

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA

**FERNANDO LUIZ PULINE**

**CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO VIRTUAL DE UM SISTEMA AUTÔNOMO DE  
REVOLVIMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ CONILON E SIMILARES EM TERREIRO  
SUSPENSO**

Colatina

2022

**FERNANDO LUIZ PULINE**

**CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO VIRTUAL DE UM SISTEMA AUTÔNOMO DE  
REVOLVIMENTO DE GRÃOS DE CAFÉ CONILON E SIMILARES EM TERREIRO  
SUSPENSO**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à  
banca da Coordenadoria do Curso Superior  
Bacharelado em agronomia do Instituto Federal do  
Espírito Santo.

Orientador: Raphael Magalhães Gomes Moreira

Coorientador: Igor Carlos Pulini

Colatina

2022

(Biblioteca do Campus Itapina)

P979c Puline, Fernando Luiz.

Criação de um protótipo virtual de um sistema autônomo de revolvimento de grãos de café conilon e similares em terreiro suspenso / Fernando Luiz Puline. - 2022.  
42 f. : il..

Orientador: Raphael Magalhães Gomes Moreira  
Coorientador: Igor Carlos Pulini

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, Agronomia, 2022.

1. Microcontrolador. 2. Automação de reviramento. 3. Sensores. 4. Cafeicultura. I. Moreira, Raphael Magalhães Gomes . II. Pulini, Igor Carlos . III. Título IV. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 633.73

Bibliotecário/a: Débora do Carmo de Souza CRB6-ES nº 031



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
ITA - COORDENADORIA DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS  
AGRICOLAS



CERTIFICADO Nº 1/2022 - ITA-CCLCA (11.02.24.01.08.02.03)

Nº do Protocolo: 23154.002199/2022-76

Colatina-ES, 14 de julho de 2022.

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: Fernando Luiz Puline

ORIENTADOR: Raphael Magalhães Gomes Moreira

COORIENTADOR: Igor Carlos Pulini

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do componente curricular de Trabalho de Conclusão de Curso, para obtenção do grau de Agrônomo pelo Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Itapina*.

*(Assinado digitalmente em 18/07/2022 09:34)*  
EDERVAL PABLO FERREIRA DA CRUZ  
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO  
ITA-CCTA (11.02.24.01.08.02.06)  
Matricula: 1487427

*(Assinado digitalmente em 14/07/2022 10:24)*  
IGOR CARLOS PULINI  
COORDENADOR DE CURSO - TITULAR  
COL-CCGSI (11.02.21.01.08.02.03)  
Matricula: 2977008

*(Assinado digitalmente em 18/07/2022 09:28)*  
RAPHAEL MAGALHAES GOMES MOREIRA  
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO  
ITA-CCLCA (11.02.24.01.08.02.03)  
Matricula: 1914952

*(Assinado digitalmente em 14/07/2022 21:53)*  
ROBSON PRUCOLI POSSE  
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO  
ITA-CCBA (11.02.24.01.08.02.04)  
Matricula: 1794302

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ifes.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 1, ano: 2022, tipo: CERTIFICADO, data de emissão: 14/07/2022 e o código de verificação: 57f0a098cb

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as graças alcançadas e dificuldades enfrentadas para que eu chegasse onde cheguei.

Agradeço aos meus colegas de turma por terem sempre me ajudado com conselhos e tirado as minhas dúvidas com as matérias, e pela paciência e compreensão com as minhas falhas. Aos colegas e servidores participantes do projeto, Rodrigo e Daniel e Larissa, pela ajuda e possibilidade de desenvolver o projeto.

Agradeço aos professores pela compreensão e pelos conselhos durante toda faculdade.

Agradeço ao meu orientador Raphael Moreira que me ajudou no desenvolvimento deste projeto, e aos conhecimentos passados como professor e amigo e como um pai para mim. Agradeço ao meu coorientador Igor por toda a ajuda e pelo crescimento profissional.

Agradeço aos meus pais pelo apoio, de sempre tentarem me ajudar de uma forma ou outra, dando conselhos e até mesmo dando ``puchões de orelha``.

## **RESUMO**

A agricultura capixaba possui pequenos produtores de café que a implementação de tecnologias em processos, equipamentos e implementos nas etapas de pós-colheita, poderia dar celeridade e melhorar as condições de trabalho, bem como a qualidade dos grãos e sua consequente valorização do produto final, sendo a secagem em terreiros suspensos é uma destas inovações. Para esta etapa de secagem dos grãos, se faz necessário o revolvimento constante e uniforme das leiras ou camadas para o processo de homogeneização, resultando na perda do teor de água da massa de grãos. O revolvimento é árduo e consome mão de obra valiosa no campo atualmente, porém ele pode ser automatizado de forma simples e econômica. O objetivo deste trabalho foi a criação de um protótipo virtual de um sistema autônomo de revolvimento de grãos de café conilon e similares em terreiro suspenso. Com a conclusão deste projeto, ocorreu o ganho profissional para a equipe executora com a formação inicial na criação de códigos e programação, além da possibilidade de fornecer ao agricultor uma alternativa barata, por volta de 700 reais, para realização da automação total ou parcial do revolvimento em secadores suspensos de café.

