

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
CAMPUS NEPOMUCENO**

Gabriel Costa Martins

Gustavo Henrique Brandão

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL INTEGRADA
PARA AUTOMAÇÃO DE FAZENDAS**

NEPOMUCENO

2025

GABRIEL COSTA MARTINS
GUSTAVO HENRIQUE BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL INTEGRADA PARA
AUTOMAÇÃO DE FAZENDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Israel Teodoro Mendes
Co-orientador: Cintia Ribeiro Andrade

NEPOMUCENO

2025

GABRIEL COSTA MARTINS
GUSTAVO HENRIQUE BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL INTEGRADA PARA
AUTOMAÇÃO DE FAZENDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 17 de julho de 2025

Doutor Israel Teodoro Mendes

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Doutora Cíntia Ribeiro Andrade

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Doutor Alencar Franco de Souza

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

A todos que nos incentivaram, pela
motivação e suporte ao longo dessa jornada.

DEDICAMOS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu, Gabriel Costa Martins, desejo agradecer à minha família, especialmente aos meus pais, José Francisco Martins Junior e Maria Regina Costa Martins, cujo apoio foi fundamental na minha formação acadêmica. Por fim, deixo meu sincero agradecimento à minha namorada, Wyne Gabrielle Andrade de Oliveira, pelo incentivo constante e por ser uma fonte de inspiração, sempre ao meu lado durante toda minha trajetória.

Em segundo lugar, eu, Gustavo Henrique Brandão, manifesto minha profunda gratidão à minha família, especialmente aos meus pais, Elisângela Aparecida Ferreira Brandão e Helinei Pereira Brandão, cujo suporte foi fundamental na minha jornada acadêmica, e à minha irmã, Cíntia Cristina Brandão, pelo apoio incondicional. Por fim, registro meu sincero agradecimento à minha namorada, Letícia Furtado Silva, pelo encorajamento contínuo e por ser uma presença inspiradora em todos os momentos ao longo de toda a faculdade.

Ao nosso orientador e co-orientadora, os Profs. Israel Teodoro Mendes e Cintia Ribeiro Andrade, pela oportunidade, orientação, paciência e conhecimento compartilhados durante todo o desenvolvimento deste trabalho. As suas orientações e estímulos constantes foram uma fonte inspiradora ao longo deste percurso.

Ao corpo docente do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), que ao longo dos anos de graduação compartilhou seu valioso conhecimento.

À técnica de laboratório, pelo suporte prestado e pela colaboração essencial ao longo das etapas práticas deste trabalho

Ao Programa de Educação Tutorial de Engenharia Elétrica (PETEE) do CEFETMG Campus Nepomuceno pela oportunidade e ensinamento.

Aos amigos, que sempre estiveram ao nosso lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que dedicamos a este trabalho.

A todos aqueles que, de alguma maneira, nos ofereceram seu apoio e torceram por nós, expressamos nossa sincera gratidão.

"A agricultura não é a produção de culturas como crença popular é a produção de alimentos e fibras da terra e águas do mundo. Sem agricultura não é possível ter uma cidade, mercado de ações, bancos, universidade, igreja ou exército. A agricultura é a base da civilização e qualquer economia estável."

(Allan Savory)

RESUMO

A modernização do setor agropecuário é essencial para atender às demandas crescentes por eficiência, sustentabilidade e produtividade. Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma central integrada de automação para fazendas utilizando microcontroladores para monitorar e controlar processos em propriedades rurais. O sistema proposto integrará sensores e atuadores para otimizar práticas como irrigação e controle de temperatura, promovendo o uso eficiente de recursos naturais e a gestão sustentável. A pesquisa adota métodos exploratórios e experimentais, envolvendo o desenvolvimento e a validação de um protótipo funcional. Espera-se que a solução proposta seja acessível e adaptável, beneficiando pequenas e médias propriedades rurais ao integrar inovação tecnológica à sustentabilidade e à eficiência produtiva. Este projeto se apresenta como uma opção para contribuir com a modernização e transformação das atividades agropecuárias no Brasil, otimizando processos e reduzindo custos em sua implementação .

Palavras-chave: Automação na agropecuária; Microcontroladores; Irrigação; Temperatura; Eficiência produtiva.

ABSTRACT

Modernization of the agricultural sector is essential to meet the growing demands for efficiency, sustainability, and productivity. This work aims to develop an integrated automation center for farms using microcontrollers to monitor and control processes on rural properties. The proposed system will integrate sensors and actuators to optimize practices such as irrigation and temperature control, promoting the efficient use of natural resources and sustainable management. The research adopts exploratory and experimental methods, involving the development and validation of a functional prototype. The proposed solution is expected to be affordable and adaptable, benefiting small and medium-sized rural properties by integrating technological innovation with sustainability and productive efficiency. This project presents itself as an option to contribute to the modernization and transformation of agricultural activities in Brazil, optimizing processes and reducing costs in their implementation.

Keywords: Automation in agriculture; Microcontrollers; Irrigation; Temperature; Production efficiency.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Sensor de Temperatura LM35.....	17
FIGURA 2. Desenho esquemático de um atuador pneumático.....	19
FIGURA 3. Protótipo para medição de temperatura.....	21
FIGURA 4. Detalhes do hardware utilizado no protótipo.....	22
FIGURA 5. Montagem do circuito do protótipo no Proteus 8.....	32
FIGURA 6. Microcontrolador PIC18F4550.....	33
FIGURA 7. Sensor de temperatura LM35.....	33
FIGURA 8. Módulo de relógio de tempo real DS1302.....	33
FIGURA 9. Display LCD LM016L de 16x2 caracteres.....	34
FIGURA 10. Modo refrigeração (Relé 7).....	34
FIGURA 11. Modo prevenção de geada (Relé 7).....	35
FIGURA 12. Exibição no display do sistema em diferentes modos de operação.....	35
FIGURA 13. Configuração de acionamento e desligamento (Relé 1).....	36
FIGURA 14. Acionamento do Relé 1.....	36
FIGURA 15. Desligamento do Relé 1.....	37
FIGURA 16. Impressão do layout do circuito em papel fotográfico.....	38
FIGURA 17. Transferência do layout para a placa de cobre.....	38
FIGURA 18. Corrosão química da placa com perclorato de ferro.....	38
FIGURA 19. Processo de soldagem manual dos componentes na PCI.....	39
FIGURA 20. Exibição da data, hora e temperatura no display LCD.....	40
FIGURA 21. Exibição do status dos relés no display LCD.....	40
FIGURA 22. Tela de exibição da temperatura máxima registrada.....	40
FIGURA 23. Acionamento de relé conforme horário programado.....	40
FIGURA 24. Montagem completa do protótipo físico sobre a PCI.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. VALORES DOS COMPONENTES.....	41
--	----

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FLUXOGRAMA 1. Função Lê Temperatura.....	28
FLUXOGRAMA 2. Função Compara Temperatura.....	29
FLUXOGRAMA 3. Função Calibração.....	30
FLUXOGRAMA 4. Função Relé 7.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Objetivos.....	14
1.1.1. Objetivo Geral.....	14
1.1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. A Automação no Setor Agropecuário.....	15
2.2. Sensores.....	16
2.3. Atuadores.....	18
2.4. Automação Baseada em Microcontroladores.....	20
2.5. Integração de Sistemas de Automação no Contexto Agropecuário.....	22
3. METODOLOGIA.....	24
3.1. Etapas de Desenvolvimento do Projeto.....	24
3.2. Desenvolvimento do código no CCS C COMPILER.....	24
3.3. Simulação do Protótipo no Software Proteus 8.....	25
3.4. Construção do Protótipo Físico.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1. Descrição e Análise do Código Implementado.....	28
4.2. Simulação no Proteus 8.....	31
4.3. Construção do protótipo.....	37
5. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXO A - FUNÇÃO LÊ TEMPERATURA.....	49
ANEXO B - FUNÇÃO COMPARA TEMPERATURA.....	50
ANEXO C - FUNÇÃO CALIBRAÇÃO.....	51
ANEXO D - FUNÇÃO RELÉ 7.....	52
ANEXO E - FUNÇÃO LCD.....	53

1. INTRODUÇÃO

A modernização do setor agropecuário tornou-se uma prioridade diante das crescentes demandas por eficiência, sustentabilidade e aumento da produtividade no campo. Desde as políticas de modernização implantadas na década de 1970, que transformaram áreas como o cerrado em regiões de grande relevância para a agricultura moderna, a utilização intensiva de capital tem sido um dos pilares para o aumento da produtividade no Brasil (PESSÔA; INOCÊNCIO, 2014). Esse avanço reforça o papel da tecnologia no desenvolvimento econômico e na expansão agrícola.

A pecuária de corte bovina brasileira apresentou nos últimos dez anos um processo crescente de modernização, apesar de ainda caracterizar-se, em grande parte, pela produção extensiva com os animais criados a pasto. Os programas de melhoramento genético intensificaram-se, multiplicaram-se os produtores de animais de elite, avaliados por sumários que classificam a conformação genética dos reprodutores que identificam os animais com maior capacidade de transferir aos descendentes certas características desejadas, medidas através das DEPs (Diferença Esperada na Progenie). (MACEDO, 2006)

Nos últimos anos, o agronegócio brasileiro tem apresentado um crescimento expressivo, com destaque para o aumento de 70,36% no Produto Interno Bruto (PIB) do setor, conforme dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Esse crescimento tem incentivado os produtores a investir cada vez mais em tecnologia e inovação, buscando maior eficiência produtiva, qualidade nos produtos e rentabilidade financeira (LANÇONI; SOARES; CARRER; LIMA, 2020).

Com base nessa realidade, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma central integrada para automação de fazendas, utilizando um microcontrolador para coletar, processar e controlar dados em tempo real. A central será integrada por sensores e atuadores para realizar ações automatizadas, abrangendo sistemas de irrigação, ventilação e alimentadores para o setor pecuário. Essa abordagem visa otimizar o uso de recursos naturais, como água e energia, além de aumentar a eficiência operacional das propriedades rurais, promovendo a gestão sustentável e o aumento da produtividade.

A escolha deste tema justifica-se pela carência de soluções tecnológicas acessíveis e escaláveis para pequenas e médias propriedades rurais. Estudos de mercado e parcerias com cooperativas e associações agrícolas têm destacado a necessidade de sistemas que promovam a sustentabilidade e a eficiência nas operações agrícolas, ampliando o acesso à informação especializada e melhorando a tomada de decisões no campo (FERREIRA BARBOSA et al., 2023).

Dessa forma, este projeto busca contribuir através do desenvolvimento de um protótipo oferecendo uma solução tecnológica que alia inovação à sustentabilidade. A implementação desse sistema tem o potencial de transformar processos agropecuários, tornando-os mais eficientes e alinhados às demandas atuais de sustentabilidade e produtividade no setor rural.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma central integrada de automação agropecuária, utilizando microcontrolador para monitorar e controlar processos em propriedades rurais, promovendo a eficiência no uso de recursos e a modernização das práticas no setor.

1.1.2. Objetivos Específicos

Projetar e implementar um protótipo empregando um microcontrolador, capaz de integrar sensores e atuadores para automação de processos que precisam de temporização e controle de temperatura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Automação no Setor Agropecuário

As mudanças climáticas estão elevando o risco na produção agropecuária mundial em virtude dos eventos meteorológicos extremos e das catástrofes naturais, que podem afetar os níveis de produtividades agrícola e pecuária, bem como contribuir para maior ocorrência de doenças e pragas no meio rural (CAMPBELL et al., 2016; BUAINAIN; SILVEIRA, 2017). Além disso, segundo Cavalcante (2011), o aumento do número populacional mundial que vem se enfrentando nas últimas décadas, acaba gerando várias incertezas em relação a capacidade da produção agropecuária em garantir o fornecimento de alimentos para as pessoas.

