

***Campus Porto Velho Calama***  
**Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação**

**ALEXANDRE CUSTÓDIO SILVA**  
**MARCOS ROBERTO LOBO**

**DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO PROCESSO**  
**DE FERMENTAÇÃO DO CACAU**

PORTO VELHO  
2025

**ALEXANDRE CUSTÓDIO SILVA**

**MARCOS ROBERTO LOBO**

**DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO PROCESSO  
DE FERMENTAÇÃO DO CACAU**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Porto Velho Calama*, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação dos professores Me. Kariston Dias Alves e Dra. Iza Reis Gomes.

PORTO VELHO  
2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Silva, Alexandre Custódio.

Dispositivo para monitoramento do processo de fermentação do cacau / Alexandre Custódio Silva, Marcos Roberto Lobo. - Porto Velho, 2025.  
20 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Kariston Dias Alves.  
Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Iza Reis Gomes.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

1. cacau. 2. fermentação. 3. monitoramento. 4. microcontrolador. I. Lobo, Marcos Roberto. II. Alves, Kariston Dias (orient.). III. Gomes, Iza Reis (coorient.). IV. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. V. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Miria Santana Veiga, CRB-11/898

**ALEXANDRE CUSTÓDIO SILVA**

**MARCOS ROBERTO LOBO**

**DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO PROCESSO  
DE FERMENTAÇÃO DO CACAU**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Porto Velho Calama*, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia de Controle e Automação, sob a orientação dos professores Me. Kariston Dias Alves e Dra. Iza Reis Gomes.

Aprovado em: 14/11/2025 pela banca examinadora.

---

Eduardo Araújo de Souza  
Coordenador

---

Me. Kariston Dias Alves  
Orientador

---

Dra. Iza Reis Gomes  
Coorientadora

## DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO DO CACAU

**RESUMO:** A produção de cacau no Brasil tem retomado destaque no cenário internacional, impulsionada pelo crescimento do mercado consumidor de produtos de alto valor agregado, como o "cacau gourmet". Para atender a essa demanda, o controle rigoroso do processo de fermentação das amêndoas é o principal desafio nos polos produtores do país, como a região Amazônica e a Bahia, visto que esta etapa, majoritariamente artesanal, exige monitoramento constante da temperatura para garantir a qualidade do produto. O objetivo deste trabalho é propor uma solução que auxilie os pequenos produtores da região amazônica nesse processo, por meio de um sistema automatizado. A proposta consiste em desenvolver um equipamento que possua um sensor de temperatura, interligado a um microcontrolador e a um motor elétrico, que irá monitorar a temperatura de fermentação, e realizar a movimentação da massa de cacau nos intervalos corretos. Tal sistema irá possibilitar o controle do processo fermentativo em tempo real, realizando as intervenções necessárias adequadamente, para assegurar que o processo de fermentação ocorra na temperatura ideal, e de forma homogênea em toda a massa, garantindo assim, a consistência e a qualidade superior do produto final.

Palavras-chave: cacau; fermentação; monitoramento; microcontrolador.

**ABSTRACT:** Cocoa production in Brazil has regained prominence on the international stage, driven by the growth of the consumer market for high-value-added products, such as "gourmet cocoa." To meet this demand, rigorous control of the bean fermentation process is a major challenge in the country's producing regions, such as the Amazon region and Bahia, as this largely artisanal process requires constant temperature monitoring to ensure the quality of the final product. The objective of this work is to propose a solution to assist small producers in the Amazon region in this process through an automated system. The proposal consists of developing equipment with a temperature sensor, interconnected to a microcontroller and an electric motor, which will monitor the fermentation temperature and move the cocoa mass at the correct intervals. This system will enable real-time control of the fermentation process, making appropriate interventions to ensure that the fermentation process occurs at the ideal temperature and homogeneously throughout the mass, thus guaranteeing the consistency and superior quality of the final product.

Keywords: cocoa; fermentation; monitoring; microcontroller.

## 1 INTRODUÇÃO

Originário da bacia hidrográfica do rio Amazonas, o cacau (*Theobroma cacao* L.) foi introduzido no Brasil no século XVIII, expandindo-se inicialmente pelo Pará e, posteriormente, para a Bahia, em razão das condições do solo e do clima favoráveis (Santelli, 2023). A produção nacional viveu um período de forte crescimento até a década de 1980, quando a praga da vassoura-de-bruxa devastou as lavouras baianas. Essa crise impulsionou a busca por novas fronteiras agrícolas, fazendo a Amazônia ressurgir como alternativa produtiva viável (Boteon; Moda; Ribeiro, 2019).

Atualmente, a região amazônica consolidou-se como o principal polo cacauero do país, com destaque para os estados do Pará e de Rondônia. Este avanço está diretamente associado ao desenvolvimento de um cacau sustentável, cultivado por meio de sistemas agroflorestais. Tais sistemas, além de preservarem a floresta, permitem a produção do cacau fino e de alta qualidade, conhecido como Cabruca, que possui certificação de origem e crescente valorização no mercado internacional (Boteon; Moda; Ribeiro, 2019).

