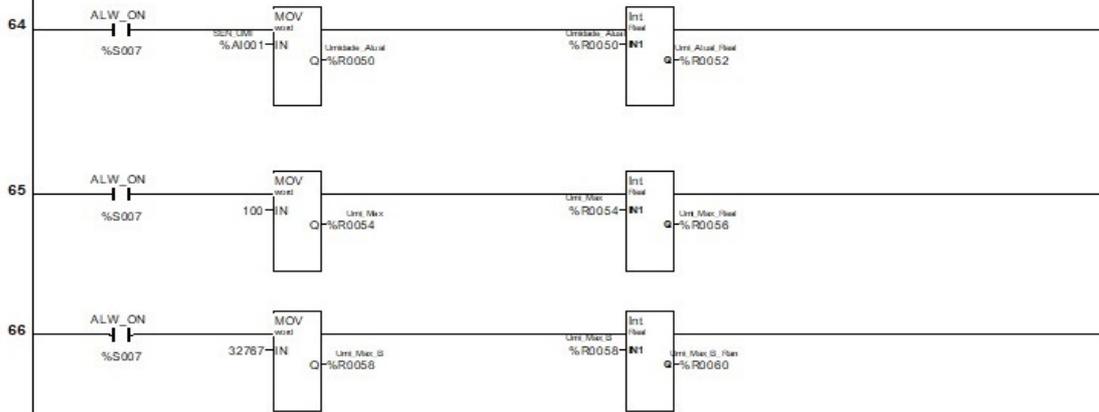




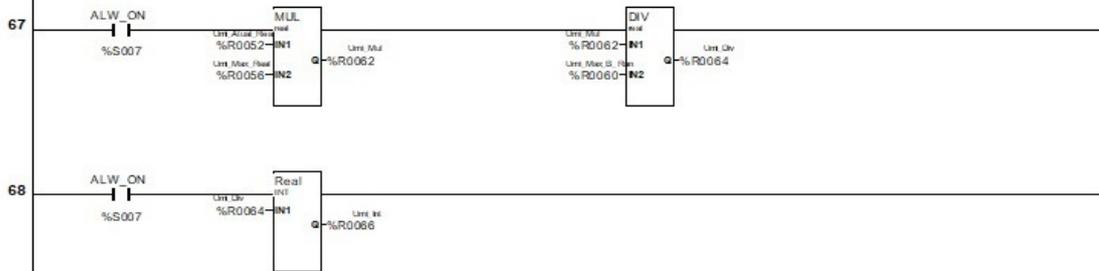




(* ATRIBUIÇÃO DOS VALORES PARA UMIDADE *)



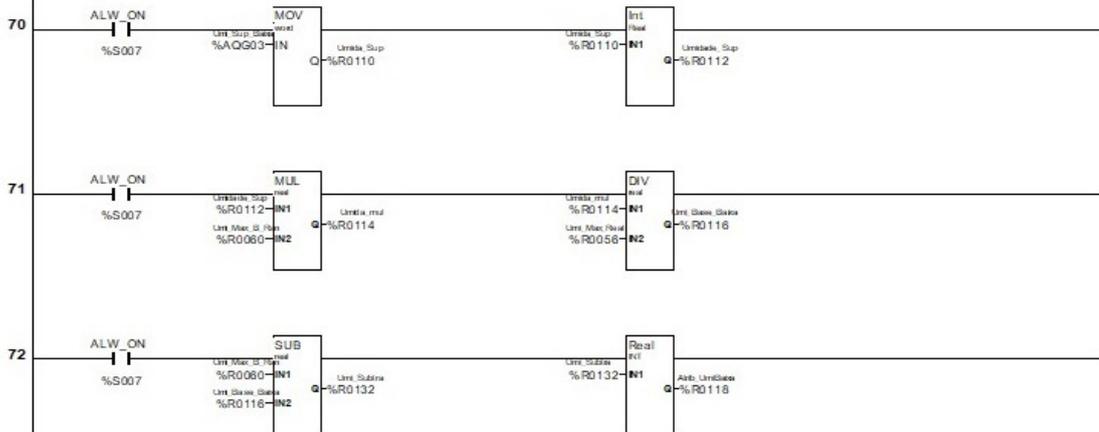
(* CONVERSÃO DOS VALORES DA UMIDADE *)