É importante encontrar métodos alternativos para aumentar a produtividade e o uso de tecnologias são aliados importantes para se alcançar essa meta. Nesse sentido, Lopes (2017) salienta também que o setor agropecuário precisará seguir uma trajetória de modernização para alcançar e garantir, com crescente eficiência, o abastecimento alimentar mundial e destaca que a incorporação de tecnologia no ambiente rural permite a evolução desses sistemas produtivos para ajudar nesses problemas de demanda mundial.

De acordo com Inamasu et al (2016), o processo de automação no meio rural, tanto para agricultura, pecuária e florestal, consiste nos processos operacionais que são monitorados, controlados e executados por meio de equipamentos tecnológicos, máquinas mecânicas e computadores, com o intuito de aumentar a produtividade, otimizar o tempo, insumos e capital, reduzir perdas no processo e aumentar a qualidade dos produtos e processos.

Um exemplo desse processo de automação é o de Martins (2017), onde foram utilizados sistemas de posicionamento e sensoriamento remoto para a geração de mapas de produtividade e também mapas de fertilidade através de amostragens do solo. Um outro exemplo, porém no ramo da pecuária, seria o citado por Massruhá (2018), onde existe o emprego de chips nos rebanhos bovinos para a reunião de dados do nascimento do animal até o seu abate, realizando o fornecimento básico para a tomada de decisões sobre o manejo dos animais.

No contexto de irrigação em agricultura existem alguns métodos de automação como é o caso do, Vela et al. (2013) e Adekoya et al. (2014), que destacam que com a substituição de sistemas de irrigação tradicionais por sistemas de gotejamento e aspersão conseguem resultar na economia de $\frac{2}{3}$ da água sem gerar perdas na produtividade. Além disso, o produtor pode automatizar a sua plantação através de um sistema programado para irrigar após uma

determinada condição da lavoura. Isso pode ser evidenciado por Carvalho et al. (2013), onde um sistema de irrigação específico, como a irrigação de pivô central no cultivo de arroz, deve ser fornecido de forma controlada e adequada para garantir a sua eficiência.

Um exemplo para o caso de automação no setor agrícola também é o caso da El Mann (2012), que analisou a viabilidade econômica da irrigação por gotejamento automatizada na cafeicultura. Apesar do custo inicial mais elevado, o sistema automatizado apresentou melhor desempenho ao longo de dez anos, com economia de até 28,72% em comparação ao sistema manual de 8 horas, reforçando sua eficiência e sustentabilidade.

Por fim, o trabalho de Gehlen (2021) é um exemplo de automação no setor pecuário, onde criou-se um sistema baseado em IoT para monitorar vacas leiteiras no Compost Barn. Utilizando o microcontrolador ESP32, sensores ambientais e comunicação LoRa, o sistema coleta dados como temperatura, umidade e luminosidade, transmitindo-os para uma plataforma acessível remotamente. Isso permite que os produtores acompanhem as condições do ambiente em tempo real e tomem decisões mais eficientes para manter o conforto dos animais. A proposta demonstra como a automação pode contribuir para o bem-estar animal e para uma gestão mais inteligente das instalações pecuárias.

2.2. Sensores

Sensores desempenham um papel essencial no monitoramento, controle de processos e automação em diversos setores, como indústria, agricultura e transporte. De acordo com Teixeira (2017) sensores são dispositivos que atuam como transdutores, convertendo grandezas físicas, como temperatura, pressão ou movimento, em sinais elétricos interpretáveis, que podem ser usados para tomada de decisões ou ajustes em sistemas automatizados (BASTOS, 2002).

Segundo Thomazini e Albuquerque (2020), o termo "sensor" se refere a dispositivos capazes de captar diferentes formas de energia, como luminosa, térmica ou cinética. Sua principal função é fornecer informações sobre grandezas físicas que precisam ser medidas, como temperatura, velocidade ou aceleração, viabilizando aplicações como o controle de motores, a regulação de ambientes e o monitoramento de condições ambientais.

Entre os sensores mais utilizados, os de temperatura se destacam devido à sua importância em pesquisas científicas e aplicações industriais. Guadagnini e Barlette (2005) ressaltam que a medição de temperatura é essencial, pois muitas propriedades físicas e químicas variam em função dela. Além disso, o controle térmico é indispensável em processos onde a temperatura é uma variável crítica, como na produção de alimentos,

manufatura e no conforto térmico ambiental.

Um exemplo de sensor de temperatura amplamente utilizado é o LM35, um sensor de temperatura de precisão que fornece uma saída linear em relação à temperatura ambiente, dispensando a necessidade de calibração externa, conforme mostrado na Figura 1. Outro sensor térmico comum é o NTC (Negative Temperature Coefficient), um termistor cuja resistência diminui à medida que a temperatura aumenta, sendo aplicado em circuitos de proteção térmica e controle de aquecimento.

FIGURA 1. Sensor de Temperatura LM35



Fonte: ELECTRONIC WINGS ([s.d.]).

De acordo com Gutierrez e Neves (2021), outro sensor importante é o de umidade, independentemente de sua configuração, pois sua utilização na irrigação garante que as necessidades específicas do solo e das culturas sejam atendidas de forma eficiente. Na agricultura moderna, o monitoramento preciso é essencial para a sustentabilidade e a produtividade. Segundo Coelho e Teixeira (2004), sensores de temperatura e transdutores de pressão são importantes para evitar erros, especialmente em medições realizadas durante horários de maior calor, quando a precisão é mais desafiadora.

Na agricultura, os sensores também desempenham um papel transformador, especialmente no contexto da agricultura de precisão. Conforme Silva (2009), o uso de tecnologias eletrônicas, permitem um tratamento específico para cada porção da lavoura, ajustando práticas agrícolas às necessidades e características do solo. Isso contribui significativamente para o aumento da produtividade e para a sustentabilidade das práticas agrícolas.

Da mesma forma, o uso de sensores na pecuária é relevante para muitas situações, como é o caso do trabalho de Santos et al. (2014), que analisa tecnologias aplicadas ao monitoramento do bem-estar de bovinos. O estudo aborda sensores utilizados para medir

frequência cardíaca, temperatura corporal e fatores ambientais, como umidade e radiação solar. Esses dispositivos, conectados a sistemas eletrônicos e redes sem fio, permitem o acompanhamento remoto dos animais, inclusive no pasto.

A integração de sensores em sistemas de controle baseados em dispositivos programáveis, como microcontroladores, amplia sua funcionalidade. Segundo Neves (2011), os valores analógicos coletados por sensores podem ser convertidos para sinais digitais e processados por programas de controle. Esse processamento possibilita a execução de funções complexas, como ajustes automáticos em processos industriais ou a implementação de sistemas de segurança, de controle e automação.

2.3. Atuadores

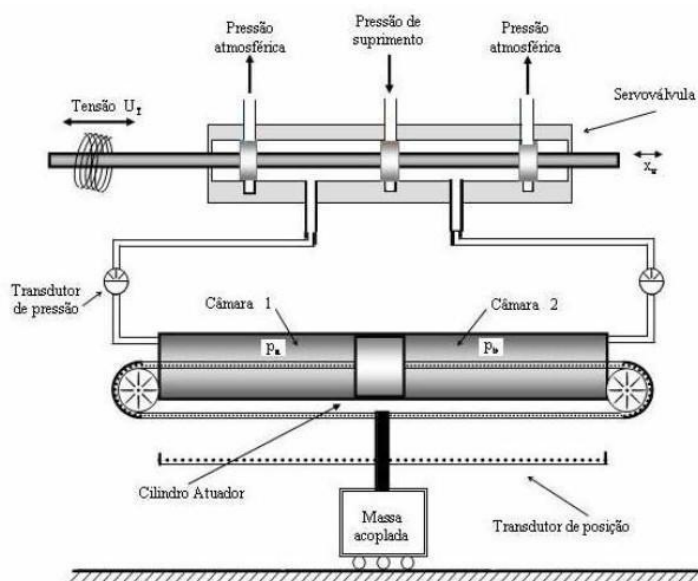
Atuadores são dispositivos que modificam uma variável controlada, recebendo um sinal proveniente do controlador e agindo diretamente no sistema controlado. Sua aplicação abrange diversos setores, desde o controle de máquinas industriais até sistemas residenciais e agricultura, onde são fundamentais para garantir precisão, eficiência e segurança em operações críticas. Eles geralmente trabalham com potência elevada. Exemplos comuns incluem válvulas, relés, motores e solenóides (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

De acordo com Brito (2017), os atuadores têm como principal função converter um sinal, geralmente elétrico, em uma ação mecânica. Em sistemas de controle que utilizam válvulas, por exemplo, o atuador é responsável por fornecer a força necessária para abrir, fechar ou regular a válvula, garantindo a precisão do processo.

Segundo Menezes (2009), o atuador é responsável por realizar um movimento em resposta a algum estímulo de comando. Essa ação pode ser representada pela movimentação de um corpo ou componente, como ocorre nos atuadores eletromecânicos, pneumáticos ou hidráulicos. Cada tipo de atuador apresenta características específicas que determinam sua aplicabilidade em diferentes cenários.

Por exemplo, os atuadores pneumáticos, conforme descrito por Porsch et al. (2011) e representado pela Figura 2, possuem diversas vantagens, como a boa relação entre força e tamanho, flexibilidade de instalação, baixo custo e facilidade de limpeza.

FIGURA 2. Desenho esquemático de um atuador pneumático



Fonte: ENDLER; VALDIERO; ANDRIGHETTO; RAFIKOV (2008).

Os atuadores hidráulicos, como destaca Valente (2016), apresentam vantagens importantes em relação aos demais, como alta velocidade de resposta, elevada rigidez e grande capacidade de carga. Essas características tornam os atuadores hidráulicos ideais para aplicações industriais que exigem força, precisão em movimentos repetitivos ou sustentação de grandes pesos. No entanto, entre as desvantagens destacam-se os altos custos dos componentes, a menor disponibilidade de potência hidráulica em comparação com sistemas elétricos ou pneumáticos, e o risco de vazamentos do fluido utilizado, o que pode comprometer a segurança e a eficiência do processo.

Os atuadores hidráulicos são encontrados em diferentes aplicações na indústria, especialmente em situações que exigem controle preciso em ambientes de alta carga. Exemplos incluem aeronaves, máquinas de produção, testes de fadiga, escavadeiras, laminadoras de metal, sistemas automotivos e manipuladores robóticos, onde a precisão e a força desempenham um papel importante para a segurança e eficiência das operações (VARGAS E PERONDI 2020).

No contexto industrial, os atuadores desempenham um papel fundamental no controle automático, permitindo a melhoria da qualidade dos produtos, o aumento da produção e a otimização do rendimento dos processos. Essa relevância decorre da capacidade dos diferentes tipos de atuadores, elétricos, pneumáticos e hidráulicos, em atender às necessidades específicas de cada aplicação, garantindo um desempenho eficiente e seguro nas

operações industriais. Conforme destacado por Brito (2017), a utilização de atuadores está presente principalmente em indústrias de manufatura e processos, onde o controle preciso é essencial para garantir a eficiência e a segurança das operações.

Um exemplo do uso de atuadores no setor agropecuário é o trabalho de Battilani (2018), que desenvolveu um dispositivo de baixo custo para monitorar variáveis ambientais e acionar automaticamente equipamentos em ambientes rurais. O sistema utiliza sensores para medir temperatura, umidade, luminosidade e gases, e aciona atuadores como exaustores, aquecedores e iluminação conforme os dados captados. A proposta alia automação e eficiência energética, contribuindo para o bem-estar animal e a redução de custos operacionais, especialmente em pequenas propriedades.