A obtenção de um cacau de alta qualidade, classificado como fino ou gourmet, depende de um complexo processo produtivo focado no desenvolvimento de suas propriedades organolépticas, como sabor e aroma (Abijaudes et al., 2019). O êxito começa no cultivo com o uso de mudas de qualidade cultivadas em viveiros, no período de seis a doze meses (SENAR, 2018), e segue com o manejo integrado da lavoura, que inclui irrigação, adubação e podas. O processo avança para a colheita seletiva dos frutos maduros e a extração cuidadosa das sementes, que são então destinadas à etapa subsequente.

A fermentação, objeto central deste estudo, é a fase essencial em que a semente se transforma em amêndoa, desenvolvendo os precursores de sabor e aroma que definem a qualidade do chocolate. Este processo pode ser conduzido pelo método tradicional, com uma fermentação natural de cinco a sete dias em cochos de madeira, conforme demonstrado na figura 1, ou por um método controlado. Neste último, o monitoramento preciso de variáveis como tempo e temperatura é utilizado para garantir a padronização e a qualidade superior do produto final, sendo este o foco da presente pesquisa.

**Figura 1 – Cocho para fermentação do cacau**



Fonte: SENAR (2018)

Após a fermentação, as amêndoas de cacau passam pelo processo de secagem, que visa reduzir o teor de umidade através de exposição ao sol ou com estufas. Em seguida, as amêndoas já limpas e secas, seguem para a torrefação, processo fundamental para o desenvolvimento do aroma e sabor do chocolate, cujo nível (leve, médio ou escuro) influencia diretamente o perfil sensorial e a coloração do produto final.

A etapa final é a moagem, que transforma as amêndoas torradas em uma pasta densa, a massa de cacau. Ao ser prensada, esta massa origina o “liquor de cacau”, do qual se separam seus dois componentes principais: a massa de cacau (sólida) e a manteiga de cacau (gordurosa). A partir da combinação desses derivados, são produzidos os diferentes tipos de chocolate: “o amargo”, com alto teor de cacau; o “ao leite”, com adição de leite e açúcar; e “o branco”, feito apenas com a manteiga de cacau, leite e açúcar, sem a parte sólida.

O processo de fermentação do cacau na região amazônica é, em grande parte, artesanal, orientado pela experiência prática dos produtores e por manuais técnicos, como a cartilha de boas práticas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020). O procedimento ideal, realizado em cochos de madeira, estabelece que a temperatura da massa de amêndoas seja mantida entre 45°C e 50°C. Para garantir a uniformidade térmica, a norma especifica um cronograma fixo de revolvimentos ao longo de quatro a cinco dias.

Na prática, entretanto, o controle depende da percepção subjetiva do produtor, que afere a temperatura com um termômetro ou pelo tato. Essa abordagem, seja

seguindo o cronograma ou a percepção, pode levar a um revolvimento fora do momento ideal. Com isso, a temperatura no núcleo da massa de cacau corre o risco de ultrapassar os valores ótimos por um período prolongado, o que influencia negativamente o resultado final ao prejudicar o desenvolvimento do aroma e do sabor característicos do produto.

Como o processo de fermentação controlado é uma etapa crucial para definir o aroma, o sabor e o valor agregado da amêndoa de cacau, o objetivo central deste trabalho é duplo. Primeiramente, busca-se identificar e analisar as principais soluções de mercado já existentes para o monitoramento deste processo. A partir dessa análise, propõe-se o desenvolvimento de uma nova solução de automação, que seja simples e de fácil utilização para os pequenos produtores, focada em indicar com precisão a temperatura e em realizar a movimentação automática da massa, sempre que os parâmetros programados não forem atendidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O processo de fermentação do cacau na região amazônica é, atualmente, conduzido de forma artesanal, baseando-se na experiência dos produtores e em manuais técnicos, como os do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020), porém sem o controle exato da temperatura.

Visando aprimorar esta etapa, Abijaude et al. (2019) desenvolveram o IoT Cocoa, uma solução tecnológica que integra hardware (sensores de temperatura e umidade, motores e atuadores) e software para monitorar e controlar as variáveis do processo em torno de um set point predefinido. A sua arquitetura estrutura-se em três camadas (captação, rede e processamento) e se destaca pelo uso de um middleware com comunicação REST/SNMP, que desacopla o hardware e otimiza o tráfego de dados. Essa estrutura permite uma lógica de atuação inteligente: simulações demonstraram que o sistema filtra as mensagens dos sensores, acionando os motores para o revolvimento da massa, apenas quando o valor máximo de temperatura é atingido, otimizando o controle do processo.