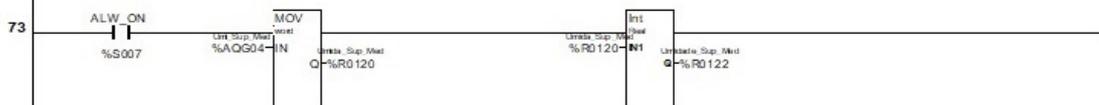
(* UMIDADE CORRETA EM PORCENTAGEM *)

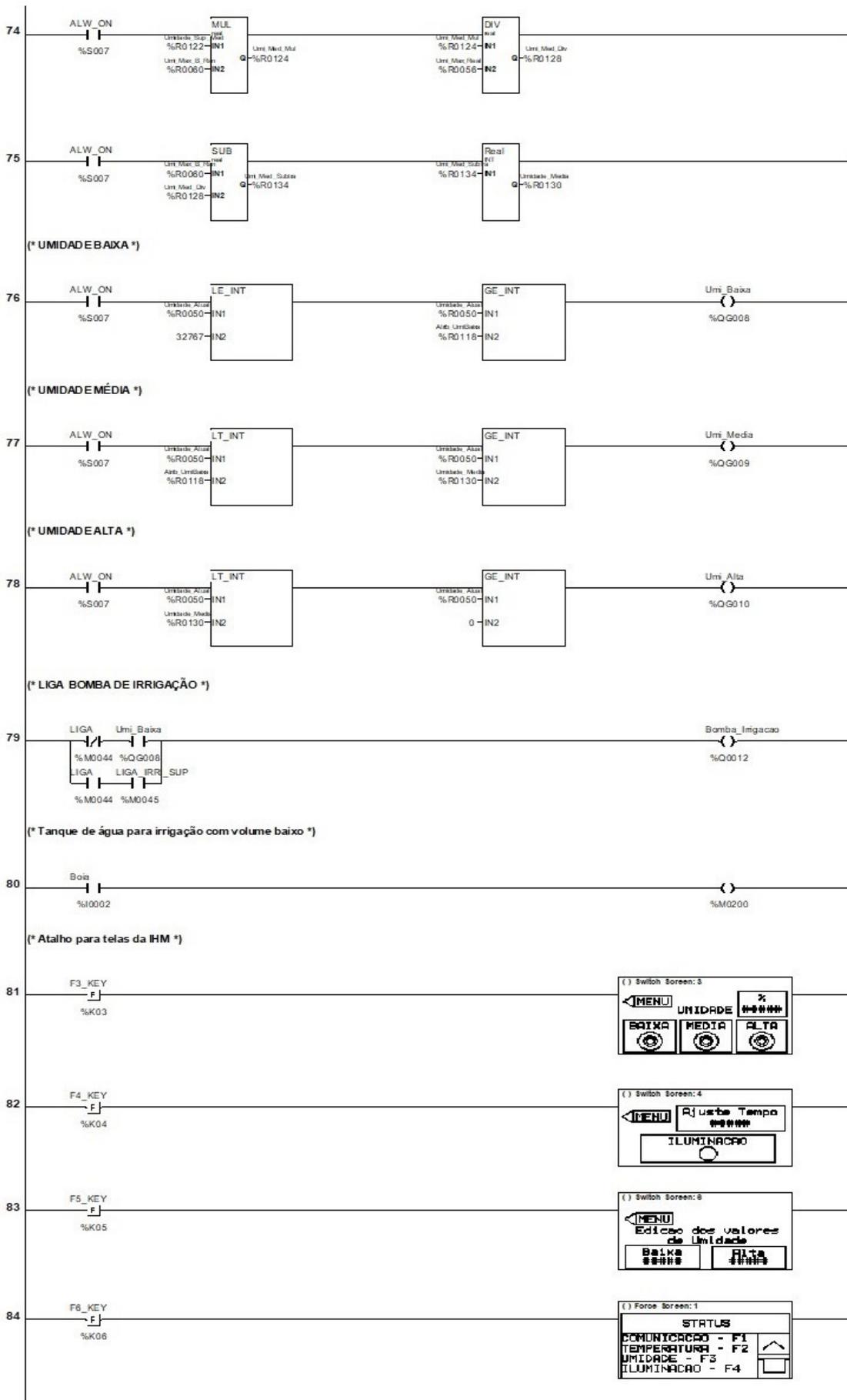


(* Edição de Umidade Baixa *)