2.4. Automação Baseada em Microcontroladores

De acordo com Stevan Júnior e Silva (2015), os microcontroladores são circuitos programáveis completos, apresentando todos os componentes de um computador, ou seja, ele possui circuitos de controle, portas de entrada e saída, conversores dentre outros componentes. Além disso, destacam que os microcontroladores exigem o estudo do sistema de hardware, linguagem de programação e conhecimento de softwares diversos.

Segundo Stevan Junior e Silva (2015), baseados nos conceitos de controlador lógico programável (CLP), microcontrolador e internet das coisas (IOT), muitas plataformas e sistemas têm surgido visando automatizar e melhorar os processos de diversos segmentos, desde atividades extremamente complexas e minuciosas, até a automação de simples funções residenciais, nesse sentido, ganham destaque diversas plataformas que revolucionaram e popularizaram os conceitos de automação, dentre elas, a plataforma arduino é uma das mais conhecidas na atualidade.

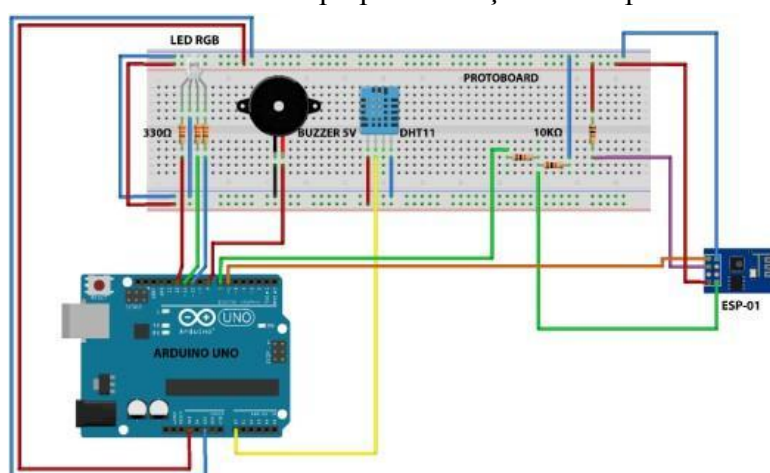
Segundo Dantas (2016) e Santos et al (2016), o maior destaque para os sistemas de automação concentra-se no emprego da plataforma Arduino e seu similares, pois essas plataformas possuem baixo custo de aquisição de seus componentes, diversas funções e a possibilidade de integração de novos componentes e funções durante o processo de desenvolvimento. A partir disso, pode-se observar o exemplo do trabalho do Oliveira (2017), onde desenvolveu-se algumas tecnologias para automação residencial, se baseando em diminuir os custos para o acesso da tecnologia para um público mais amplo e popular, com isso utilizou-se um microcontrolador ESP8266.

Nesse sentido, um outro exemplo do uso de microcontroladores seria do projeto de Silva et al (2019), onde se verificou que com o uso de um Arduino com sensor ultrassônico

pode ser utilizado para determinar a permeabilidade do solo através da programação deste instrumento. Dessa maneira, conseguiu-se uma nova solução mais barata e com valores mais precisos que o método tradicional que era manual.

Uma outra demonstração das possíveis funcionalidades e aplicações dos microcontroladores seria no caso do trabalho realizado por Fiumi Junior et al (2019) onde criou-se um protótipo com um microcontrolador para controlar a temperatura ambiente de uma área industrial que trabalhava com máquinas de solda de circuitos. Esse sistema era necessário, pois o controle de temperatura externo das máquinas era imprescindível para o perfeito funcionamento da pasta de solda, e esse protótipo além de conseguir substituir o procedimento anteriormente utilizado, ele ainda mostrou-se mais eficiente reduzindo as variáveis nas medições. A Figura 3 apresenta o protótipo desenvolvido para medição de temperatura.

FIGURA 3. Protótipo para medição de temperatura.



Fonte: FIUMI JUNIOR et al(2019).

Apesar do Arduino ser amplamente utilizado em projetos acadêmicos, devido à sua facilidade de programação e à extensa comunidade de suporte, os microcontroladores da família PIC representam uma alternativa robusta, principalmente por oferecerem maior flexibilidade no controle de hardware, comunicação eficiente via protocolo SPI com dispositivos externos e melhor aproveitamento dos recursos internos, como os conversores analógico-digitais. A partir disso, um exemplo significativo da aplicação desse microcontrolador é o sistema desenvolvido por Camargo et al (2012), no qual foi proposto um dispositivo portátil para análise da marcha humana. Nesse projeto, o PIC18F4550 foi responsável pela coleta e armazenamento dos sinais provenientes de acelerômetros, possibilitando ainda a posterior visualização dos dados por meio de uma interface gráfica

desenvolvida em Visual C++ com OpenGL. Dessa forma, o estudo evidenciou a eficácia do microcontrolador na aquisição de dados biomecânicos em tempo real, apresentando-se como uma alternativa viável ao uso de plataformas como o Arduino.

2.5. Integração de Sistemas de Automação no Contexto Agropecuário

De acordo com Sorensen et al (2011), a FAO (Organização para a Agricultura das Nações Unidas) indicou que necessita do incremento na produção de agricultura mundial em 70% até 2025. A partir disso, uma das alternativas que deveriam ter sido utilizadas para atender essa meta seria a implementação da Agricultura de Precisão (AP) a qual visa obter maior produtividade numa mesma área de plantio com menor impacto ambiental.

Com base nos trabalhos de Inamasu et al (2008), Tangerino (2009), Tangerino et al (2010), onde utilizam-se sensores para ter uma avaliação quantitativa das estruturas das plantas e suas funções e para outras aplicações de sensoriamento, a automação de máquinas e equipamentos, de sistemas e o uso da tecnologia de informação encontra-se cada vez mais presente na área agrícola.

Atualmente, muitos projetos tecnológicos vem se destacando também no ramo da pecuária, principalmente com o uso de microcontroladores, como é o caso do que foi realizado por Santos et al (2014), onde foi utilizado o microcontrolador de modelo PIC18LF4620 da Microchip para realizar a leitura dos sensores de temperatura do ar, umidade relativa e frequência cardíaca de animais bovinos. Nesse caso apresentado, foram obtidos resultados com maior eficiência, praticidade e economia de tempo e esforço para os pecuaristas. A Figura 4 ilustra os detalhes do hardware utilizado no protótipo.

FIGURA 4. Detalhes do hardware utilizado no protótipo.



Fonte: SANTOS et al (2014).

No setor da agricultura, ocorre uma disparidade entre pequenos e grandes produtores rurais, principalmente no que diz respeito ao acesso e ao uso da informação. (AFFONSO; PERRONI, 2016, p. 20). Dessa forma, trabalhos como o de Cunha e Rocha (2015) e o de Ayres (2024) onde o foco é buscar alternativas de controle e monitoramento no processo de irrigação de uma pequena propriedade agrícola através do uso de microcontroladores e sensores, são bem vistos pois apresentam uma alta eficiência, praticidade e controle sobre variáveis como acionamento de bombas de água, umidade do solo e temperatura.

3. METODOLOGIA

A pesquisa classifica-se como exploratória, tendo como objetivo principal compreender e propor soluções inovadoras na área de automação para ambientes rurais. A exploração de materiais teóricos e a aplicação prática complementam a abordagem adotada..

3.1. Etapas de Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento deste projeto foi estruturado em três fases principais, que se complementam e garantem a construção de uma solução funcional, eficiente e adaptável ao ambiente rural. A primeira fase envolveu o desenvolvimento do código em linguagem C, utilizando o ambiente CCS C Compiler, com o objetivo de programar um microcontrolador para realizar tarefas de monitoramento e controle automatizado. Essa etapa foi essencial para estabelecer a lógica do sistema, definir os parâmetros de acionamento e criar uma base sólida para as demais fases.

A segunda fase consistiu na criação de uma simulação do sistema no ambiente virtual do Proteus 8. Essa simulação permitiu validar o funcionamento do código desenvolvido e visualizar como os componentes eletrônicos interagiriam em um cenário controlado. A simulação foi indispensável para identificar e corrigir erros de programação, ajustar a lógica de funcionamento do sistema e evitar desperdício de tempo e recursos na montagem do protótipo físico.

A terceira e última fase compreende a construção do protótipo físico, replicando o circuito utilizado na simulação e implementando todos os componentes reais. Essa etapa tem como objetivo testar o sistema em condições reais de operação, observando seu comportamento em situações simuladas do dia a dia no campo, como variações de temperatura, acionamento de sistemas de irrigação ou ventilação e resposta a comandos manuais. Com o protótipo, é possível validar definitivamente a eficácia da solução proposta.

3.2. Desenvolvimento do código no CCS C COMPILER

O código desenvolvido para este projeto tem como objetivo principal automatizar tarefas agropecuárias com base em dados coletados por sensores, tornando o gerenciamento de uma propriedade rural mais inteligente, eficiente e sustentável. Dentre as funções programadas, destaca-se a leitura contínua de temperatura por meio do sensor LM35, o acionamento de dispositivos como relés (representando sistemas de irrigação, ventilação ou iluminação) e a exibição de informações relevantes em um display LCD. Além disso, o sistema registra e utiliza a hora atual, fornecida por um módulo de relógio de tempo real, para

executar tarefas em horários específicos.

Para alcançar essa funcionalidade, optou-se pela linguagem de programação C, devido à sua ampla aplicação em sistemas embarcados e por ser altamente compatível com microcontroladores da família PIC. A linguagem C permite o controle preciso dos registradores, pinos de entrada e saída e módulos internos do microcontrolador, tornando possível o desenvolvimento de soluções robustas e eficientes.

O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o CCS C Compiler, um software voltado especificamente para a programação de microcontroladores PIC da empresa Microchip. Esse compilador oferece um conjunto de ferramentas que simplifica a criação de projetos, como bibliotecas otimizadas, exemplos práticos e um compilador confiável. Além disso, o CCS permite a depuração do código e facilita a geração do arquivo .hex, que posteriormente é gravado no microcontrolador.

No decorrer da construção do código, foi necessário implementar diversas estruturas lógicas, como condicionais, laços de repetição e interrupções. Essas estruturas permitiram ao microcontrolador responder dinamicamente às mudanças nas variáveis monitoradas, garantindo que o sistema pudesse operar de forma autônoma e eficiente.

3.3. Simulação do Protótipo no Software Proteus 8

Antes da montagem do protótipo, foi fundamental simular o funcionamento do sistema de forma virtual. Para isso, foi utilizado o software Proteus 8, uma poderosa ferramenta de simulação de circuitos eletrônicos que permite testar códigos reais em microcontroladores simulados. Essa etapa foi importante para verificar o comportamento do código desenvolvido, garantir a integração adequada entre os componentes e evitar falhas que poderiam comprometer o desempenho do sistema quando implementado fisicamente.

A simulação foi montada utilizando os seguintes componentes principais:

- **Microcontrolador PIC18F4550:** Responsável pelo processamento principal do sistema, este microcontrolador possui arquitetura robusta, com interfaces analógicas e digitais, comunicação serial e capacidade de operar com dispositivos de tempo real e sensores analógicos.
- **Display LCD LM016L (16x2):** Utilizado para exibir as informações do sistema, como temperatura atual, horários programados e status de acionamento dos dispositivos. O módulo LCD foi conectado ao microcontrolador utilizando barramento de dados e controle por pinos digitais.