Palavras-chaves: Microcontrolador, Automação de reviramento, Sensores, Cafeicultura.

## **ABSTRACT**

Agriculture in Espírito Santo has small coffee producers that the implementation of technologies in processes, equipment and implements in the post-harvest stages could speed up and improve working conditions, as well as the quality of the beans and their consequent appreciation of the final product, drying on suspended terraces is one of these innovations. For this stage of drying the grains, it is necessary to constantly and uniformly turn the windrows or layers for the homogenization process, resulting in the loss of water content of the grain mass. Turning is arduous and consumes valuable labor in the field today, but it can be automated simply and economically. The objective of this work was to create a virtual prototype of an autonomous system for turning conilon coffee beans and similar in a suspended terrace. With the conclusion of this project, there was a professional gain for the executing team with the initial training in the creation of codes and programming, in addition to the possibility of providing the farmer with a cheap alternative, around 700 reais, to carry out the total or partial automation of the stirring in suspended coffee dryers.

Keywords: Microcontroller, Overturning automation, Sensors, Coffee growing.

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	OBJETIVO GERAL.....	5
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
3.1	CAFEICULTURA NO BRASIL.....	6
3.2	MECANIZAÇÃO E SECAGEM DO CAFÉ.....	6
3.3	AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA.....	10
3.4	CUSTO DE PRODUÇÃO .....	12
4	METODOLOGIA .....	15
5	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	16
5.1	PASSO A PASSO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	16
5.2	COMPONENTES PARA EXECUÇÃO DO PROJETO .....	18
5.3	FUNÇÃO DOS COMPONENTES .....	18
5.4	CUSTO DO EQUIPAMENTO.....	23
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
7	TRABALHOS FUTUROS.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os problemas encontrados nas regiões produtoras de café, é possível identificar a baixa qualidade dos grãos, baixa rentabilidade das propriedades rurais, a baixa utilização de tecnologias, a falta de investimentos na melhoria dos processos e equipamentos e a crescente escassez de mão de obra (SILVA, 2000; SILVA; REIS, 2001; FIEDLER et al., 2008).

A cafeicultura dentro do agronegócio Brasileiro é um dos principais responsáveis pela economia interna, e por impulsionar outros setores, como a indústria, o comércio e o turismo, sendo importante geradora de renda entre os setores na agroindústria e na geração de empregos diretos e indiretos, tendo assim relevante função social (FEHR et al., 2012; CARVALHAES, 2016).

O conhecimento dos custos de produção é importante para a avaliação da rentabilidade do produto diante do preço comercializado, caso não seja rentável, procurar formas de reduzir os custos dentro da produção. Essa situação pode acontecer em alguns produtos do agronegócio, pois os preços não dependem da decisão do produtor, como é o caso do café (FERH, et al., 2012). Segundo Santinato et al. (2014), a cafeicultura apresenta custos de produção elevados, sendo necessário otimização dos processos, aumento da produtividade e redução dos custos. Atualmente tem aumentado a automação nas diferentes etapas do ciclo produtivo, possibilitando a diminuição da mão de obra manual pela mecanização das lavouras (FERNANDES et al., 2012).

O café geralmente é colhido com teor de água entre 30% e 65%, dependendo do seu estado de maturação, estando sujeito a condições favoráveis e à rápida deterioração, sendo necessário à secagem antes de ser armazenado (BORÉM, 2008). Dentre as diversas etapas do pós-colheita: processamento, secagem, armazenamento, beneficiamento e transporte, a secagem é a etapa de maior relevância, no consumo de energia e nos custos de processamento de preservação da qualidade (BORÉM et al., 2008).

Em secadores de camada estacionária é importante fazer o revolvimento dos grãos em intervalos regulares de tempo, com objetivo de homogeneizar a secagem e

melhorar a distribuição de ar ao longo da massa de frutos (SILVA et al., 2000). O processo de revirar os grãos pode ser feito manualmente por enxadas ou pás, ou por máquinas capazes de dar agilidade no processo, reduzindo os esforços dos trabalhadores no tempo de operação e a influência de condições climáticas (MAGALHÃES, 2003).

O projeto de mecanização agrícola associado a solução de demandas da sociedade, motivou-se esse trabalho na criação de uma plataforma autônoma de baixo custo, utilizando microcontrolador e sensores para leitura de temperatura e luminosidade, para o revolvimento do café e fazer a comunicação com a internet. Esses dispositivos possuem endereços próprios e são capazes de interagir e cooperar entre si para a criação de novos serviços sem a necessidade de supervisão humana, utilizados para facilitar o trabalho do homem, apresentando um grande avanço tecnológico, substituindo a mão de obra na fabricação ou transformação de matéria prima por meios automatizados (LIMA e SILVEIRA, 2003; VERMESAN e FRIESS, 2013).

Os sistemas autônomos possuem vantagens como: eficiência energética, custos e precisão, possibilitando o desenvolvimento de equipamentos e sistemas de automação, que podem ser controlados manualmente através de dispositivos como smartphones, tablets, computadores e controle remotos ou automaticamente através de sensores e atuadores programáveis (BOLZANI, 2004; BOLZANI, 2007).