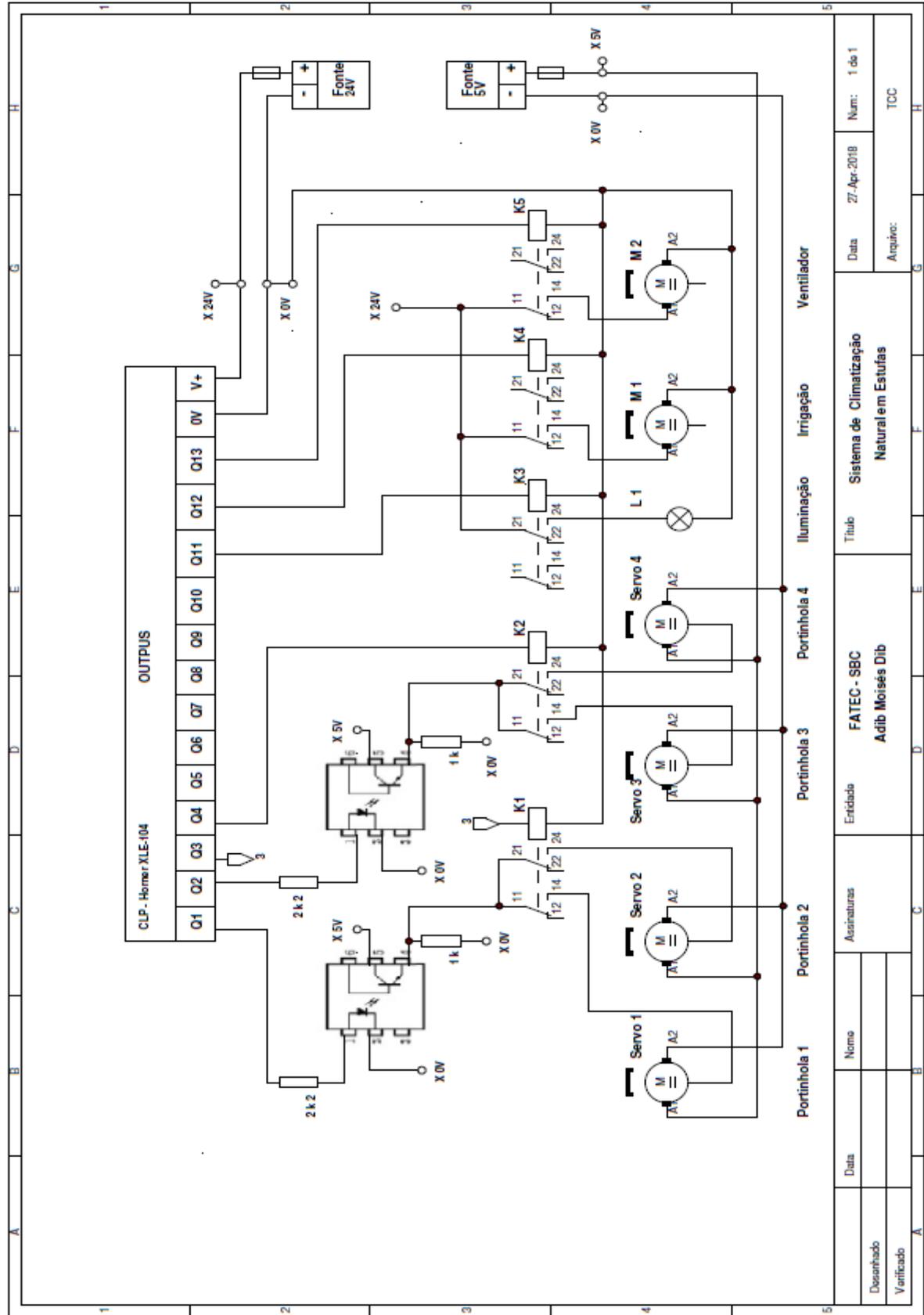


(* Edição de Umidade Média *)





APÊNDICE C -ESQUEMA ELÉTRICO DAS SAÍDAS



ANEXO A - PROCEDIMENTO PARA FUNCIONAMENTO DAS SAÍDAS PWM

Funções de Modulação de Largura de Pulso (PWM)

Em unidades que suportam o PWM, duas saídas dedicadas estão disponíveis e podem ser configuradas para um dos quatro modos de operação. Esses modos são: Normal, PWM, HSC (count = PV) e Stepper.