- **Sensor de temperatura LM35:** Sensor analógico que fornece uma tensão proporcional à temperatura ambiente. É amplamente utilizado por sua precisão e linearidade, com fácil integração a entradas analógicas do microcontrolador.
- **Módulo de relógio de tempo real (RTC) DS1302:** Permite o controle de tempo e a execução de eventos programados com base em data e hora. Este módulo foi conectado ao microcontrolador via comunicação serial. Para garantir sua precisão, foi utilizado um cristal externo com frequência adequada, conforme especificações do fabricante.
- **LEDs e relés:** Representam, na simulação, os dispositivos de saída que serão acionados conforme o controle lógico do sistema, como bombas d'água, sistemas de ventilação ou alimentação. Os LEDs foram conectados através de resistores de 100 ohms para limitar a corrente, simulando o funcionamento dos relés que controlam os dispositivos reais.
- **Botões (push-buttons):** Utilizados para interação manual com o sistema, como ajuste de parâmetros ou acionamento forçado de saídas. Assim como os LEDs, os botões foram conectados com resistores de pull-down para garantir a leitura correta dos estados lógico baixo e alto pelo microcontrolador.

A integração entre o código desenvolvido no CCS C Compiler e a simulação montada no Proteus 8 foi realizada por meio do carregamento do arquivo .hex gerado pelo compilador dentro do modelo virtual do microcontrolador no Proteus. Isso permitiu a execução completa e em tempo real do código, possibilitando a análise do comportamento do sistema em diferentes cenários.

Durante os testes, foram validadas as seguintes funcionalidades:

1. Leitura correta do sensor LM35;
2. Exibição de dados no LCD LM016L;
3. Atualização do horário em tempo real com o DS1302;
4. Atuação dos relés simulados por LEDs, de acordo com valores programados;
5. Resposta do sistema à interação por meio dos botões.

3.4. Construção do Protótipo Físico

Com a lógica validada e o funcionamento testado na simulação virtual, o próximo passo foi a construção de um protótipo físico funcional, utilizando componentes reais. A montagem foi realizada de acordo com o circuito utilizado na simulação, garantindo que todas as conexões e dispositivos estivessem devidamente integrados. Nessa etapa, o objetivo principal foi testar o sistema em condições reais, avaliando sua performance, precisão dos

sensores e robustez diante de eventuais variações externas.

Dessa forma, para se garantir um funcionamento seguro e eficiente do protótipo, optou-se pelo desenvolvimento de uma placa de circuito impresso (PCI). Com base nisso, o desenho da placa foi desenvolvido utilizando o software Ares que é uma ferramenta integrada ao Proteus que permite projetar placas eletrônicas com precisão. Esse processo envolveu o mapeamento dos caminhos de conexão entre os componentes e a organização do layout físico da placa.

A fabricação da placa foi realizada em duas etapas: uma versão impressa (física) e outra digital, utilizada para análises e ajustes antes da produção final. A fabricação foi realizada por meio do método de fotogração, utilizando impressão do layout em transparência, sensibilização da placa com fotopolímero e posterior corrosão química com perclorato de ferro.

O processo de soldagem foi conduzido manualmente, utilizando estação de solda e estanho com fluxo, assegurando conexões elétricas firmes e duráveis. Foram montados componentes como o microcontrolador PIC18F4550, sensor LM35, módulo RTC DS1302, relés, botões, LEDs, resistores e o display LCD. Nessas etapas, o objetivo era verificar o comportamento do sistema diante de variações de temperatura, acionamento de dispositivos e resposta a comandos manuais.

Os testes foram realizados no Laboratório de Automação do CEFET MG Campus Nepomuceno, utilizando uma fonte de bancada de tensão contínua de 12V para alimentar o circuito. Essa fonte garantiu uma alimentação estável durante os testes, possibilitando a verificação do funcionamento do sistema em condições reais de operação.

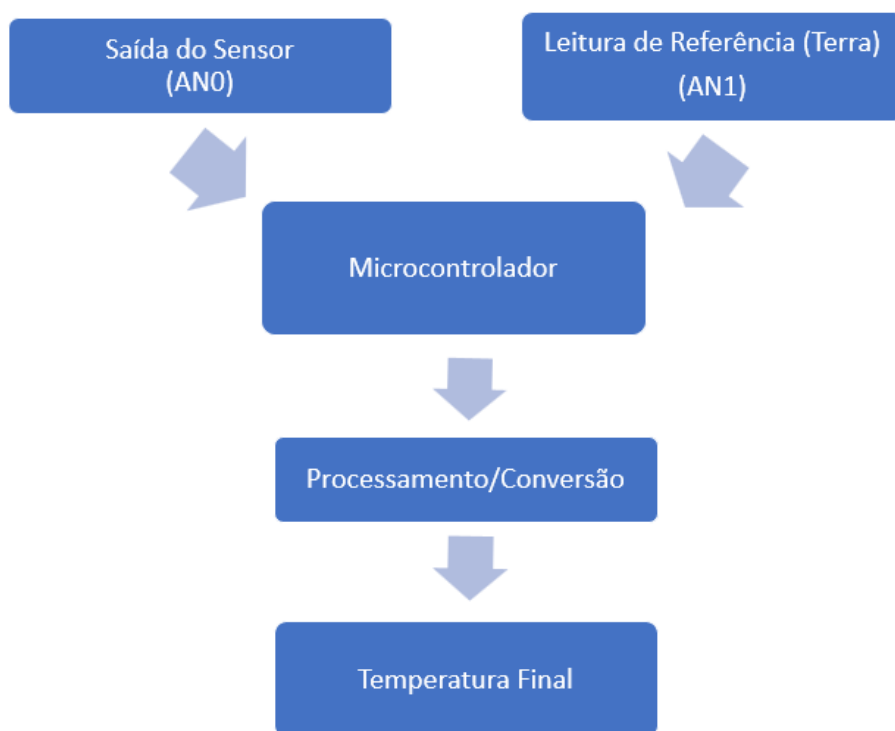
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Descrição e Análise do Código Implementado.

Com base nas etapas descritas na metodologia, inclui-se o desenvolvimento do código utilizando o CCS C Compiler. O microcontrolador escolhido foi o PIC18F4550, devido à sua capacidade de integrar múltiplos periféricos, como sensores, relés e módulos de tempo real.

O sistema foi programado para realizar a leitura contínua da temperatura por meio do sensor LM35, que fornece medições precisas e estáveis. Para isso, implementou-se um trecho de código responsável pela aquisição da tensão no canal AN0 (saída analógica do sensor) e pelo ajuste com base na referência de GND medida no canal AN1, conforme mostrado no Fluxograma 1.

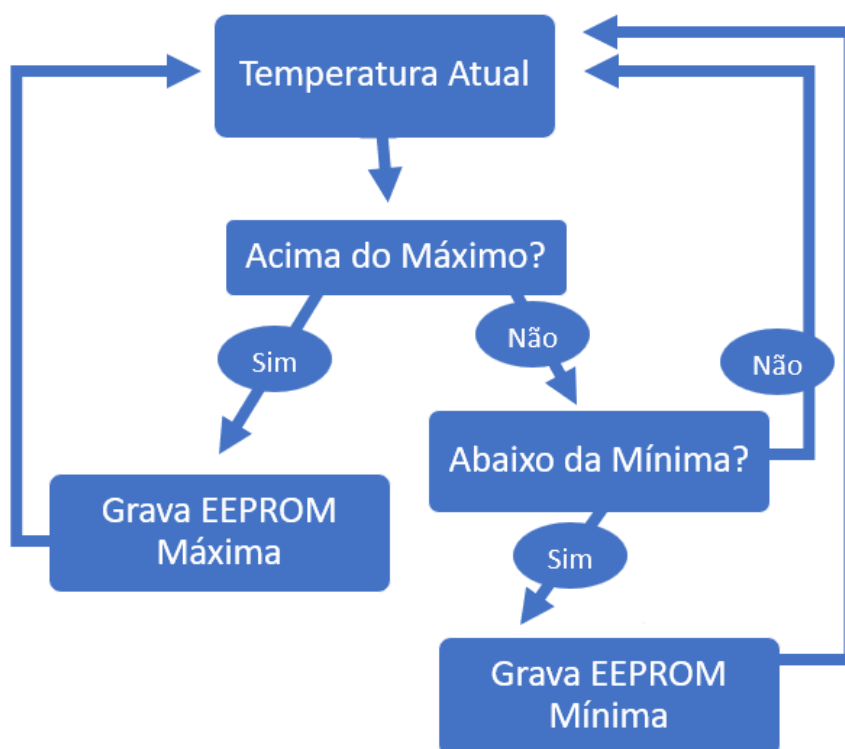
FLUXOGRAMA 1. Função Lê Temperatura



Fonte: Os autores, 2025.

Adicionalmente, o sistema registra automaticamente a temperatura máxima e mínima detectadas, juntamente com a data correspondente, utilizando o módulo de tempo real DS1302. Os dados são armazenados em memória EEPROM. A lógica é apresentada no Fluxograma 2.

FLUXOGRAMA 2. Função Compara Temperatura

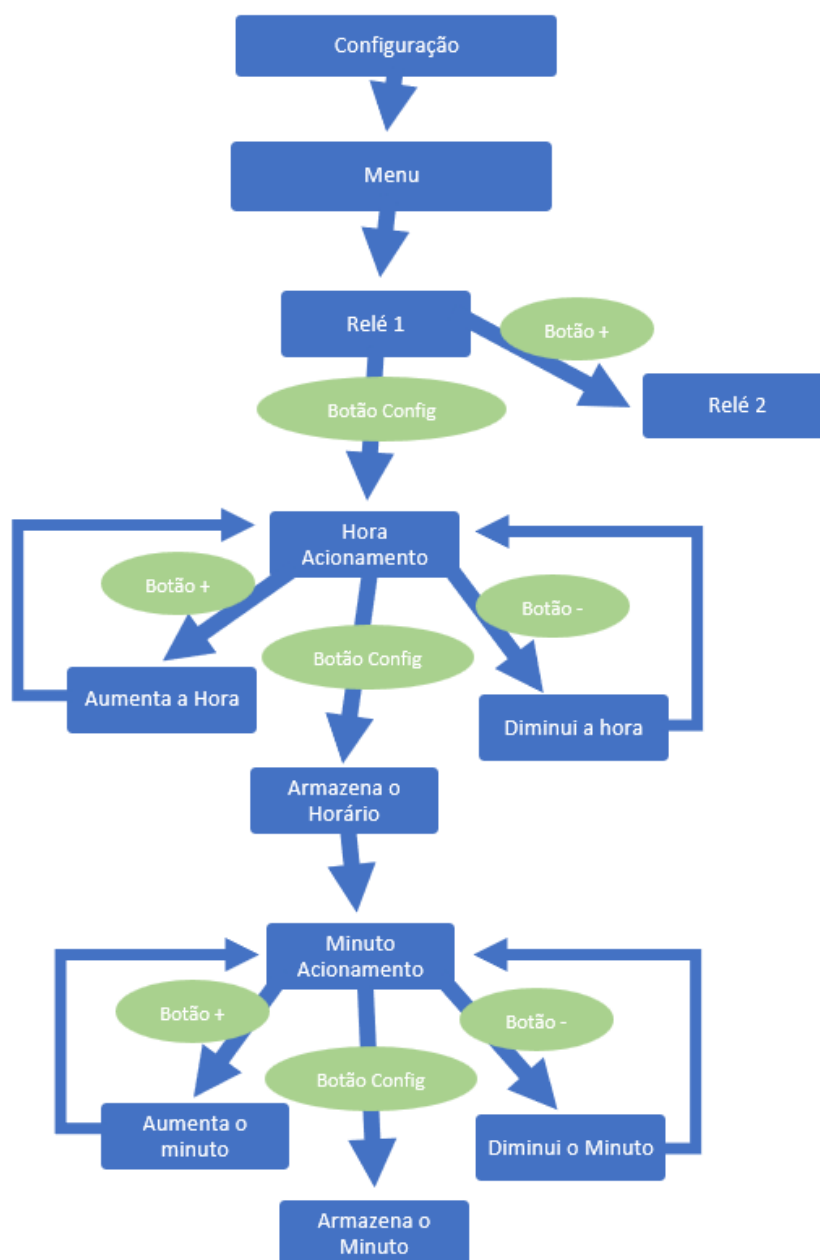


Fonte: Os autores, 2025.