Uma abordagem focada no monitoramento para análise de dados foi desenvolvida por Romanens et al. (2018). A proposta consiste na utilização de sensores para registrar a temperatura e a umidade durante o processo, com o intuito de criar um banco de dados armazenado em rede local. O objetivo é gerar um histórico

de registros do comportamento dessas variáveis, permitindo uma análise posterior para o desenvolvimento de procedimentos mais adequados e a obtenção de melhores resultados no produto final.

Por fim, uma proposta de controle automático do processo foi apresentada por Zain, Musyafa e Raafiu (2018), baseada em um sistema PID. Neste modelo, um microcontrolador montado junto ao cocho de fermentação utiliza um relógio de tempo real para comparar as leituras dos sensores com um cronograma de agitação. O sistema é composto por um motor AC, um inversor de frequência que varia a velocidade do motor em função da temperatura, um sensor codificador rotativo e um visor LCD. Esta abordagem permite um controle automático preciso da variável temperatura, contribuindo significativamente para reduzir as variações na qualidade e no sabor final do cacau.

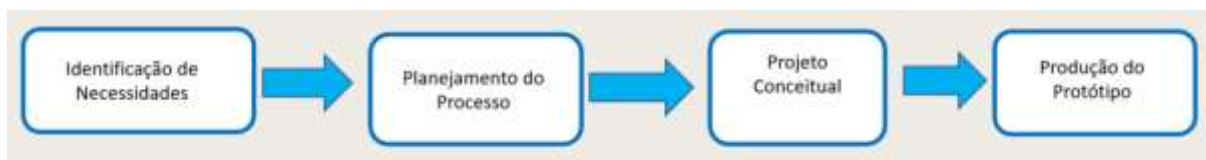
Considerando-se a realidade dos pequenos produtores da região amazônica, este trabalho propõe uma solução tecnológica economicamente viável para a automação da fermentação do cacau. A proposta consiste em um sistema inovador, onde um sensor de temperatura é acoplado a uma pá fixa, enquanto o revolvimento da massa é realizado pela rotação de um cocho cilíndrico, acionado por um motor de indução. Um microcontrolador Arduíno UNO realiza o controle em tempo real, acionando o motor somente quando a temperatura exceder os limites predefinidos, e desligando-o ao restabelecer a faixa ideal. Diferente de outras soluções que exigiriam ajustes, treinamentos e altos investimentos, esta alternativa é projetada para atender às necessidades específicas do pequeno produtor amazônico.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste trabalho é de natureza exploratória com abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica a partir de material já elaborado, como livros e artigos científicos (Gil, 2008). O desenvolvimento iniciou-se com esta revisão para identificar os desafios e as soluções já existentes no controle do processo de fermentação do cacau, seguida pela coleta de dados qualitativos para contextualizar o cenário cacauero nacional. A análise desses dados fundamentou a proposta de uma solução simplificada, focada em auxiliar pequenos produtores da Amazônia a obterem um produto de maior valor agregado.

A quarta e última etapa, consistiu na confecção de um protótipo, executada com base no Ciclo de Vida do Produto (Dias, 2014). Este processo metodológico abrangeu as fases de identificação de necessidades, planejamento, projeto conceitual e, por fim, a produção efetiva do protótipo, cuja estrutura é detalhada na figura 2.

**Figura 2 – Esquema Ciclo de Vida do Produto**



Fonte: Dias, 2014

### **3.1 Projeto Conceitual**

O projeto foi inicialmente pensado para ser desenvolvido com o cocho fabricado em madeira, em função da sua característica de não dissipar o calor produzido na fermentação, sendo ainda, confeccionado no formato de prisma retangular, mantendo-se o conceito que é utilizado no processo convencional, com a pá revolvedora sendo responsável pelo movimento circular da massa de cacau. Porém, após aprofundamento das análises e discussões, entendemos que este formato iria proporcionar, principalmente nos cantos do cocho, pontos onde a massa não seria movimentada, dificultando assim a manutenção da homogeneidade da temperatura.

### **3.2 Planejamento do Processo**

Alinhada com o objetivo deste trabalho, nossa proposta foi criar um sistema de controle automatizado e acessível para a fermentação do cacau, focado nos pequenos produtores da Amazônia. O processo ocorre em um cocho de madeira, com formato cilíndrico e rotativo, com a temperatura da massa sendo monitorada em tempo real, através de um sensor acoplado a uma pá fixa. Um microcontrolador Arduino processa as leituras e, caso a temperatura exceda os limites programados, aciona o motor para movimentar o cocho, e desta forma, revolver a massa até a normalização dos parâmetros definidos, quando o desliga automaticamente. O sistema permite o controle da velocidade de rotação por meio de um dimmer, e indica o status de operação (energizado/motor em funcionamento) através de LEDs instalados no seu painel de controle.