Normal

Quando Q1 ou Q2 estão configurados para operação Normal, a saída digital registra% Q1 e% Q2 aciona a respectiva saída.

PWM

Quando Q1 ou Q2 é configurado para PWM, a função PWM aciona a respectiva saída.

Ambos os canais PWM podem ser habilitados individualmente; no entanto, quando ambas as saídas PWM estão habilitadas, ambas compartilham a mesma frequência de saída (com os pulsos baixos sincronizados). Caso contrário, a largura de pulso de cada PWM pode ser ajustada independentemente. Os PWMs requerem três parâmetros (% AQs) a serem configurados para operação. Esses parâmetros podem ser definidos em tempo de execução. O conjunto de registro e o cálculo de pré-escala diferem dependendo do hardware XLE / T utilizado, as rotações de hardware AR usam as seguintes resistências e escala:

Contagem de Pré-escala (Revisão AR)

A contagem de pré-escala (% AQ5-6) define a resolução do contador interno usado para gerar a saída PWM. O (prescale count + 1) é um divisor aplicado a um relógio de 16MHz que aciona o contador PWM interno. Para a saída PWM de resolução mais alta, esse valor deve ser definido o mais baixo possível (0 fornece uma resolução de 1/16 micro segundos). Tanto o ciclo Período quanto o Ciclo de Trabalho (largura de pulso) são baseados nas contagens do contador PWM

interno.

A frequência da saída PWM é calculada usando a seguinte fórmula:

$$\text{Frequency} = \frac{16.000.000}{(\text{PreScaleCount}+1) \cdot \text{PeriodCount}}$$

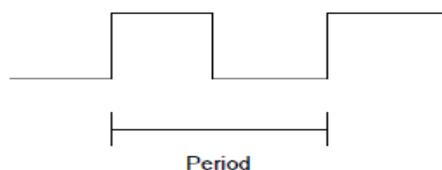
PeriodCount

A pré-escala% AQ5 (PWM1) ou% AQ6 (PWM2) count define a resolução do contador interno usado para gerar a saída do PWM. O (pre-scalecount + 1) é um divisor aplicado a um 32MHz relógio que aciona o contador PWM interno. Para a saída PWM de resolução mais alta, esse valor deve ser definido o mais baixo possível (0 fornece uma resolução de 1/32 micro segundos). Tanto o ciclo Período quanto o Ciclo de Trabalho (largura de pulso) são baseados nas contagens do contador PWM interno.

Contagem do período

Esse valor (% AQ7-8) define o período do sinal de saída especificando o número de PWM interno contador conta antes de o ciclo ser reiniciado (maior contagem resulta em uma frequência menor). A duração de cada contagem é determinada pelo valor do pré-escalador.

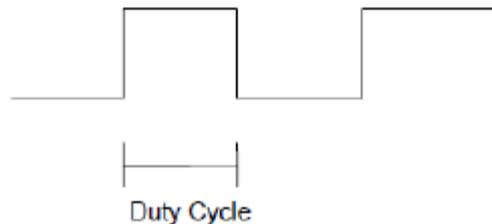
Este parâmetro afeta o Período de ambas as saídas do PWM. Veja a fórmula anterior para ver como as contagens pré-escala e período criam uma frequência de saída. Por exemplo, definir o PWM para resolução de 1µs (pré-escala = 15) e uma contagem de período de 20.000 resultaria em uma saída de 50 Hz.



Dutycycle count

Este valor (PWM1:% AQ1-2, PWM2:% AQ3-4) define a largura do sinal de saída, especificando o número de contagens internas do contador PWM que a saída é mantida alta. A duração de cada contagem é determinada pelo valor do pré-escalador.

Cada canal PWM possui seu próprio parâmetro de contagem de ciclo de serviço. Definir a contagem do período para 1000 e a contagem do ciclo de serviço para 500 resulta em um ciclo de trabalho de 50%. Alterar apenas a contagem do ciclo de serviço para um valor de 250 resulta em um ciclo de trabalho de 25%.



Na energização do controlador ou durante um download, a saída do PWM é mantida em zero até que o Período (contagem) e o Ciclo de trabalho (contagem) sejam carregados com valores diferentes de zero. Quando o controlador é colocado no modo de parada, o estado das saídas do PWM depende da configuração do estado do PWM na parada do controlador. Essa configuração permite contagens de pré-escala de estado last-last ou de pré-escala, período e duty. Especificar zero para o período ou a tarefa faz com que a saída PWM permaneça baixa durante o modo de parada.