Esses dados são fundamentais para o monitoramento climático do ambiente monitorado pelo sistema, auxiliando o produtor na tomada de decisões com base em histórico e variações térmicas.

Outro ponto de destaque foi o controle das saídas do sistema, composto por sete relés. Os relés de 1 a 6 são programáveis individualmente por meio de uma interface simples, composta por três botões físicos: Ajuste, + e -. O usuário pode configurar os horários de ligar e desligar cada um, permitindo o controle automático de equipamentos como sistemas de irrigação. Essa funcionalidade está demonstrada no Fluxograma 3. O acionamento dos relés é feito por meio da comparação entre a hora ajustada pelo usuário e a hora atual fornecida pelo módulo de tempo real.

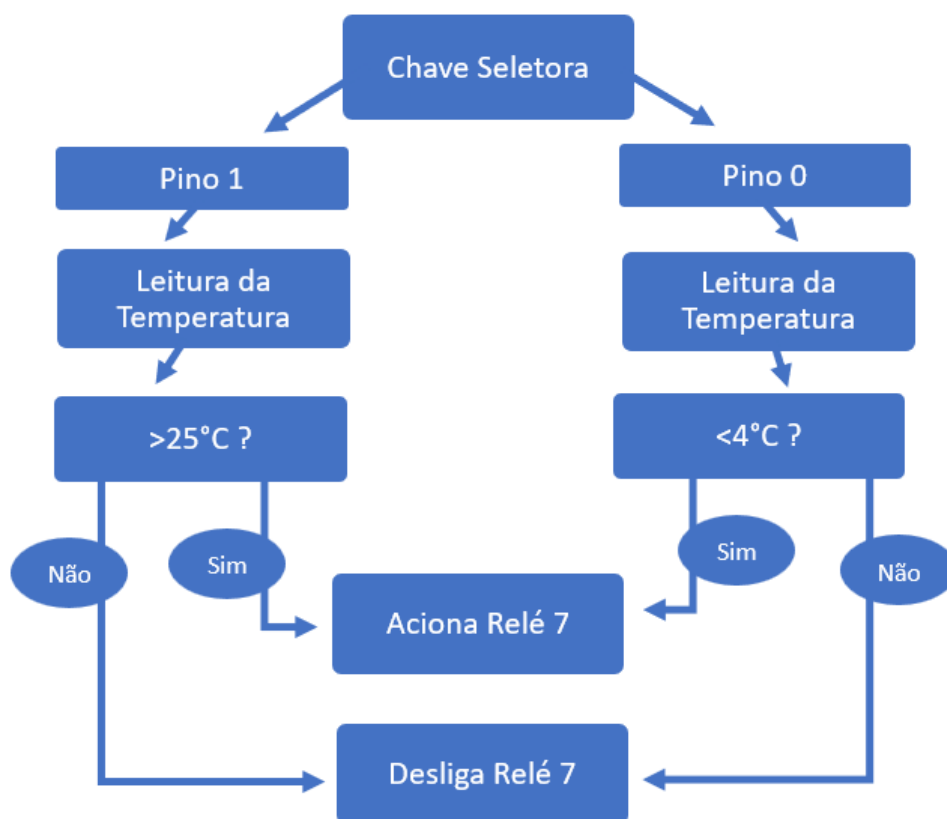
FLUXOGRAMA 3. Função Calibração



Fonte: Os autores, 2025.

O sétimo relé, por sua vez, possui uma função diferenciada: seu acionamento depende da temperatura ambiente e da posição de uma chave seletora (jumper). Quando a chave está em determinada posição, o relé aciona um sistema de refrigeração caso a temperatura exceda 25 °C, protegendo os animais contra o calor extremo. Em outra posição, o relé ativa um sistema anti-geada quando a temperatura estiver abaixo de 4 °C protegendo a lavoura. O Fluxograma 4 demonstra essa aplicação.

FLUXOGRAMA 4. Função Relé 7



Fonte: Os autores, 2025.

Todo o funcionamento do sistema é monitorado em tempo real por um display LCD 16x2, que alterna automaticamente, a cada 7 segundos, entre a visualização da data, da temperatura ambiente e do estado dos relés. Além disso, os botões “+” e “-”, representados na Figura 5, possibilitam a consulta rápida das temperaturas máxima e mínima registradas.

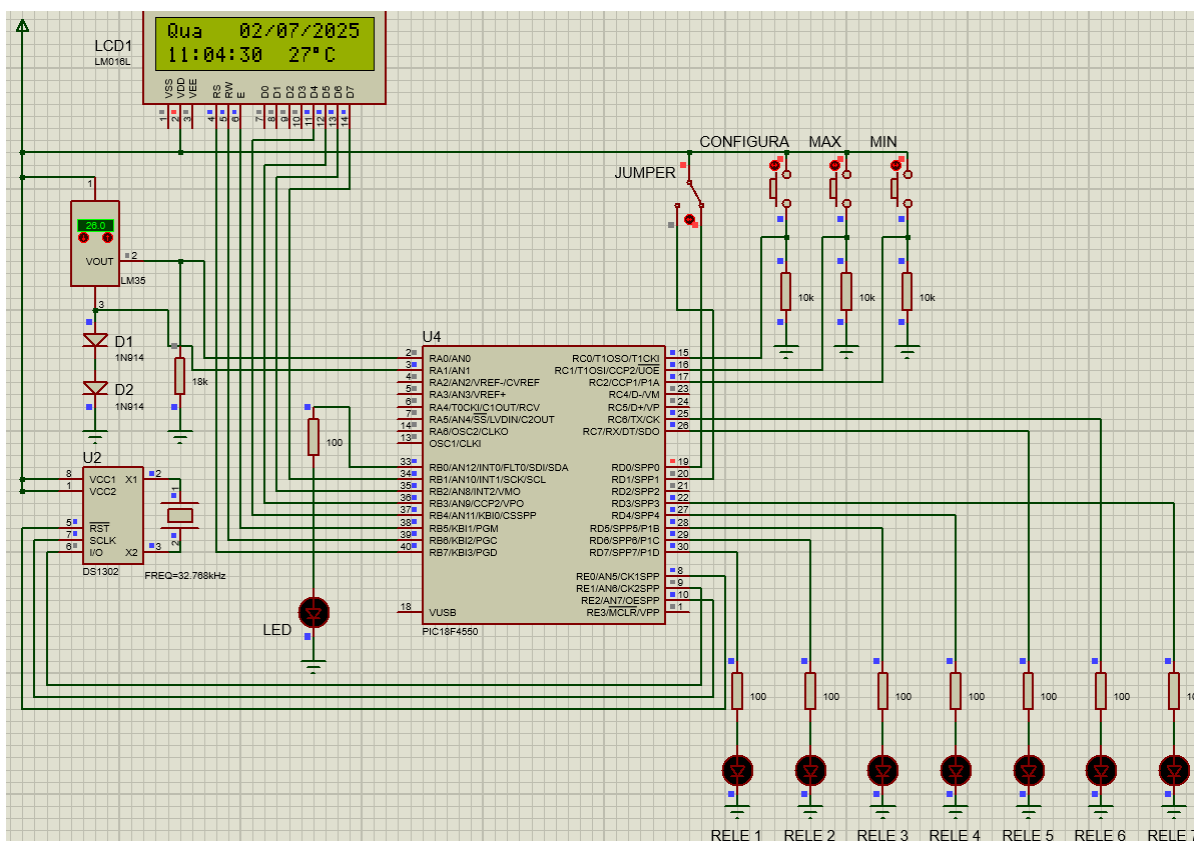
Durante a realização dos testes, o código se mostrou eficiente e confiável, com uma resposta bem rápida e precisa dos comandos dos botões, e conseguiu cumprir sua função de forma autônoma, dessa forma, mostrando que a lógica de programação foi implementada de forma eficaz. Com isso, a escolha da linguagem de programação em C foi assertiva, pois foi possível obter um controle detalhado dos componentes e a criação de uma estrutura robusta e de fácil manutenção.

4.2. Simulação no Proteus 8

Antes do processo de montagem do protótipo físico, foram realizados vários testes no simulador Proteus 8 para averiguar o funcionamento do código e da montagem do futuro protótipo. Com isso, esse processo foi crucial não apenas para identificar possíveis falhas,

mas também para garantir que todos os componentes se comunicassem corretamente dentro do circuito proposto. A Figura 5, representa a montagem realizada no simulador.

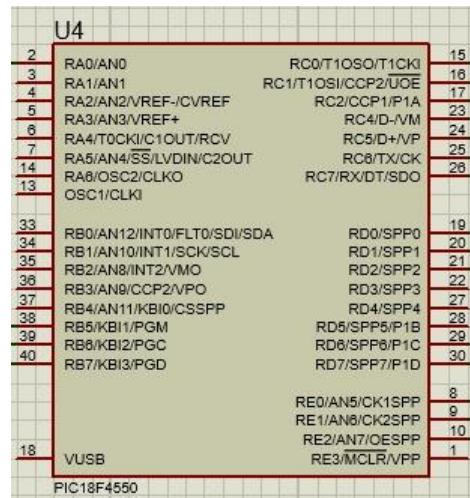
FIGURA 5. Montagem do circuito do protótipo no Proteus 8.



Fonte: Os autores, 2025.

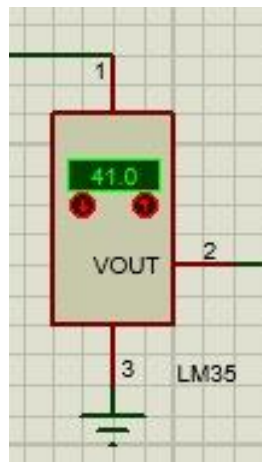
O modelo simulado foi construído incluindo todos os elementos essenciais para o protótipo: o microcontrolador PIC18F4550, o sensor de temperatura LM35, o módulo de relógio de tempo real DS1302, o display LCD de 16x2 caracteres, os sete LEDs (representando os relés que acionam dispositivos reais como bombas ou ventiladores), três botões físicos (para navegação e configuração) e um jumper simulando a chave seletora de modo de operação térmica. Nas figuras 6 a 9 são apresentados os componentes separadamente.

FIGURA 6. Microcontrolador PIC18F4550.



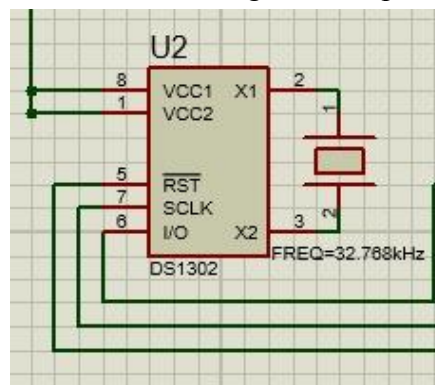
Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 7. Sensor de temperatura LM35.