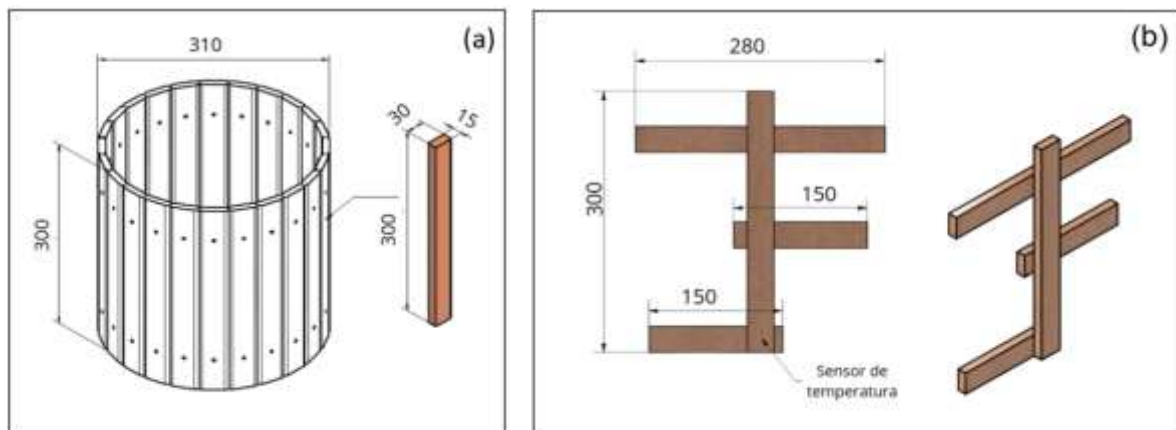
Para que o dispositivo desenvolvido atendesse todas as necessidades de controle exigidas pelo processo de fermentação, foi necessário trabalharmos em 04 (quatro) sistemas de desenvolvimento simultaneamente:

- a) **Sistema mecânico**, sendo este responsável pelo armazenamento e movimentação/revolvimento da massa de cacau que será fermentada, para estabilizar a sua temperatura, compreende toda estrutura mecânica e de transmissão do movimento;
- b) **Sistema elétrico**, compreende toda parte elétrica de alimentação do motor de indução, o projeto do quadro de acionamento, a variação da rotação e o sistema de proteção e sinalização;
- c) **Sistema eletrônico**, realiza o monitoramento da temperatura da massa de cacau, e envia o sinal elétrico para acionamento ou parada do motor, dependendo dos valores encontrados na leitura;
- d) **Programação do microcontrolador**, desenvolvimento da programação que será responsável em processar os sinais recebidos do sensor de temperatura, e enviar sinais para acionar e desligar o motor, com o intuito de manter a temperatura de fermentação dentro do range definido;

### 3.3 Sistema Mecânico

O Sistema Mecânico é responsável por armazenar a massa de cacau, e possibilitar a sua movimentação mecânica, com o objetivo de uniformizar a sua temperatura em todos os seus pontos. Ele é formado por um cocho cilíndrico, fabricado em madeira, segmentada em 24 (vinte e quatro) partes iguais, unidas por 02 (duas) cintas de aço, com 02 (dois) parafusos em cada segmento, possui ainda o fundo também fabricado em madeira, conforme detalha a figura 3 (a):

**Figura 3 – Projeto mecânico do Cocho de madeira e da Pá revolvedora (dimensões em milímetros)**

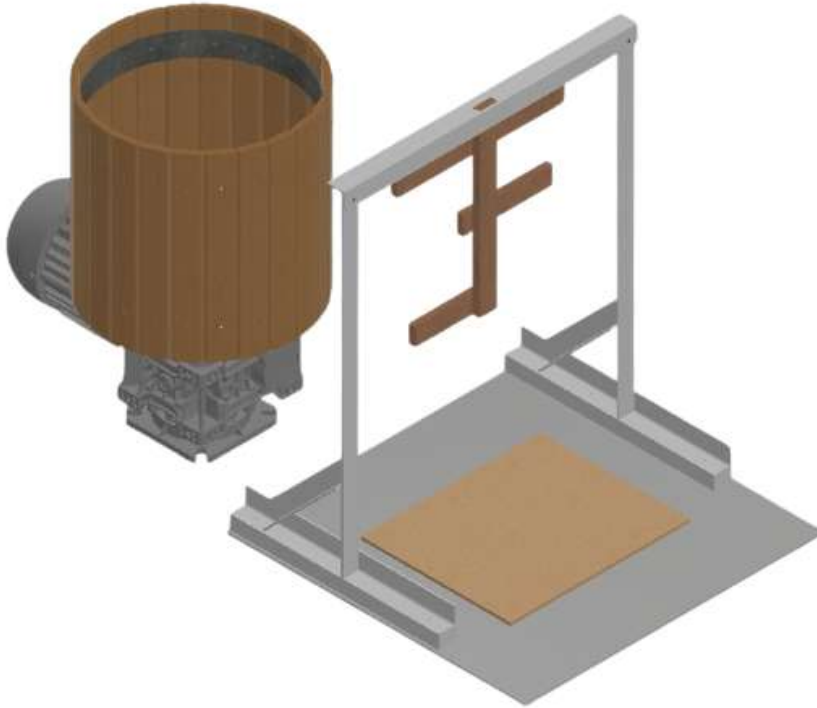


Fonte Próprios autores, 2025

O cocho de madeira é montado sobre um disco de aço com pino centralizador, através de 03 (três) parafusos, o conjunto é acoplado ao eixo do motor elétrico de indução, com o auxílio de uma chaveta, que realiza a transmissão do movimento cilíndrico do motor para o cocho de madeira, possibilitando a movimentação da massa.