Observe que o atraso no tempo de ativação do driver de saída nominal (para atingir 50% de saída) é 25 microssegundos nos modelos 3-5. Portanto, essa limitação deve ser considerada ao determinar a largura de pulso mínima e a precisão do ciclo de trabalho da aplicação.

HSC (Contador de Alta Velocidade)

Quando Q1 ou Q2 estão configurados para operação HSC, as funções totalize HSC1 ou HSC2 são estendidas para permitir o respectivo controle de saída direta com base em uma comparação da contagem de corrente e um valor predefinido (PV). Veja totalize na seção HSC acima para mais informações.

Função Stepper

Quando Q1 é configurado para Stepper, a função stepper é habilitada na saída Q1. Apenas uma função de passo e saída está disponível.

Note que quando o Q1 é configurado para a operação de passo, a operação do Q2 é limitada à saída digital direta. O Stepper requer cinco parâmetros (% AQs) a serem configurados para operação. Esses parâmetros podem ser definidos em tempo de execução, mas são "travados" quando o stepper é comandado para iniciar.

Start Frequency (cycles per second)

Este valor (% AQ1) define a frequência para o primeiro ciclo durante a fase de aceleração e a frequência do último ciclo durante a fase de desaceleração. Quando uma contagem de aceleração ou desaceleração é especificada, a Frequência de Partida deve ser maior que 0 e não deve exceder a frequência de execução ou um erro é gerado.

RunFrequency (cycles per second)

Este valor (% AQ2) define a frequência para o último ciclo durante a fase de aceleração, a frequência consistente durante a fase de execução e a frequência do primeiro ciclo durante o modo de desaceleração. A frequência de execução deve ser maior que 0 e não deve exceder 5000 ciclos / seg. ou um erro é gerado.

AccelerationCount

Este valor (% AQ3-4) define o número de ciclos a ocorrer dentro da fase de aceleração. A frequência dos ciclos dentro deste modo varia linearmente entre as frequências de partida e de operação especificadas. A contagem de aceleração não deve ser igual a 1 ou um erro é gerado. Definir esse valor como zero desativa essa fase.

RunCount

Este valor (% AQ5-6) define o número de ciclos a ocorrer dentro da fase de execução. A frequência dos ciclos dentro deste modo é constante na frequência de execução especificada. A contagem de execuções pode ser qualquer valor. Definir esse valor como zero desativa essa fase.

DecelerationCount

Este valor (% AQ7-8) define o número de ciclos a ocorrer dentro da fase de desaceleração. A frequência dos ciclos dentro desta fase varia linearmente entre a frequência especificada de Run e Stop. A contagem de desaceleração não deve ser igual a 1 ou um erro é gerado. Definir esse valor como zero desativa essa fase. O escalonador fornece dois registradores booleanos para fornecer o status do escalonador

Pronto / Concluído

Uma indicação alta nesse registro (% I30) indica que a sequência de passos pode ser iniciada (isto é, não ocupada no momento).

Erro

Uma indicação alta neste registro (% I31) indica que um dos parâmetros analógicos especificados acima é inválido ou que a ação do passo foi interrompida

antes que a operação fosse concluída. Este registro é apagado no próximo comando de início se o erro foi corrigido.

O escalonador requer um registrador discreto (% Q1) para controlar a ação do escalonador. Definir este registro inicia o ciclo de passo. Esse registro deve permanecer definido para concluir todo o ciclo. Apagar este registrador antes que o ciclo termine, aborta a seqüência de passos e ajusta o bit de erro.

Observe que a configuração do modo PLC para Parar enquanto o stepper está em operação faz com que a saída do escalonador caia imediatamente para zero e a contagem de passo atual seja perdida.

Observe que o nível de saída do escalonador pode causar danos ou ser incompatível com algumas entradas do driver do motor. Consulte a documentação do inversor para determinar se o nível e o tipo de saída são compatíveis.