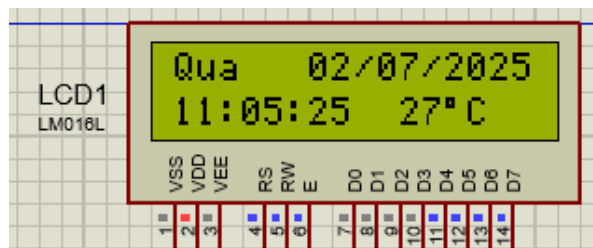
Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 8. Módulo de relógio de tempo real DS1302.



Fonte: Os autores, 2025.

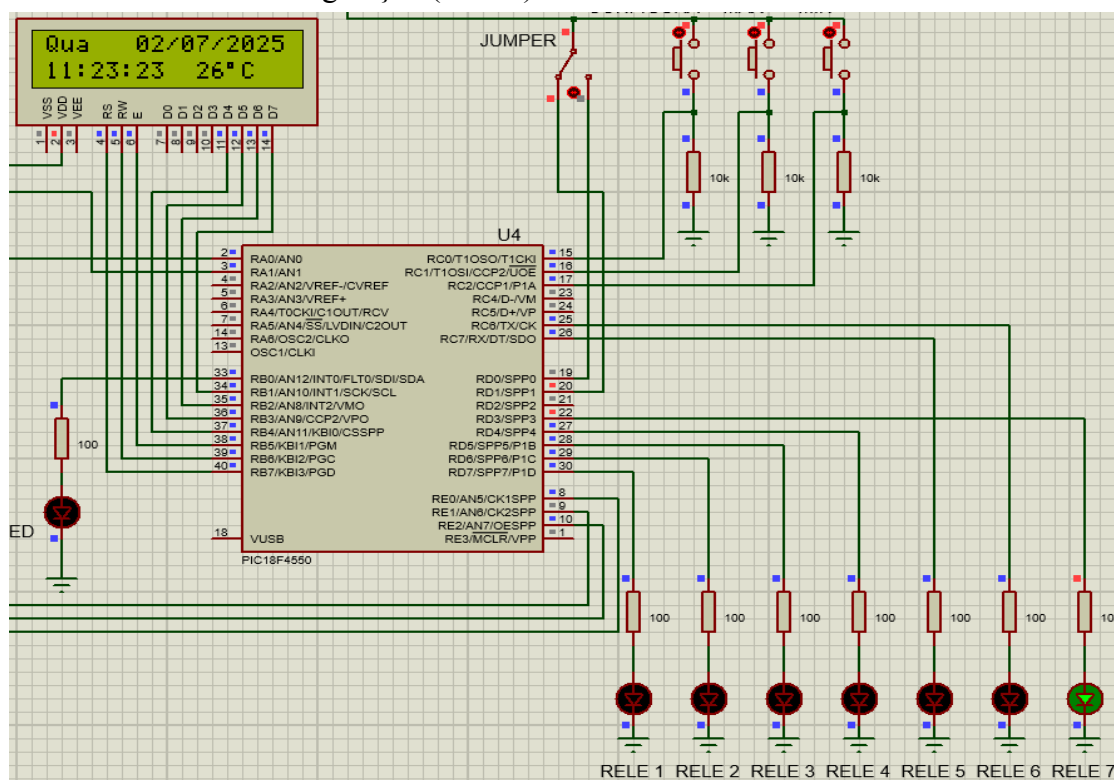
FIGURA 9. Display LCD LM016L de 16x2 caracteres.



Fonte: Os autores, 2025.

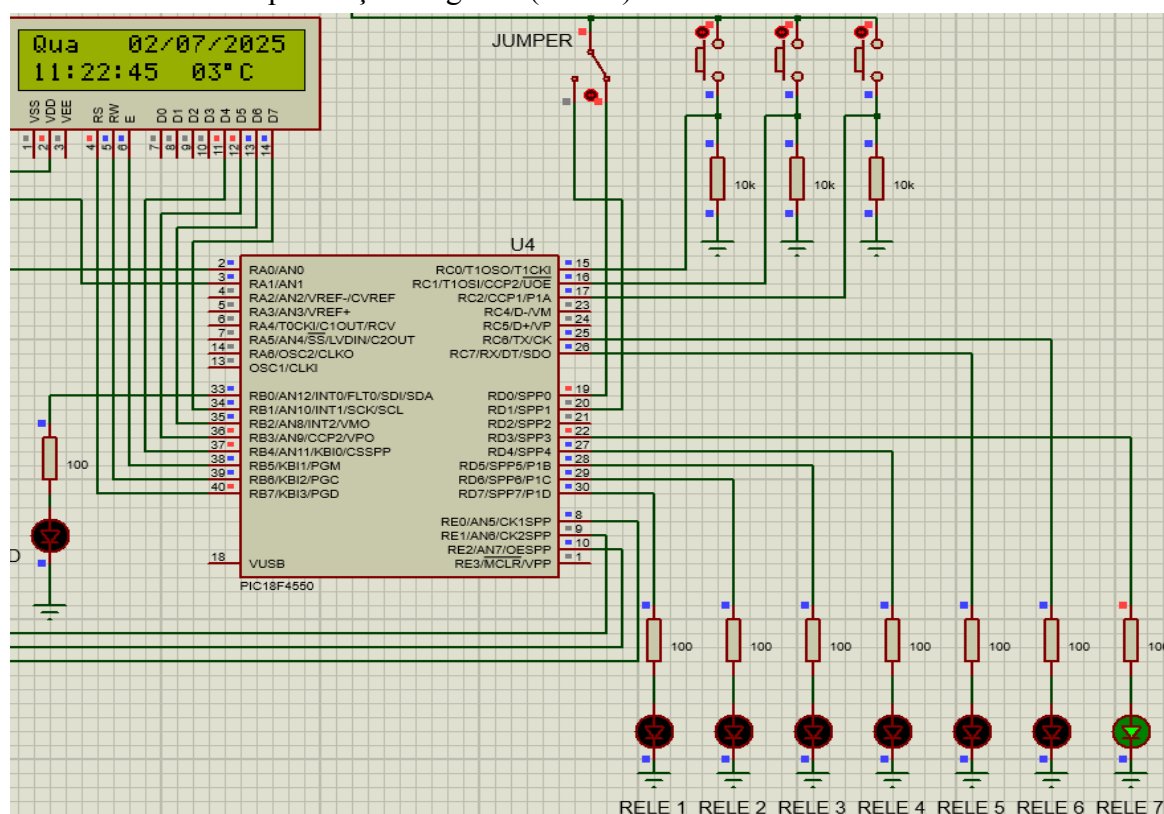
A simulação reproduziu fielmente o circuito do projeto e o comportamento do sistema foi satisfatório em todas as etapas. O sensor de temperatura forneceu leituras precisas e o relé 7 respondeu corretamente às condições de temperatura simuladas, alternando entre os modos de refrigeração (temperatura acima de 25 °C) e prevenção contra geada (temperatura abaixo de 4 °C), conforme a posição do jumper mostrada respectivamente nas Figuras 10 e 11.

FIGURA 10. Modo refrigeração (Relé 7).



Fonte: Os autores, 2025.

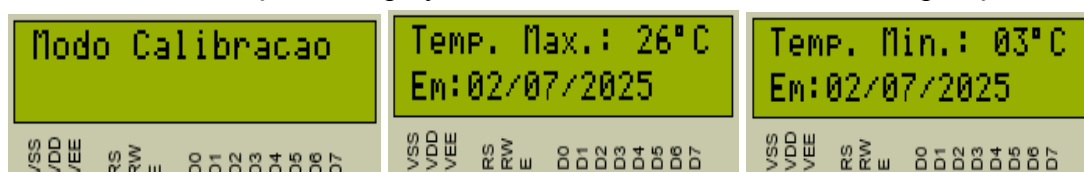
FIGURA 11. Modo prevenção de geada (Relé 7).



Fonte: Os autores, 2025.

Os botões de controle demonstraram funcionalidade adequada e permitiram ao usuário navegar pelas opções de configuração e acessar os dados armazenados, como a temperatura máxima e mínima registradas, a Figura 12 ilustra isso. O display LCD alternou automaticamente as informações do sistema, conforme programado.

FIGURA 12. Exibição no display do sistema em diferentes modos de operação.

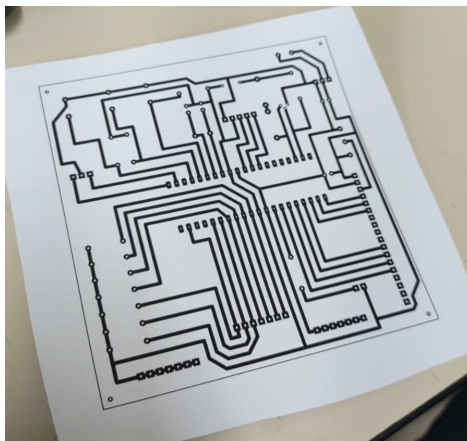


Fonte: Os autores, 2025.

Além disso, a simulação permitiu validar detalhadamente o funcionamento do sistema de temporização dos relés. A Figura 13 ilustra a etapa de configuração dos horários de acionamento e desligamento, realizada por meio dos botões físicos do sistema, onde é possível selecionar a hora de acionamento (Hr. Ac.) e o minuto de acionamento (Min. Ac.), além da hora e do minuto de desligamento (Hr. Des. e Min. Des.). No display, R1 representa o relé 1.

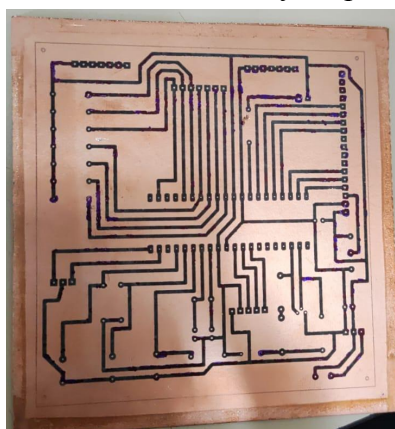
térmica (Figura 17). Após a transferência, a corrosão química foi feita utilizando percloreto de ferro (Figura 18), removendo as partes expostas de cobre. Com isso, esse método é acessível, eficaz e garante boa precisão na confecção de circuitos em pequena escala.

FIGURA 16. Impressão do layout do circuito em papel fotográfico



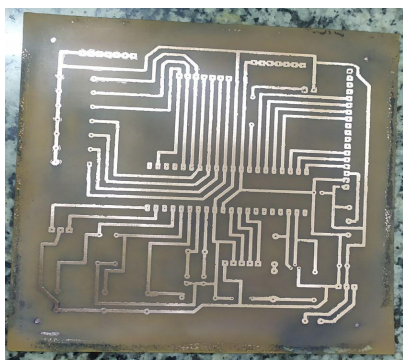
Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 17. Transferência do layout para a placa de cobre



Fonte: Os autores, 2025.

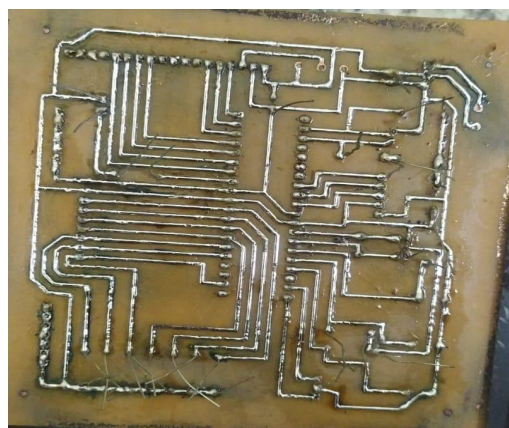
FIGURA 18. Corrosão química da placa com percloreto de ferro



Fonte: Os autores, 2025.