Para finalizar a estrutura mecânica, foi confeccionada uma base de madeira, que apoia todo o conjunto, além de uma estrutura metálica que será utilizada para a fixação da pá revolvedora, esta também fabricada em madeira, que é responsável em posicionar o sensor de temperatura dentro da massa de cacau, além possibilitar o revolvimento da massa em todos os pontos do cocho, durante a sua movimentação, o que possibilita a uniformização da temperatura. A figura 3 (b) demonstra a geometria da pá revolvedora, enquanto a figura 4, detalha o desenho de todo o conjunto mecânico.

**Figura 4 – Projeto final do Sistema Mecânico**



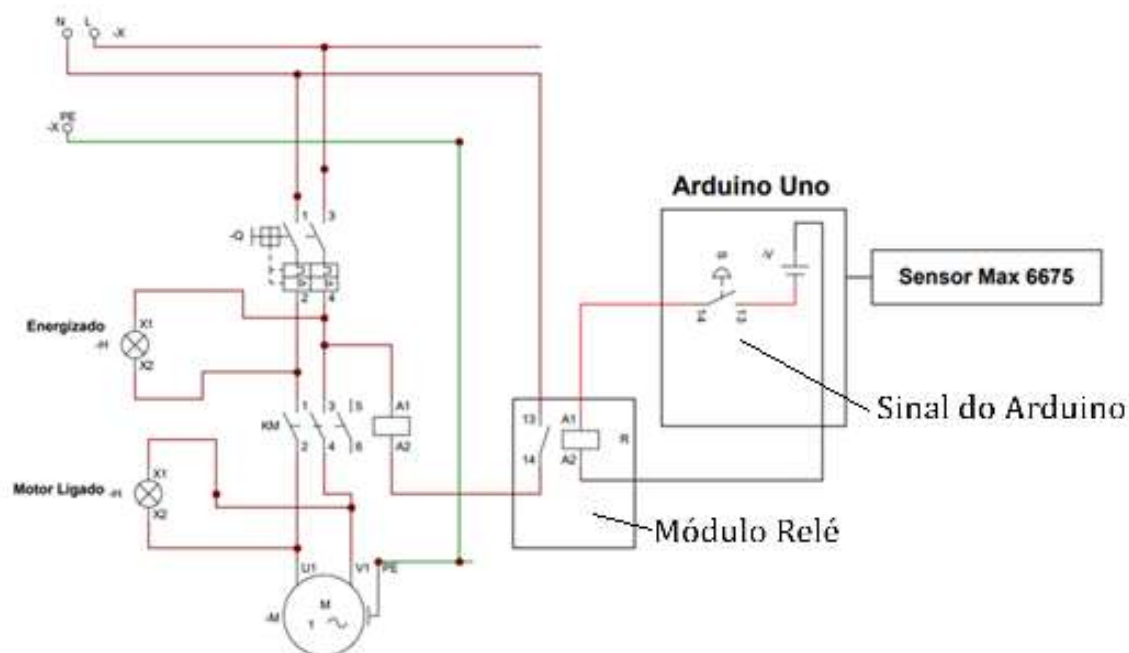
Fonte *Próprios autores, 2025*

### **3.4 Sistema Elétrico**

O Sistema Elétrico é alimentado por uma fonte externa de energia elétrica de 220V, que fornece a energia para 01(um) disjuntor bipolar de 32A – curva C, responsável pela segurança do sistema, e que alimenta 01 (uma) Contatora bipolar de 32A/220V, sendo esta, a responsável por enviar o sinal elétrico para ligar e desligar o motor de indução. A Contatora é acionada através de sinais elétricos enviados por um módulo Relé, que por sua vez, é acionado pelo Sistema Eletrônico. O motor de indução possui uma potência de  $\frac{1}{4}$  de CV (Cavalo Vapor), rotação de 1.750 RPM, e ainda um sistema de redução mecânica acoplado, que reduz a rotação original do motor, na ordem de 1:200, aumentando o seu torque. Existe ainda um interruptor variador rotativo (dimer), que permite regular a rotação do motor, em função da quantidade de massa que será processada no cocho durante o processo de fermentação. Todo o sistema é montado em um quadro de distribuição (contatora + disjuntor), que possui dois LEDs indicativos nas cores verde e vermelha, para

identificar o sistema energizado (verde) e o motor acionado (vermelho), conforme figura 5.