A criação de um sistema web instalado em um ESP-32 visa automatizar o processo de secagem de café conilon em terreiro suspenso com baixo custo, por meio da leitura de sensores e o acionamento das pás para o revolvimento do café, diminuindo a mão de obra do produtor e melhorando a qualidade do café no processo de secagem, permitindo que o produtor possa fazer ajustes para adequar a necessidade para cada tipo de café. Em função da sua capacidade de se conectar a internet, é possível enviar os dados e receber comandos através do servidor web, onde o produtor consegue monitorar remotamente o processo de secagem do café.

## 2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo virtual de um sistema autônomo de revolvimento de grãos de café conilon e similares em terreiro suspenso.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e estudar os equipamentos, materiais e tecnologias necessários para a construção do protótipo de um revolvedor autônomo, tendo em vista a necessidade de um baixo custo para atender a pequenos produtores rurais;
- Desenvolver o protótipo integrando a plataforma autônoma, ao microcontrolador e ao servidor web, definindo um protocolo de comunicação;
- Analisar e avaliar a acurácia dos dados gerados em relação ao ambiente estudado.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CAFEICULTURA NO BRASIL

O café, originado da Etiópia (PEREIRA et al., 2005) apresenta uma heterogeneidade espacial na produtividade, no uso e na difusão de tecnologias no território brasileiro (RUGANI; SILVEIRA, 2006). No Brasil a introdução do cafeeiro se deu em 1727, quando Francisco de Melo Palheta introduziu sementes e mudas em Belém do Pará (MENDES et al., 2008). Na safra de 2022, a estimativa de produção de café (arábica e conilon) foi de 53,43 milhões de sacas, sendo um resultado 12% maior que o ano de 2021.

O Estado do Espírito Santo se destaca na produção de café conilon, responsável por 69% da produção nacional, com uma previsão de produção de até 16,459 milhões de sacas (arábica e conilon), uma safra recorde para o ano de 2022 em uma área de aproximadamente 402,5 mil hectares. Minas Gerais é o estado com a maior área destinada a cultura do café, tendo cerca de 1.334,1 mil hectares para a cultura, um de aumento de 2,7% em relação à safra 2021, sendo responsável por 60% da área cultivada em todo país. A área destinada à cafeicultura no país sofre um aumento de 1,9%, chegando a 2,24 milhões de hectares, em comparação à safra passada. A produtividade média nacional prevista para a safra atual é de 29 scs/ha, valor 10% acima da obtida na safra 2021 (CONAB, 2022).

#### 3.2 MECANIZAÇÃO E SECAGEM DO CAFÉ

Com as exigências do mercado internacional por cafés de melhor qualidade ocorreu a necessidade de investimento, dentro do sistema de produção para maior eficiência, qualidade e aumento na competitividade no mercado globalizado, sendo responsável pela difusão e adoção de novas tecnologias de produção, pois um dos fatores que determinou o declínio brasileiro no mercado internacional foi a falta de padrão de qualidade do produto nacional (GOMES, 2010; MARTINS et al., 2005).

Segundo Pereira (2008), essa qualidade está associada, ao processamento, composição química dos grãos e fatores ambientais, sendo a irregularidade da forma dos grãos de café um dos maiores problemas no desenvolvimento e no

emprego de novas tecnologias (COUTO, 2000). A ocorrência de fermentação por fungos, leveduras e bactérias pela alta umidade e falta de aeração dentro do processo de secagem influencia diretamente nos aspectos físico-químicos dos grãos, resultando em produtos de diferentes qualidades (PEREIRA et al., 2019; LEMOS et al., 2020).

No processo de pós-colheita, a secagem dos frutos de café é uma das etapas mais importantes e de elevado custo, que tem a função de remoção da água por meio da vaporização (KAREL, 1975a). Até a década de 1970, a secagem da maior parte dos produtos era por ventilação natural no campo ou em terreiros de chão, que só utilizava a radiação solar e a potência de secagem do ar ambiente, requerendo um tempo relativamente longo, necessitando de grandes áreas para a construção dos terreiros, excessiva mão de obra e, os grãos ficam exposto a condições climáticas adversas que podem depreciar sua qualidade (SILVA, 2000). A qualidade do produto quando são secos em terreiros tem alta dependência das condições climáticas da região, principalmente a ocorrência de chuva, umidade relativa do ar, temperatura e insolação (SILVA et al., 2017b).

O uso da secagem artificial é recomendado para se obter um café de boa qualidade, uma vez que no momento da colheita, o teor de água encontra-se acima dos 60% b.u.. A diminuição desses altos teores objetiva evitar alterações indesejadas como a fermentação prolongada, a infecção por microorganismos e o início do processo de produção de compostos, os quais podem ser responsáveis pelos sabores desagradáveis e resultando, assim, em decaimento na qualidade da bebida (AMPESSAN, 2009; PALACIN, 2007; DONZELES, 2002). Pereira et al. (2020) relata que a execução adequada dos procedimentos pós-colheita, são essenciais para a obtenção de uma bebida de qualidade.