A soldagem dos componentes foi realizada manualmente, conforme ilustrado na Figura 19, com o auxílio de uma estação de solda, estanho com fluxo e ferramentas de suporte. Com esse processo, foi possível assegurar conexões elétricas firmes, seguras e de baixa resistência. Entre os principais componentes montados na PCI, destacam-se: o microcontrolador PIC18F4550, o sensor de temperatura LM35, o módulo de relógio de tempo real (RTC) DS1302, o display LCD de 16x2 caracteres, além de botões físicos destinados à interação do usuário com o sistema.

FIGURA 19. Processo de soldagem manual dos componentes na PCI

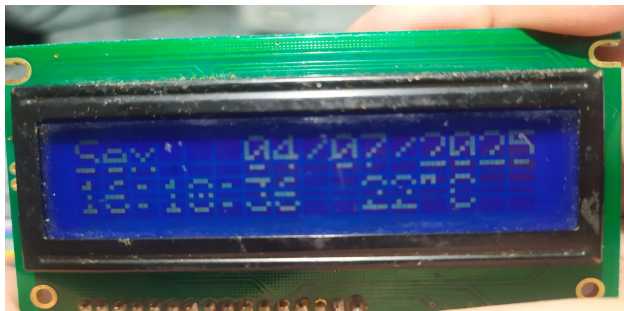


Fonte: Os autores, 2025.

Durante a fase de testes do protótipo físico, foram simuladas diversas situações representativas do ambiente rural. O sistema demonstrou comportamento estável e respostas coerentes com a lógica previamente programada, acionando corretamente os relés, exibindo os dados no display e registrando os valores críticos de temperatura na memória EEPROM. A funcionalidade dos botões físicos e do jumper seletor de modo também foi confirmada, permitindo o ajuste e a personalização das funções conforme a necessidade do operador.

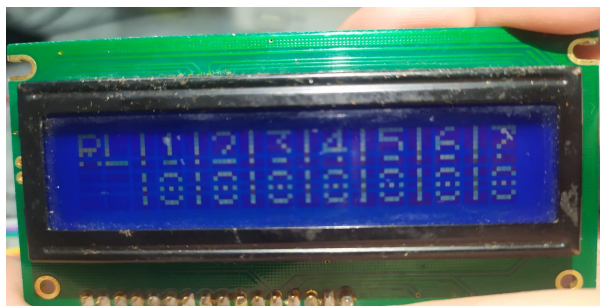
A Figura 20 ilustra a tela principal do display LCD durante o funcionamento do sistema, apresentando informações como data, hora e temperatura ambiente. Em seguida, a Figura 21 mostra o modo de exibição do status dos sete relés, permitindo o acompanhamento em tempo real do acionamento de cada saída. A Figura 22 apresenta a função de exibição da temperatura máxima registrada, obtida por meio da interação com os botões físicos, uma funcionalidade útil para o monitoramento histórico e climático do ambiente. A Figura 23 demonstra o acionamento real de um dos relés conforme a programação estabelecida no sistema, evidenciando o funcionamento correto da lógica temporal. Por fim, a Figura 24 apresenta a montagem completa do circuito físico, com todos os componentes devidamente conectados sobre a PCI.

FIGURA 20. Exibição da data, hora e temperatura no display LCD



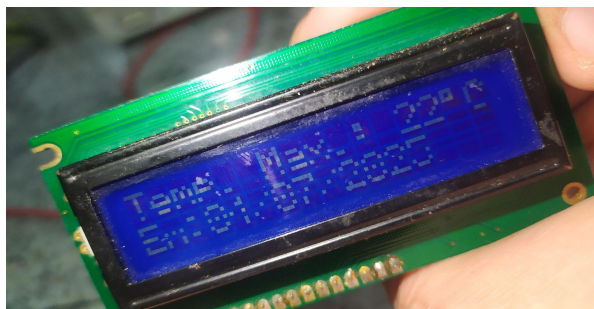
Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 21. Exibição do status dos relés no display LCD



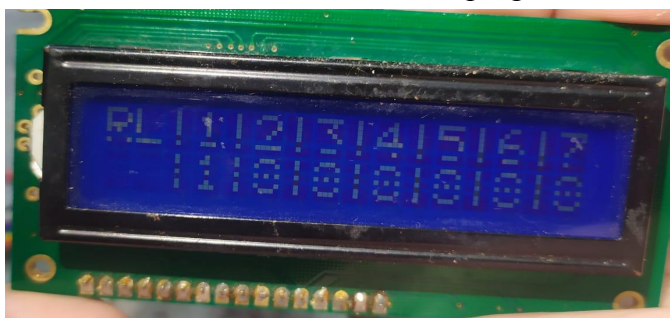
Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 22. Tela de exibição da temperatura máxima registrada



Fonte: Os autores, 2025.

FIGURA 23. Acionamento de relé conforme horário programado



Fonte: Os autores, 2025.

9 Resistores de 10 k Ω	0,81
1 Resistor de 1 k Ω	0,09
1 Resistor de 100 Ω	0,09
2 diodo LN914	1,04
1 Crystal 10MHz	0,89
1 Fonte 12 V	28,90
1 regulador de tensão 7805	2,50
1 Potenciômetro 10K	2,20
2 capacitores cerâmica	0,48
2 capacitores de eletrolítico	0,52
Jumpers	7,07
7 módulos relés	48,30
Placa de Cobre	13,40

Fonte: Os autores, 2025.

A partir dos valores apresentados na tabela, foi possível estimar o custo total para a construção do protótipo. Com base nos preços médios encontrados durante a pesquisa, o valor final do protótipo é de aproximadamente R\$ 259,87. Esse valor serve como referência para futuras reproduções do projeto e para a análise de custo-benefício da solução desenvolvida.

Dessa forma, a construção do protótipo físico comprovou a viabilidade prática da solução desenvolvida. Logo, a fidelidade entre o circuito simulado e o circuito físico montado foi essencial para a correta replicação dos resultados, validando a eficiência e a estabilidade do sistema de automação proposto para aplicação no contexto agropecuário.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma central integrada para automação de fazendas demonstrou ser uma solução viável e promissora para atender às crescentes demandas por eficiência, sustentabilidade e inovação no meio rural aliada ao baixo custo de instalação. Ao empregar microcontrolador como unidade central de processamento e controle, foi possível projetar um sistema capaz de monitorar variáveis ambientais, como temperatura, e executar ações automatizadas por meio do acionamento de relés, simulando equipamentos essenciais como sistemas de irrigação, ventilação e prevenção de geadas.

As etapas do projeto, cuidadosamente estruturadas, permitiram validar a proposta desde o ambiente virtual até a montagem física do protótipo. A simulação no software Proteus 8 foi fundamental para garantir que a lógica de programação estivesse correta e que os componentes interagissem da maneira esperada. A construção do protótipo físico confirmou a eficácia da solução em um cenário mais próximo da realidade do campo, demonstrando estabilidade, precisão nas medições e resposta adequada aos comandos manuais e automáticos.

Um dos principais diferenciais do sistema está na sua interface simples e intuitiva, que permite ao usuário configurar horários de acionamento e consultar dados relevantes diretamente no display LCD, sem a necessidade de conhecimentos avançados em programação. A utilização de componentes acessíveis, como o sensor LM35, o módulo RTC DS1302 e o microcontrolador PIC18F4550, também reforça o caráter econômico do projeto, viabilizando sua adoção por pequenos e médios produtores.

Além de contribuir tecnicamente com uma solução prática e eficiente, o projeto também representa um avanço importante na difusão de tecnologias aplicadas à agricultura familiar e à pecuária de pequeno porte. Ao promover a automação em atividades rotineiras e críticas do campo, como o controle térmico e a irrigação, o sistema proposto contribui diretamente para a sustentabilidade ambiental e para a melhoria da produtividade, otimizando o uso dos recursos naturais e reduzindo perdas operacionais.

Portanto, conclui-se que a central de automação desenvolvida neste trabalho atende de forma satisfatória aos objetivos propostos e pode servir de base para futuras inovações. Com adaptações e incrementos, como a inclusão de sensores de umidade do solo, conectividade via rede sem fio e integração com aplicativos móveis, o sistema poderá ampliar ainda mais seu impacto, consolidando-se como uma ferramenta estratégica no processo de modernização do setor agropecuário brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEKOYA, M. A.; LIU, Z.; VERED, E.; ZHOU, L.; KONG, D.; QIN, J.; MA, R.; YU, X.; LIU, G.; CHEN, L.; LUO, L. **Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water-Saving and Drought-Resistant Rice (*Oryza sativa*L.) Through Drip Irrigation.** Journal of Agricultural Science, v.6, n.5, p.110-119, 2014.
- AFFONSO, Elaine Parra; PERRONI, Viviane. **Tecnologias da informação e comunicação na agricultura familiar: um olhar na produção científica de Ricardo César Gonçalves Sant'Ana.** RECODAF - Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 2, n. 1, p. 20-40, jan./jun. 2016. ISSN 2448-0452.
- AYRES, Vinnícius Okushiro. **Sistema De Irrigação Automatizado De Baixo Custo.** 2024. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2024.
- BASTOS, A. **Instrumentação, Eletrônica Analógica e Digital.** Rio de Janeiro RJ, 2002, 360p.
- BATTILANI, Mauricio. **Desenvolvimento de dispositivo para monitoramento e controle de atuadores em ambientes agrícolas.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, MS, 2018.
- BRITO, Fábio. **Sensores e Atuadores.** São Paulo: Érica, 2017. 120 p.
- BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **Manual de avaliação de riscos na agropecuária: um guia metodológico.** Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017. 133 p.
- CAMARGO C., Esperanza; GARZÓN G., Yamid; CAMACHO P., Víctor A. Sistema portátil de captura de movimiento para el análisis cinemático de la marcha humana. **Tecnura**, [S. l.], v. 16, n. 34, p. 67–83, 2012. DOI: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2012.4.a05. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6853>. Acesso em: 9 jul. 2025.
- CAMPBELL, B. M.; VERMEULEN, S. J.; AGGARWAL, P. K.; CORNER-DOLLOFF, C.; GIRVETZ, E.; LOBOGUERRERO, A. M.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; ROSENSTOCK, T.; SEBASTIAN, L.; THORNTON, P. K.; WOLLENBERG, E. **Reducing risks to food security from climate change.** Global Food Security, v. 11, p. 34-43, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.9, n.17, p.966-985, 2013.
- CAVALCANTE, J. A. C.; DELGADO, A. R. S.; MEDEIRO, J. A. C. C.; CARVALHO, D. **Usos de recursos na dose certa: Uma ferramenta computacional para otimização agrícola.** SeG, v.6, n.4, p.398-413, 2011.

COELHO, Silvana L.; TEIXEIRA, Adunias dos S.. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 536-545, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162004000300006>.

CUNHA, K. C. B. da; ROCHA, R. V. **Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino**. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, jul./dec. 2015. ISSN: 2448-045274

DANTAS, K. S. **Automação da irrigação: Um sistema de irrigação localizada baseado em internet das coisas**. 2016. 40f. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2016.

ELECTRONIC WINGS. LM35 Temperature Sensor. Disponível em:
<https://www.electronicwings.com/sensors-modules/lm35-temperature-sensor>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2025.

EL MANN, Anna Paula. **Viabilidade econômica de automação no sistema de irrigação por gotejamento no cafeeiro**. 2012. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis, 2012.