**Figura 5 – Projeto final do Sistema Elétrico**

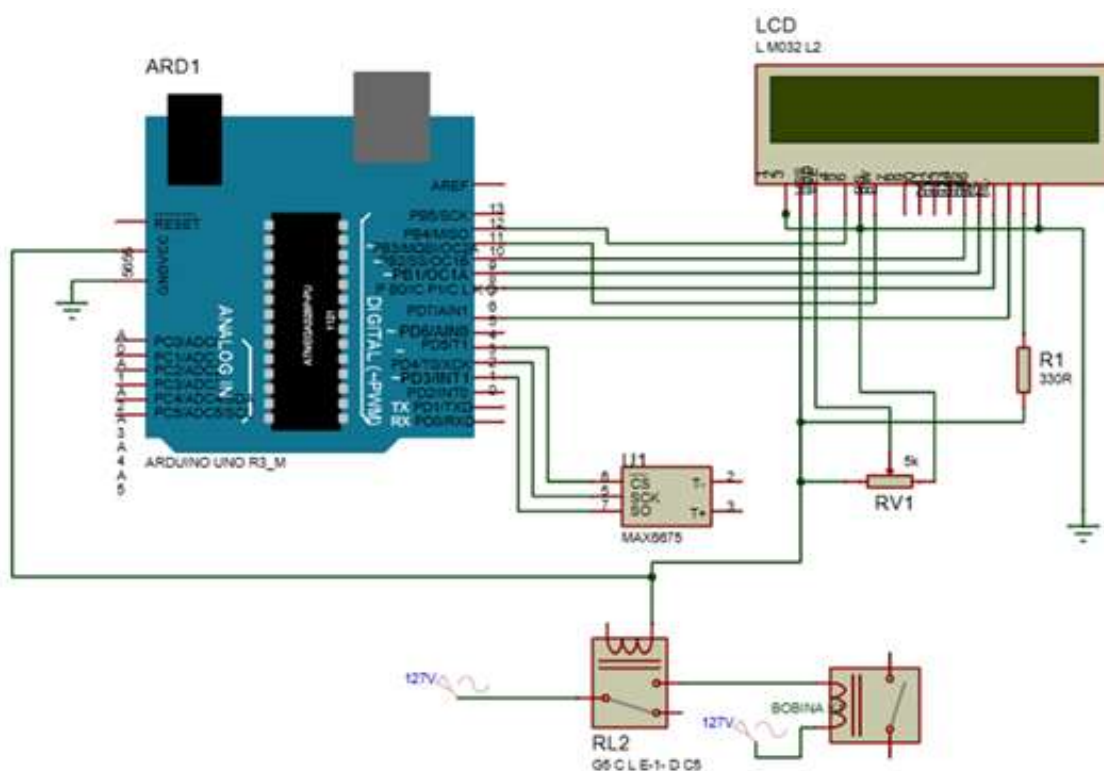


Fonte *Próprios autores, 2025*

### 3.5 Sistema Eletrônico

O Sistema Eletrônico é formado por um sensor de temperatura, modelo MAS 6675, que está posicionado na pá revolvedora e monitora a temperatura da massa de cacau durante o processo de fermentação. Ele realiza a leitura em intervalos de 1 segundo, e envia os resultados para o microcontrolador através de sinais analógicos no padrão 4-20 mA. O microcontrolador, por sua vez, analisa os sinais recebidos, comparando os resultados com os parâmetros pré-estabelecidos na sua programação, e se detectar uma leitura fora da especificação, envia sinais para o Módulo Relé, que aciona a bobina da Contadora, que energiza ou desenergiza o motor, conforme os limites de temperatura máximo e mínimo, definidos na programação. Existe ainda um display de LED, ligado ao microcontrolador Arduino, que indica a medição da temperatura em tempo real, para o acompanhamento visual do operador, conforme detalhado na figura 6.

Figura 6 – Projeto final do Sistema Eletrônico



Fonte Próprios autores, 2025

### 3.6 Programação do microcontrolador Arduino

A linguagem de programação utilizada para o funcionamento do microcontrolador do nosso protótipo foi realizada na plataforma IDE do Arduino, que é baseada na linguagem de programação C++, sendo orientada a objetos. A plataforma IDE foi desenvolvida sobre a linguagem Wiring, que é um framework de código aberto, que permite o uso de bibliotecas e funções que interagem com o software, além de facilitar a comunicação com outros equipamentos.