Segundo Silva et al. (2000), para a secagem homogênea da massa de café é recomendado fazer a movimentação em intervalos regulares de tempo, invertendo as camadas inferiores para as superiores das leiras, objetivando uma melhor mistura, eliminação da formação de altos gradientes de temperatura em determinadas regiões na massa de frutos e o encrostamento, facilitando o fluxo de ar pela massa de frutos. Alguns autores descrevem a máxima temperatura do ar de

secagem. Reinato (2006), relata que quando se tem camadas muito espessas de café no terreiro perde-se muito em qualidade do fruto.

Para Silva (2001) e Coradi et al. (2008), o máximo que o café pode suportar é 70°C, sendo que esta temperatura não deve ultrapassar os 80°C, pois pode acarretar grãos de cor amarelada e redução da qualidade final do produto. Uma melhoria na qualidade do café natural e despulpado foi observada quando se utilizou no secador de leito fixo a temperatura do ar de secagem intergranular de 40°C.

Segundo Magalhães (2003) e Moreira et al, 2013, a importância em se mecanizar o processo de secagem está na redução do tempo, o que em condições climáticas adversas é de elevada relevância. Por outro lado, para os produtores familiares, pequenos e médios, tem-se tornado inviável a aquisição de novos equipamentos, pois muitas das máquinas utilizadas no Brasil são cópias de equipamentos estrangeiros adaptados, fazendo aumentar os custos de desenvolvimento e inviabilizando essa tecnologia (MUNDIM et al. 2003; MOREIRA et al, 2013).

A demanda regional dos pequenos e agricultores familiares pelo uso de tecnologia se torna indispensável para manter a competitividade no mercado, reduzir a mão de obra por meio da aplicação de sistemas de automação inteligentes em áreas como irrigação, implementos agrícolas, criadouros, processamento, armazenamento e transporte de produtos agrícolas (INAMASU, 2014; HACKENHAAR, 2015; GABRIEL e RODRIGUES, 2018).

Essa demanda obriga os pesquisadores a refletirem sobre a crescente necessidade de desenvolver tecnologias simples, rápidas e de baixo custo, possibilitando a mecanização e automação do maior número de operações para o setor cafeeiro, ressaltando que não é objetivo diminuir postos de trabalho ou gerar desemprego, mas sim tornar o trabalho menos árduo e aumentar as atividades agrícolas na cultura, além de reduzir os custos dentro da cafeicultura (VELOSO, 2013; MOREIRA et al, 2013 e 2016, OLIVEIRA, 2009).

O revolvimento da massa de frutos ou grãos de café em secadores de camada estacionária é recomendado com intervalos regulares, devendo ser realizado

lentamente evitando-se a quebra dos grãos e a queda da qualidade da bebida (LACERDA FILHO, 1986; ANDRADE et al., 2000; MOREIRA et al, 2013).

Atualmente, o revolvimento fica limitado ao uso de rodos ou pás que exigem árduo trabalho humano, o que pode ser solucionado com o revolvimento mecanizado e autônomo proposto pelo presente trabalho. Tendo em vista que este deve ser apresentado como uma alternativa viável economicamente, trazendo melhoria das condições de trabalho e resulte em uma melhor uniformidade da massa de grãos ou frutos (LACERDA FILHO, 1986; TEIXEIRA, 2002; MOREIRA et al, 2013).

O protótipo virtual do revolvente mecanizado e autônomo, que já foi desenvolvido, mas em outro Plano de Trabalho, possui como seu principal elemento de transporte e de reviramento da massa de grãos um conjunto de pás ou calhas, diferente dos atuais sistemas de condução da maioria dos grãos onde a rosca é montada em dutos tubulares (SILVA et al., 2000; SILVA, 2001; TEIXEIRA, 2002; MOREIRA et al, 2013).

O protótipo virtual se constitui de sistema de transporte, motor elétrico, sistema de revolvimento controlado pelo microcontrolador ESP-32 que a partir das informações dos sensores, faz o revolvimento, em intervalos regulares, avaliando o tempo de utilização desses sistemas com a melhor qualidade do produto, visando reduzir o gasto de energia no processo (CAMPOS et al. 1999a; 1999b). Este trabalho fez a automatização do terreiro suspenso, permitindo que o sistema possa se conectar a um servidor web, enviando informações e recebendo comandos de forma remota. Resultando numa tecnologia funcional, segura, confiável, competitiva, utilizável, manufaturável e mercável (NORTON, 2000; SHIGLEY et al., 2004; MOREIRA, 2011; MOREIRA et al, 2013 e 2016).

A agricultura mundial encontra-se diante de um grande desafio, o de aumentar a produção agrícola sem ampliar significativamente a área plantada, havendo forte pressão para garantir a segurança alimentar e fornecer energia limpa de forma sustentável, haja vista a crescente escassez dos recursos terra e água; mudanças climáticas e eventos extremos; níveis de renda per capita e urbanização em crescimento ascendente e aumentos decrescentes de produtividade em alguns países (LOPES, 2013; MASSRUHÁ e LEITE, 2016).