ENDLER, L.; VALDIERO, A.C.; ANDRIGHETTO, P.L.; RAFIKOV, M.. Simulação Computacional de um Modelo Matemático para Atuadores Pneumáticos. **Tema - Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 213-222, 12 jul. 2008. Brazilian Society for Computational and Applied Mathematics (SBMAC).
<http://dx.doi.org/10.5540/tema.2008.09.02.0213>.

FERREIRA BARBOSA, Lucas Manoel Henrico; SOUZA TEIXEIRA, Isabel Francine de; FREITAS, Daniel Resende; RAMOS, Bruno Oliveira. InfoAgro. In: 5º PRÊMIO UNIFIMES/SICOOB DE INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO, 2023, Mineiros.
Editorial da Edição Especial: 5º Prêmio UNIFIMES/SICOOB de Inovação e Empreendedorismo. Mineiros: UNIFIMES, 2023. p. 18-19.

FIUMI JUNIOR, Valter Cesar; BENEDITI, Gabrieli de Mello; TARRENTTO, Gilson Eduardo. **O USO DE MICROCONTROLADOR (ARDUINO) PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NA MEDIÇÃO DE TEMPERATURA**. 2019. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Sudoeste Paulista (Unifsp)., Botucatu, 2019.

GEHLEN, Germano. **IoT aplicada ao monitoramento de bovinos de leite no sistema de criação confinada Compost Barn**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica, Porto Alegre, 2021.

GUADAGNINI, Paulo H.; BARLETTE, Vania E.. Um termômetro eletrônico de leitura direta com termistor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 27, n. 3, p. 369-375, 2005.

GUTIERRES, Monica; NEVES, Eletisanda. A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO ATRAVÉS DE SENSORES PARA OTIMIZAR A IRRIGAÇÃO NAS CULTURAS. **Enciclopédia Biosfera**, [S.L.], v. 18, n. 35, p. 3, 30 mar. 2021. Centro Científico Conhecer. http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2021a1.

INAMASU, R. Y.; BELLOTE, A. F. J.; LUCHIARI JUNIOR, A.; SHIRATSUCHI, L. S.; OLIVEIRA, P. A. V.; BERNARDI, A. C. C. **Portfólio Automação Agrícola, Pecuária e Florestal**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2016. 16p.

INAMASU, R. Y.; TANGERINO, G. T.; PORTO, A. J. V.; LUCHIARI JR, A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; FRANCIS, D. D. ; SIMÕES, M. S. . **Using active sensor and ultrasound sensor readings to assess plant N status**. In: 9th International Conference on Precision Agriculture, 2008, Denver. 9th International Conference on Precision Agriculture. Denver, CO : Colorado State University, 2008.

LANÇONI, Adilson Aparecido; SOARES, Wesley Martinelli; CARRER, Celso da Costa; LIMA, César Gonçalves. Efeito da Aplicação de um Sistema de Automação Agrícola em Colheita Mecanizada de Cana-de-Açúcar como Ferramenta de Gestão e Controle de Custo Operacional. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 146-152, 26 ago. 2020. Editora e Distribuidora Educacional. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n2p146-152>.

LOPES, M. A. **O futuro da gestão de riscos na agropecuária**. Revista de Política Agrícola, v. 26, n. 3, p. 3-7, 2017.

MACEDO, Luís Otávio Bau. **Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância do crédito rural**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 36, n. 7, p. 84–95, jul. 2006.

MARTINS, M. **Automação em semeadora de precisão com aplicação de taxa variável e desligamento linha a linha**. 2017. 50f. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenheiro Eletricista) –Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Contribuição da TI para o desenvolvimento agropecuário**. Brasil: Embrapa Informática e Agropecuária, 2018. 56p.

MENEZES, João Paulo Crivellaro de. **Análise Teórica e Experimental de um Método Interferométrico de Detecção de Fase Óptica, Auto Consistente e com Elevada Faixa Dinâmica, Aplicado à Caracterização de Atuadores Piezoelétricos Flexionais**. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, Sp, 2009.

NEVES, Geraldo Aparecido Rodrigues. **DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA COM ARMAZENAMENTO DE DADOS**. 2011. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

OLIVEIRA, Ricardo Rodrigues. **Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial**. 2017. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia de Controle e Automação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PESSÔA, V. L. S.; INOCÊNCIO, M. E. O PRODECER (re)visitado: as engrenagens da territorialização do capital no Cerrado . **Revista Campo-Território**, Uberlândia, v. 9, n. 18 Jun., 2014. DOI: 10.14393/RCT91826927. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/26927>. Acesso em: 14 jan. 2025.

PORSCH, Márcia Regina Maboni Hoppen; VALDIERO, Antonio Carlos; GONÇALVES, Márcia Fritsch; RASIA, Luis Antonio; RITTER, Douglas. MODELAGEM MATEMÁTICA DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL ACIONADA PNEUMATICAMENTE PARA SIMULAÇÃO DE ACLIVES DE TERRENOS. **Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações**, [S.L.], p. 676-679, 2011. SBMAC. <http://dx.doi.org/10.5540/dincon.2011.001.1.0172>.

SANTOS, G. A.; SANTOS, A. A.; SOUZA, J. R. L.; SILVA, W. L. Autoirriga: **Um sistema de irrigação automatizado**. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 11, 2016, Maceió. Anais. Maceió: Connepi, 2016. p.1-10.

SANTOS, Ricardo Ribeiro dos; BRESSAN, Patrik Olã; ARAÚJO, Felipe de Oliveira de; ALVES, Fabiana Villa. **Uso de sensores na pecuária**. 2014. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Computação, – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campo Grande, Campo Grande - Ms, 2014.

SILVA, Marcio Albuquerque Moreira da. **REDE DE SENSORES PARA APLICAÇÃO EM AGRICULTURA: UM ESTUDO DE CASO**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, Marcos Cleve; TARGA, Marcelo Santos; CEZAR, Vicente Rodolfo Santos. USO DE MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA A DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO. **Revista Técnica de Ciências Ambientais**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2019.

SORENSEN, C. A. G., PESONEN, L., BOCHTIS, D., VOUGIOUKAS, S. G., & SUOMI, P. **Functional requirements for a future farm management information system**. Computers and Electronics in Agriculture, 2011. 76(2), p. 266-276.

STEVAN JÚNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino: Teorias e projetos**. Brasil: Editora Erica, 2015. 296p.

TANGERINO, G. T. **Sistemas de sensoriamento embarcado para uso em controle de aplicações de insumos agrícolas à taxa variável**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. p. 125.

TANGERINO, G. T.; TABILE, R. A.; GODOY, E. P.; PEREIRA, R. R. D.; INAMASU, R. Y. **Sistemas de sensoriamento embarcado para controle de aplicações agrícolas.** Congresso Brasileiro de Automática, 18, Bonito, MS, 2010.

TEIXEIRA, Hugo Tanzarella. **Instrumentação eletroeletrônica.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 216 p.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações.** 9. ed. São Paulo: Érica, 2020. 248 p.

VALENTE, Vítor Tumelero. **ANÁLISE, SIMULAÇÃO E CONTROLE DE UM SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTO UTILIZANDO UM MANIPULADOR PLATAFORMA DE STEWART ACIONADO POR ATUADORES HIDRÁULICOS.** 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

VARGAS, Rafael Marquette; PERONDI, Eduardo André. Simulação e identificação experimental para o modelo não linear de um atuador hidráulico utilizando coeficientes de vazão variáveis. In: **Anais do Congresso Internacional de Engenharia Mecânica e Industrial**, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/conemi/298521-SIMULACAO-E-IDENTIFICACAO-EXPERIMENTAL-PARA-O-MODELO-NAO-LINEAR-DE-UM-ATUADOR-HIDRAULICO-UTILIZANDO-COEFICIENTES->. Acesso em: 11 jan. 2025.

VELA, R. H. N.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; ARAUJO, D. V.; BARBIERI, J. D.; KOLLING, E. M. **Lâminas de irrigação na cultura do arroz de terras altas, no médio norte do estado de Mato Grosso.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.9, n.17, p.1753-1764, 2013.

ANEXO A - FUNÇÃO LÊ TEMPERATURA

1	set_adc_channel(0);
2	delay_ms(50);
3	raw_adc_vout = read_adc();
4	set_adc_channel(1);
5	delay_us(50);
6	raw_adc_gnd_offset = read_adc();
7	valor = (raw_adc_vout / 2) - (raw_adc_gnd_offset / 2);

ANEXO B - FUNÇÃO COMPARA TEMPERATURA

1	if (temp > tempmax) {
2	tempmax = temp;
3	write_eeprom(0, temp);
4	write_eeprom(1, day);
5	write_eeprom(2, mth);
6	write_eeprom(3, year);
7	}
8	if (temp < tempmin) {
9	tempmin = temp;
10	write_eeprom(4, temp);
11	write_eeprom(5, day);
12	write_eeprom(6, mth);
13	write_eeprom(7, year);
14	}

ANEXO C - FUNÇÃO CALIBRAÇÃO

1	for (;;) {
2	lcd_putc("\f");
3	lcd_gotoxy(1,1);
4	printf(lcd_putc, "Hr. Ac. R1:%02U", hra1);
5	delay_ms(400);
6	if (input(PIN_C1)) { delay_ms(400); hra1++; }
7	if (input(PIN_C2)) { delay_ms(400); hra1--; }
8	if (hra1 > 23) hra1 = 0;
9	if (hra1 < 0) hra1 = 23;
10	if (input(PIN_C0)) break;
11	}
12	for (;;) {
13	lcd_gotoxy(1,2);
14	printf(lcd_putc, "Min. Ac. R1:%02U", mina1);
15	delay_ms(400);
16	if (input(PIN_C1)) { delay_ms(400); mina1++; }
17	if (input(PIN_C2)) { delay_ms(400); mina1--; }
18	if (mina1 > 59) mina1 = 0;
19	if (mina1 < 0) mina1 = 59;
20	if (input(PIN_C0)) break;

ANEXO D - FUNÇÃO RELÉ 7

1	if (input(PIN_D1) && temp > 25) {
2	delay_ms(300);
3	flag7 = 1;
4	output_high(PIN_D3);
5	} else if (input(PIN_D1) && temp <= 25) {
6	flag7 = 0;
7	output_high(PIN_D3);
8	} else if (input(PIN_D0) && temp < 4) {
9	delay_ms(300);
10	flag7 = 1;
11	output_high(PIN_D3)
12	} else {
13	flag7 = 0;
14	output_low(PIN_D3);
15	}

ANEXO E - FUNÇÃO LCD

1	rtc_get_time(hr, min, sec);
2	lcd_gotoxy(7, 1);
3	printf(lcd_putc, "%02U/%02U/20%02U", day, mth, year);
4	lcd_putc("\n");
5	printf(lcd_putc, "%02U:%02U:%02U", hr, min, sec);
6	lcd_gotoxy(11, 2);
7	printf(lcd_putc, "%02d\xDFC", temp);
8	
9	lcd_gotoxy(1, 1);
10	lcd_putc("RL 1 2 3 4 5 6 7");
11	lcd_gotoxy(1, 2);
12	printf(lcd_putc, " %u %u %u %u %u %u %u", flag1, flag2, flag3, flag4, flag5, flag6, flag7);



CÓPIA DO TRABALHO Nº 161/2025 - DENP (11.62.04)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 28/07/2025 23:51)

ISRAEL TEODORO MENDES

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DENP (11.62.04)

Matrícula: ###438#5

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número: **161**, ano: **2025**, tipo:
CÓPIA DO TRABALHO, data de emissão: **28/07/2025** e o código de verificação: **a508d6e356**