Em resumo, o código realiza a leitura dos sinais enviados pelo sensor de temperatura, MAS 6675, enviando os valores recebidos para exibição no Display de LED, ao mesmo tempo, que compara com os valores definidos para a temperatura máxima, caso o valor encontrado seja superior ao valor especificado, ele envia um sinal para Módulo Relé energizar a Contatora e realizar o acionamento do motor, e continua realizando as leituras dos sinais do sensor, com intervalos regulares de 1 segundo. Quando a leitura recebida estiver com valor inferior à temperatura máxima

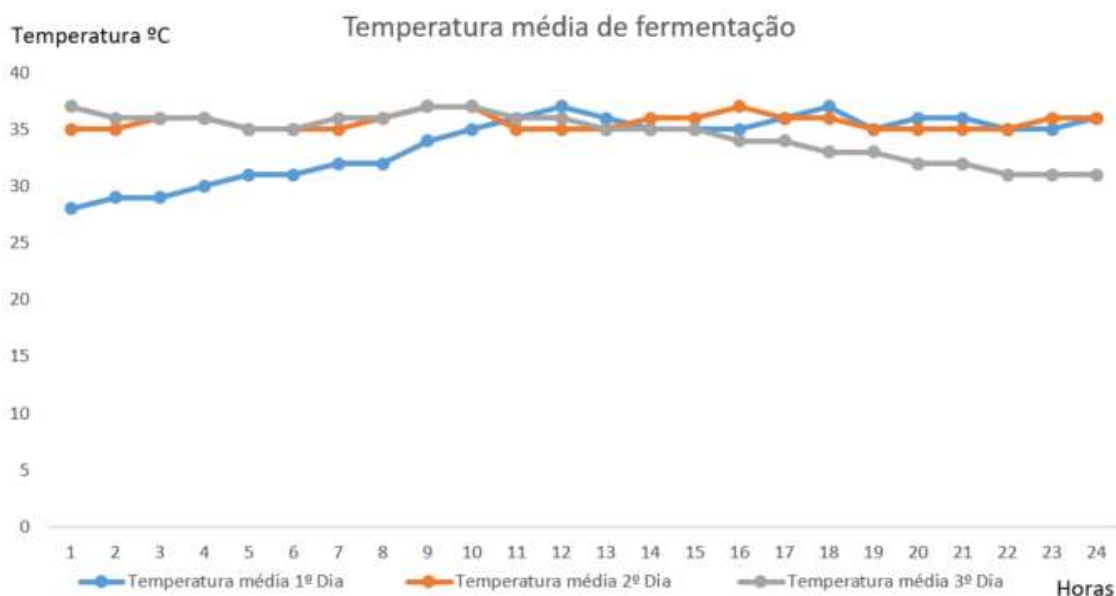
definida, ele envia novo sinal para o Módulo Relé, que desenergiza a Contatora e desliga o motor.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após a confecção e montagem do protótipo, os testes iniciais foram realizados com polpa de cupuaçu, que existe em maior disponibilidade na nossa região, e possui densidade similar à massa de cacau. A alternativa para a realização dos testes foi necessária, em função do aumento no preço do cacau a nível global, onde o valor da amêndoa no mercado mundial disparou no final de 2024, ano em que atingiu o maior custo da última década. O alto preço foi motivado pela quebra da safra de produtores africanos, responsáveis pela produção de cerca de 65% das amêndoas de cacau do mundo, especialmente de quatro países da África Ocidental: Costa do Marfim, Gana, Nigéria e Camarões, conforme pontuou Welle (2025).

Para a realização dos testes, o protótipo foi carregado com sementes de cupuaçu, e o código foi ajustado para os parâmetros de fermentação da fruta, que ocorrem na faixa de temperatura variando entre 28°C e 44°C, com o seu pico de temperatura ocorrendo no terceiro dia e, depois, começa a diminuir até estabilizar, indicando o fim do processo. Realizamos os testes com 01 Kg de polpa de cupuaçu, que passou pelo processo de fermentação por 03 (três) dias. Estabelecemos como parâmetro a temperatura máxima de 35°C, onde os dados coletados pelo Sistema, podem ser verificados no gráfico a seguir:

Gráfico 1 – Variação da temperatura de fermentação



Fonte: Os autores (2025)

Os testes apresentaram um resultado satisfatório, onde os valores registrados ficaram próximos da temperatura definida como setpoint, 35°C, sendo o sistema acionado toda vez que a temperatura excedia ao valor definido, ficando o motor acionado até a diminuição do valor da temperatura, para um valor abaixo do set point. A figura 7 demonstra a versão final do protótipo e a realização dos testes com a massa de cupuaçu.

O próximo passo da pesquisa será a realização dos testes com a massa de cacau, para comprovar se os mesmos resultados obtidos com a massa de cupuaçu irão se repetir, o que validaria a eficácia do protótipo.

Outro ponto importante, foi a utilização de materiais de baixo custo na confecção do protótipo, que gerou um gasto total na faixa de R\$ 1.250,00 (Um mil, duzentos e cinquenta reais), sendo viável para a utilização dos pequenos produtores de cacau da região amazônica, que era um dos objetivos do presente estudo.

**Figura 7 – Versão final do protótipo**



Fonte: Os autores (2025)

## **5 CONCLUSÃO**

O desenvolvimento deste trabalho nos permitiu entender o quanto o uso da tecnologia pode contribuir para agregar valor aos processos produtivos, mesmo aqueles que ocorrem de maneira artesanal, como é o caso da fermentação do cacau, realizada pelos pequenos produtores da Amazônia, que podem ser significativamente impactados pelo uso de ferramentas que simplificam o trabalho e melhoram a qualidade do produto final.