No contexto rural, a agricultura familiar é parte fundamental da produção nacional de alimentos, pois reúne cerca de 5,2 milhões de propriedades rurais, configurando 88% dos estabelecimentos rurais do país, 24% da área agrícola e 74% da mão de obra no campo, aproximadamente 12 milhões de pessoas (EMBRAPA, 2015). Unindo às demandas observadas em planos de trabalho anteriores e somando às tendências globais, que têm previsões para um planeta que nos próximos 50 anos os principais desafios da humanidade serão energia, água, alimentos, ambiente e pobreza, adota-se como orientação neste projeto os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), principalmente os itens: 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável; 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico; e 12 - Consumo e Produção Responsáveis.

### 3.3 AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA

O futuro das tecnologias na produção agrícola destaca-se na aplicação de: sistemas de irrigação inteligente, agricultura de precisão envolvendo a aplicação de inteligência embarcada, automação e rede de sensores locais para mapeamento de solos, monitoramento de doenças e de variáveis meteorológicas. Além dessas aplicações tem-se atividades de sensoriamento remoto visando obter mais dados sobre a produção e aspectos ambientais e climáticos (MASSRUHÁ et al., 2014).

A busca de otimização no uso dos recursos naturais e insumos, fará com que a fazenda do futuro seja monitorada e automatizada. Sensores espalhados por toda a propriedade e interligados à Internet irão gerar dados em grande volume, em uma realidade onde tudo se encontra interligado, permitirá o fornecimento de uma gama de serviços e aplicações, fazendo com que usuários, máquinas, dados, aplicações e objetos do espaço físico interajam uns com os outros de forma autônoma e transparente, criando a chamada Internet das Coisas (MASSRUHÁ e LEITE, 2016).

A agricultura conectada permitirá que de casa ou da sede da fazenda, os produtores possam acompanhar remotamente, pelo computador, tablet ou smartphone, o desempenho de suas máquinas nas lavouras com a transmissão automática de dados (CIGANA, 2016). Para que os equipamentos de transmissão sem fio possam funcionar corretamente, parte-se do princípio da propagação de dados através das

ondas de rádio, conceito conhecido como Wireless, sem a necessidade de cabos, que teve início na década de 90 e sendo atualmente o mais utilizado (LABIOD et al., 2007; BRANQUINHO et al., 2011).

O termo telemetria pode ser usado como a técnica da obtenção e transmissão de dados de um local remoto para outro em que possam ser gravados e interpretados, mostrando informações distintas para determinadas funções, como por exemplo, a medição de temperatura e pressão (LOZANO-NIETO, 1999; ROZAS, 2004; BRANCO, 2010).

Para a automação do sistema de revolvimento de grãos de café em terreiro suspenso, são utilizados equipamentos de baixo custo e encontrados em lojas virtuais aqui no Brasil. Segundo McRoberts (2011), o Arduino é uma plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. Com essas características sua aplicação no mundo eletrônico é muito vasta, sendo possível o controle de uma série de dispositivos, os quais podem ser: sensores, motores elétricos, LEDs, display LCD, chaveamento de transistores, dentre outros dispositivos.

O microcontrolador ESP-32, lançado em 2016, vem sido popularizado pela sua robustez e características positivas como, sua velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, principalmente com a conexão wi-fi (KOLBAN, 2018). Projetado com um modelo dual-core de 32-bit com dois núcleos físicos de processamento, que pode chegar a trabalhar com frequências de clock de até 240 MHz, além de contar com uma vantagem enorme com relação a sua capacidade de armazenamento, comparado com os já consagrados microcontroladores Arduino (IBRAHIM, 2017).

O Javascript é uma linguagem de programação que busca prover a simplificação de processos, possibilitando a criação de programas embarcados no próprio código das páginas HTML, possibilitando maiores níveis de interação das páginas com o usuário, através do processamento e verificação de dados no computador do cliente, sem a necessidade de acesso constante ao servidor (FLANAGAN, 2011).

Com o uso de celulares e tablets e sua facilidade de interação com os mais variados perfis de produtores e trabalhadores agrícolas, podem tornar o controle de equipamentos de forma remota mais simples. Os sistemas operacionais permitem a instalação de vários aplicativos para diversos fins e aplicabilidade, inclusive possibilita o controle de equipamentos, tanto de forma local, ou através da Internet, utilizado em IoT, denominado “Internet das coisas” (AQUINO, 2007; OLIVEIRA, 2013; EVANS, 2011; LUQUETTI, 2015; GABRIEL e RODRIGUES, 2018).

Já os microcontroladores facilitam a automatização, pois possuem um circuito integrado que contém processador, portas de entrada e saída para periféricos, como sensores e memória, sendo considerados componentes programáveis versáteis, podendo ser empregados em diversas áreas (ROMANI et al., 2015; CORTELETTI, 2016; GABRIEL e RODRIGUES, 2018).

### 3.4 CUSTO DE PRODUÇÃO

Está cada vez mais complexo e competitivo a cadeia de produção na cafeicultura, exigindo eficiência e profissionalismo dos produtores no ambiente econômico e social na cultura (FERRÃO, 2017).