11.5 Funções PWM registrar mapa Registrar

Register	PWM	HSC	Stepper
%AQ1	PWM1 Duty Cycle (32-bit)	HSC1	Start Frequency
%AQ2		Preset Value	Run Frequency
%AQ3	PWM2 Duty Cycle (32-bit)	HSC2	Accel Count (32-bit)
%AQ4		Preset Value	
%AQ5	PWM Prescale (32-bit)		Run Count (32-bit)
%AQ6			
%AQ7	PWM Period (32-bit)		Decel Count (32-bit)
%AQ8			
%Q1			Run
%I30			Ready/Done
%I31			Error

ANEXO B - CONFIGURAÇÕES DE COMUNICAÇÃO MODBUS

Tabela 1: funções de leitura do protocolo Modbus

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
01	Leitura de Bit (Read Coil Status - 0x)
02	Leitura de Bit (Read Input Status - 1x)
03	Leitura de Words (Read Holding Registers - 4x)
04	Leitura de Words (Read Input Registers - 3x)
07	Leitura de Status (Read Exception Status)
20	Leitura da Memória Estendida (Read General Reference - 6x)

Tabela 2: funções especiais de leitura

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
65 03	Leitura da Memória de Massa (somente para o equipamento ABB MGE 144)

Tabela 3: funções de escrita do protocolo Modbus

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
05	Escrita de Bit (Force Single Coil - 0x)
06	Escrita de Word Simples (Preset Single Register - 4x)
15	Escrita de Bits (Force Multiple Coils - 0x)
16	Escrita de Words (Preset Multiple Registers - 4x)
21	Escrita na Memória Estendida (Write General Reference - 6x)

Tabela 4: funções especiais de escrita

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
65 01	65 01 - Zera medidor de energia (somente para o equipamento ABB MGE 144)
65 02	65 02 - Zera memória de máximo e mínimo (somente para o equipamento ABB MGE 144)

Tabela 5: tipos de formatos de dados do driver

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
Char	Palavra de 8 bits, caracter.
Byte	Palavra de 8 bits sem sinal.
Int8	Palavra de 8 bits com sinal.
Int16	Palavra de 16 bits com sinal.
Int32	Palavra de 32 bits com sinal.
Word	Palavra de 16 bits sem sinal.
Dword	Palavra de 32 bits sem sinal.
Float	Ponto flutuante de 32 bits (IEEE 754) (4 bytes na ordem: EXP F2 F1 0).
Double	Real de 64 bits.
String	Palavra de N chars (texto).
BCD	Valor numérico BCD (decimal codificado em binário). Quando utilizando este tipo, a aplicação deve fornecer um valor decimal positivo e inteiro, a ser enviado no formato BCD, respeitando o tamanho especificado. O campo size, no caso do tipo BCD, refere-se ao número de bytes a serem enviados para representar o valor. Uma vez que na codificação BCD cada algarismo será convertido em um nibble, temos que os valores permitidos devem possuir um número máximo de algarismos igual ao dobro do valor especificado no campo size. Ou seja, se for selecionado 2 para o campo size, o máximo valor que poderá ser enviado será 9999. Já se size=4, o valor máximo será 99999999. Os valores permitidos para o campo size no caso de tipos BCD são 2 (WORD) e 4 (DOUBLE WORD). Para maiores detalhes sobre a codificação BCD, consulte a nota Codificação BCD deste manual.
Bit	Tipo selecionado automaticamente quando uma função de acesso a bits é selecionada. As funções de acesso a bits são as seguintes: 01, 02, 05 e 15. O campo size não é usado para tipos bits. Quanto este tipo é usado, cada elemento de bloco passa a representar um bit.

ANEXO C - RANGE DE CONFIGURAÇÃO PARA TROCA DE INFORMAÇÕES COM O SUPERVISÓRIO

Controller Reference	Maximum Range	Traditional Modbus Reference	Modbus Command(s)	Modbus Offset
%I1	2048	10001	Read Input Status (2)	00000
%IG1	256	13001		03000
%S1	256	14001		04000
%K1	256	15001		05000
%Q1	2048	00001	Read Coil Status (1)	00000
%M1	2048	03001	Force Coil (5)	03000
%T1	2048	06001	Force Multiple Coils (15)	06000
%QG1	256	09001		09000
%AI1	512	30001	Read Input Register (4)	00000
%AIG1	32	33001		03000
%SR1	32	34001		04000
%AQ1	512	40001	Read Holding Register (3)	00000
%R1	2048	43001		03000
%AQG1	32	46001	Load Register (6) Load Multiple Registers (16)	06000