A pesquisa nos permitiu identificar que esta demanda existe, sendo uma dor enfrentada pelos produtores, porém, é possível aplicar soluções tecnológicas simples, e de baixo custo, que contribuem em aumentar o valor agregado ao produto final e consequentemente, a sustentabilidade dos produtores.

A aplicação de equipamentos e ferramentas da área de Engenharia de Controle e Automação no processo, permitiu monitorar e controlar a temperatura de fermentação de maneira automática, possibilitando que o processo de fermentação ocorra dentro da faixa de temperatura ideal, o que poderá proporcionar a produção de um chocolate com padrão de qualidade superior e alto valor agregado.

## 6 REFERÊNCIAS

ABIJAUDE, Jauberth Weyll et al. IoT Cocoa – an IoT platform to assist gourmet cocoa production. In: IEEE LATIN-AMERICAN CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (LATINCOM), 2019, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: IEEE, 2019. DOI: 10.1109/LATINCOM48065.2019.8937903.

BOTEON, Margarete; MODA, Laleska Rossi; RIBEIRO, Renato Garcia. Cenário econômico do mercado de cacau e chocolate: oportunidades para a cacauicultura brasileira. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 21203-21225, out. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/4014/3808>. Acesso em: 28 mai. 2025.

DIAS, A. **Apostila de Projeto conceitual**. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [https://emc5301.paginas.ufsc.br/files/2014/03/Projeto\\_Conceitual.pdf](https://emc5301.paginas.ufsc.br/files/2014/03/Projeto_Conceitual.pdf). Acesso em: 28 mai. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IPANAQUE, William et al. Internet of Things applied to monitoring fermentation process of Cocoa at the Piura's mountain range. In: CHILEAN CONF. ELECT., ELECTRON. ENG., INFORM. AND COMM. TECH., 2017, Pucon. **Proceedings** [...]. Pucon: IEEE, 2017. DOI: 10.1109/CHILECON.2017.8229532.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cartilha de boas práticas na lavoura cacauera no estado do Pará**. Belém: Mapa/CEPLAC, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outraspublicacoes/cartilha-do-cacauero-com-ficha-catalografica.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2025.

ROMANENS, Edwina et al. A lab-scale model system for cocoa bean fermentation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 102, n. 7, p. 3349–3362, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-018-8835-6>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SANTELLI, Adele. A história do cacau na Amazônia da chegada ao Brasil à alternativa para a bioeconomia local. **InfoAmazonia**, 6 abr. 2023. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2023/04/06/a-historia-do-cacau-na-amazonia-da-chegada-ao-brasil-aalternativa-para-a-bioeconomia-local/>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SANTOS, Givago Barreto M. dos; SANTOS, Priscila B. M. dos; SANTOS, Almir Martins dos. **Cacau fino: conceitos e evolução no Brasil**. [S. l.]: CEPLAC, [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/chocolates-finos-e-dearoma/cacau-fino-conceitos-e-evolucao/view>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Cacau: produção, manejo e colheita**. Brasília, DF: SENAR, 2018. (Coleção SENAR, 215). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI-SP). **Integração de sistemas: apostila do curso de pós-graduação em Smart Factory**. São Caetano do Sul: Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, 2022.

WELLE, Deutsche. **Como a crise global do cacau fez os preços do chocolate disparar**. G1, 29 mar. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2025/03/29/como-a-crise-global-docacau-fez-os-precos-do-chocolate-disparar.ghtml>. Acesso em: 28 mai. 2025.

ZAIN, Alex Taufiqurrohman; MUSYAFI, Ali; RAAFIU, Brian. Speed control of single phase AC motor on cocoa beans fermentation process using PID controller. In: ANNUAL BASIC SCIENCE INTERNATIONAL CONFERENCE, 2018, Malang. **Proceedings** [...]. Malang: [s. n.], 2018. p. 146-153. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Siti-Zubaidah7/publication/327672009\\_Empowerment\\_Students'\\_Creative\\_Thinking\\_Skills\\_on\\_Different\\_Academic\\_Performance\\_trough\\_RICOSRE\\_Learning\\_Model/links/5b9e0e9c299bf13e60345b5e/Empowerment-Students-Creative-Thinking-Skills-on-Different-Academic-Performancetrough-RICOSRE-Learning-Model.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Siti-Zubaidah7/publication/327672009_Empowerment_Students'_Creative_Thinking_Skills_on_Different_Academic_Performance_trough_RICOSRE_Learning_Model/links/5b9e0e9c299bf13e60345b5e/Empowerment-Students-Creative-Thinking-Skills-on-Different-Academic-Performancetrough-RICOSRE-Learning-Model.pdf). Acesso em: 28 mai. 2025