Callado e Callado (2015), descrevem que antes o que era compreendido como uma exploração econômica de propriedades rurais isoladas, na atualidade faz parte de uma cadeia produtiva complexa com inter-relações tecnológicas e mercadológicas com relações internacionais. O produtor rural necessita conhecer a sua rentabilidade dentro da cadeia produtiva, armazenar todas as informações de resultados obtidos, despesa e lucratividade, e a partir disso fazer uma análise para estudar os pontos que podem ser otimizados, para melhorar a lucratividade dentro da propriedade (CREPALDI, 2012). Com isso, o cafeicultor deve se atentar ao gerenciamento correto de sua propriedade, sempre tomando decisões baseadas em informações técnicas, econômicas e mercadológicas.

O custo de produção é uma das informações importantes para se utilizar como parâmetro sobre rentabilidade em que o produtor está tendo em sua propriedade rural, e assim fornecendo informações importantes na tomada de decisões, como a expansão, retração ou extinção da atividade. O conhecimento e a análise dos custos

de produção dentro da propriedade rural são informações que levam ao uso racional dos recursos, melhorando assim os resultados econômicos dentro da cafeicultura, um incremento pode ser o aumento dos índices de produtividade, onde na maioria das vezes, colabora na redução de custos e ou aumento de lucratividade (CONAB, 2010; FERRÃO, 2017).

Um das formas de baixar o custo no manejo da lavoura, e a adoção de sistemas de produção mecanizados ou semimecanizados, principalmente na colheita do café, e, sempre que possível, produzir o próprio fertilizante orgânico dentro da propriedade, tendo assim um menor custo de fertilizantes para diminuir os custos com fertilizante adquiridos fora da propriedade, um exemplo, retornar com a palha do café para a lavoura (NASSER et al., 2012).

Marcomini (2013) relata que as propriedades que utilizam o Sistema de Produção de Café Especial, independentemente do seu tamanho e volume de produção, possuem resultado melhor econômico e financeiro, em relação ao sistema de produção convencional na cafeicultura. Segundo Reis (2007) a avaliação dos custos do café conilon está fundamentada nos custos fixos e variáveis. Nos custos fixos a depreciação do maquinário e nos custos variáveis entra as despesas com insumos (fertilizantes, matéria orgânica, defensivos químicos etc.), mão de obra, conservação e manutenção de benfeitorias e equipamentos, energia elétrica, serviços mecanizados, incluindo secagem e beneficiamento da colheita, e despesas gerais durante o ciclo da cultura (FERRÃO, 2017).

Outra informação importante que os pequenos e produtores rurais familiares relata, é a demanda por novas tecnologias que possam suprir a escassez de mão de obra nas regiões produtoras de café. Por ser considerada um trabalho árduo a colheita e a pós-colheita, tem se tornado cada vez mais difícil encontrar trabalhadores, além dos elevados custos nas adaptações do ambiente de trabalho resultarem no aumento do custo da mão de obra, elevando os custos da cafeicultura (SILVA; REIS, 2001; FIEDLER et al., 2008). Nesse aspecto, Silva et al., (2003) e Lanna e Reis (2012) relatam que a mão de obra é um dos fatores que mais oneram o custo de produção do grão. A mão de obra especializada no mercado agrícola está em falta, devido ao encarecimento e a escassez de trabalhadores (COLOMBO et al., 2014).

De acordo com Reis et al (2001), a fim de alcançar uma cafeicultura forte, competitiva internacionalmente e geradora de riquezas, cada vez mais cabe ao cafeicultor realizar o gerenciamento de sua produção, tomando decisões baseadas em informações técnicas, econômicas e mercadológicas. Dentre essas informações, o registro do custo de produção é uma das principais ferramentas que servem como parâmetro e auxiliam o empresário cafeicultor na sua tomada de decisão no que se refere ao planejamento, dimensionamento, manejo e desenvolvimento da cultura, pós-colheita e comercialização de seu produto (FONTES, 2001; SOUZA, 2001; SILVA et al, 2003).

O custo é uma das três modalidades em que se classificam os gastos empresariais. Conceitua-se como o gasto para aquisição e/ou produção de um bem ou serviço, durante o processo produtivo, independente de desembolso (WARREN; REEVE; FESS, 2003, MARTINS, 2003, HANSEN; MOWEN, 2003). Custo de produção na cafeicultura pode envolver o gasto com elementos como mão de obra, insumos, aluguel e depreciação de instalações e equipamentos, além de energia elétrica e água relacionados diretamente ao processo produtivo (BLISKA et al, 2007).

A segunda modalidade de classificação de gastos é o investimento, isto é, o gasto feito com a intenção de benefício por vários ciclos de operação (MARTINS, 2003, MEGLIORINI, 2007, WERNKE, 2005, BRUNI, 2006). O ciclo da operação compreende o período da instalação da lavoura de café até o recebimento pela venda do produto. Como exemplo de investimento na cafeicultura há a compra de equipamentos e implementos, a qualificação de mão de obra, a melhoria de processos e outros.

A terceira modalidade de classificação de gastos é a despesa, relacionada à administração ou vendas (CREPALDI, 2004, PADOVEZE, 2004, MEGLIORINI, 2007). Assim, consideram-se como despesas na cafeicultura os impostos sobre a venda, os tributos pagos pelo produtor, gastos com pessoal não envolvido na produção (contador, secretária), entre outros.

## 4 METODOLOGIA

Devido a pandemia do Covid-19, O trabalho foi realizado na modalidade de *home-office*, em que cada integrante do projeto, executou sua parte em sua casa. Ferramentas gratuitas como WhatsApp, Telegram, E-mail, Google Meet, Zoom entre outros softwares, permitiram a comunicação e a realização de reuniões para tirar dúvidas sobre a execução do trabalho.

A automação pelo ESP-32 e comunicação do servidor web para o sistema autônomo de revolvimento de grãos de café conilon em terreiro suspenso, foi desenvolvido pela equipe de projeto multidisciplinar, Fernando Puline ficou responsável pela montagem do hardware e programação do ESP-32, que executa a leitura e toma a decisão para o revolvimento do café no terreiro suspenso, Daniel Donateli pela parte da criação do servidor web e a comunicação do ESP-32 com servidor, Rodrigo Binda pela análise de custos e na aquisição dos materiais para execução do projeto, além dos orientadores professores Igor Carlos da área de robótica e Raphael Moreira da área de projeto de máquinas.

O trabalho de automação foi realizado para o protótipo virtual do revolvedor de café de terreiro suspenso, idealizado para o terreiro de secagem tradicional e o terreiro suspenso de café conforme figura 1a, do Ifes Campus Itapina, na zona rural de Colatina no ES. Vale ressaltar, que esse trabalho pode ser implementado em outras propriedades com algumas alterações. Essas alterações podem ser feitas para adequar a realidade do produtor, como revolver mais vezes durante o dia, altera a temperatura de revolvimento, adicionar mais sensores e atuadores entre outras coisas. Sendo o revolvedor um protótipo virtual, que está em desenvolvimento por outras equipes de projeto conforme figura 1b.

Figura 1 – Terreiro suspenso



Fonte: Coelho e Moreira, 2022.

## 5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 5.1 PASSO A PASSO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para a execução desse projeto é necessário a compreensão básica de algumas áreas, como eletrônica, programação, instalação de softwares e pesquisa em navegadores via internet. Em alguns passos terá junto links de vídeos e conteúdos para auxiliar a reprodução desse projeto.

**Passo 1:** para execução esse trabalho é necessário a compra de todos os materiais presentes na tabela 1. O site recomendado é a Eletrogate, uma loja muito organizada e que emite nota fiscal e faz o envio das peças para todo Brasil. Ao entrar na loja é só digitar cada material necessário na barra de busca na parte superior central da tela. Link para acesso do site: [https://www.eletrogate.com/?gclid=CjwKCAjwrNmWBhA4EiwAHbjEQIkc\\_tM1EUjBh-TfBllw3gfe9lu5WUjbMxMb6K-Z9MjMpQLxGuWQBxoCVVEQAvD\\_BwE](https://www.eletrogate.com/?gclid=CjwKCAjwrNmWBhA4EiwAHbjEQIkc_tM1EUjBh-TfBllw3gfe9lu5WUjbMxMb6K-Z9MjMpQLxGuWQBxoCVVEQAvD_BwE).

**Passo 2:** instalação do software Arduino IDE, para introduzir o código para o ESP-32. Link para acesso: <https://www.arduino.cc/en/software>.

**Passo 3:** após a instalação do software, é necessário escolher a placa utilizada como microcontroladora, como o ESP-32 foi adaptado para utilizar o Arduino IDE, possui alguns passos a mais que por forma de vídeo será melhor compreendida. Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=gLfV/BOMJ2Nw&t=419s>.

**Passo 4:** Instalar as bibliotecas necessárias para utilização dos sensores e do servidor web, as bibliotecas podem ser encontradas no GitHub ou pelo Link: [https://drive.google.com/drive/folders/1\\_vcAXfk7DGQt2b7sCLcUgr1hSUsgr9cZ?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1_vcAXfk7DGQt2b7sCLcUgr1hSUsgr9cZ?usp=sharing). Para a instalação das bibliotecas dentro do Arduino IDE vai ter um vídeo explicativo que vai ajudar no entendimento. Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=wjE10SOXHxg&t=151s>.

**Passo 5:** após escolher o microcontrolador e instalar as bibliotecas, o usuário deve copiar o código presente no Anexo e colar dentro do software Arduino IDE já aberto e sem nenhum código escrito.

**Passo 6:** Antes de conectar o ESP-32 ao computador com todos os componentes montados e ligado ao microcontrolador, verifique as ligações, pois pode causar danos ao computador se houver curto-circuito nos componentes durante a ligação.

**Passo 7:** Fazer a montagem dos componentes na protoboard e conectar ao computador/notebook. Para auxiliar na montagem o usuário pode utilizar as figuras 3 e 6 como referência. A ordem de montagem e as cores dos fios pode ser igual com o exemplo da figura 5 sendo: Os fios pretos e vermelhos servem de alimentação para os componentes, os fios verdes estão ligados aos sensores de temperatura que levam informações para a porta 04 do ESP-32, o fio azul está ligado ao relé e na porta digital 13 do ESP-32, o fio laranja faz a comunicação do LDR e a porta 35, já os fios marrom e amarelo fazem a comunicação com o Circuito Inter-integrado (I2C) que está conectado ao display com placa controladora utilizando as portas 21 e 22, e por fim o fio cinza faz o acionamento do motor.

**Passo 8:** o código presente no Anexo, está com alguns comentários escrito na coloração vermelha, com a função de orientar e auxiliar no entendimento do usuário, descrevendo as partes principais, e onde pode ser feito as modificações para adequar o sistema as necessidades do produtor.

**Passo 9:** após compilado o código dentro do ESP-32, é necessário a calibração do sensor de luminosidade LDR. Nesse trabalho o valor do LDR é acima de 2200 para que o ESP-32 faça o revolvimento, mas pode variar dependendo da qualidade do LDR e da posição do sensor em relação ao sol no momento da instalação.

**Passo 10:** organizar todos os componentes dentro da caixa de proteção, tomando cuidados para não desconectar os componentes interligados.

**Passo 11:** é importante deixar toda parte da automação do revolvedor, protegida contra chuva e sol, mas próxima do terreiro suspenso.

**Passo 12:** a rede de wi-fi deve estar próxima do terreiro suspenso, para que o ESP-32 possa se conectar sem que haja limitação de acesso ou interferências, como longas distâncias, construções e árvores pelo caminho do sinal.

**Passo 13:** calibrar o sistema para atender a necessidade do produtor, fazendo alterações no posicionamento dos sensores de temperatura, qual temperatura acionar o revolvedor e qual intervalo entre os revolvimentos. Caso o produtor queria utilizar para a secagem de outros tipos grãos como cacau, deve observar e ajustar as temperaturas para o revolvimento.

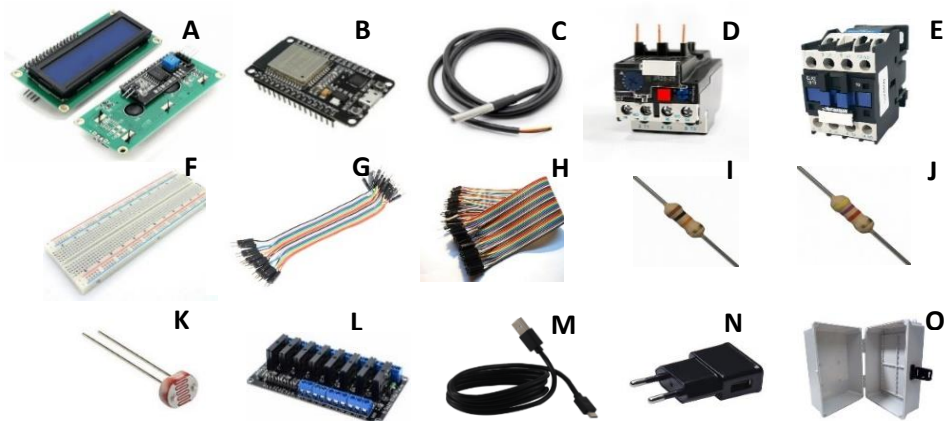
## 5.2 COMPONENTES PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

Para a comunicação entre os sensores com o servidor web foi utilizado um o microcontrolador ESP-32, lançado em 2016, vem sido popularizado pela sua robustez e características positivas como, sua velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, principalmente com a conexão wi-fi (KOLBAN, 2018). Sensores de temperatura, sensor de luminosidade, notebook, equipamentos para auxiliar na execução do projeto como, alicate, ferro de solda, fios, pasta de solda, relés, contatora, fios e cabos de comunicação entre os sensores e dispositivos e o servidor web.

## 5.3 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

A figura 2 representa os componentes utilizados para a execução do trabalho, sendo: figura 2A é o Display LCD com a função de mostrar em sua tela as informações de temperatura, luminosidade e o acionamento do revolvedor, a Figura 2B é o ESP-32 o microcontrolador responsável por gerenciar todas a s informações de sensores e revolvimento e de enviar e receber informações ao servidor web.

Figura 2 – Componentes do Projeto



Fonte: Próprio autor.

A figura 2C é o de sensor de temperatura digital DS18B20 responsável por fazer a leitura da temperatura do café enviar para o ESP-32, Figura 2D é o Relé térmico com a função de identificar alguma anomalia na corrente elétrica do motor responsável pelo revolvedor e caso tenha algum problema ele desliga todo o sistema, evitando que danifique os componentes do revolvedor.

A figura 2E é a Contatora que faz o acionamento do motor para revolver o café, ele recebe comando de ligar/desligar do relé sólido, está conectado ao relé térmico, figura 2F é uma Protoboard que serve para ligarmos os componentes nela e conectar ao ESP-32, permitindo a comunicação entre eles, a figura 2G e 2H são os Jumpers Macho/Macho e Macho/Fêmea respectivamente, responsáveis por conectar os componentes na protoboard ao microcontrolador,

As figuras 2I e 2J são resistores de 10 K Ohm e de 4,7 K Ohm, respectivamente, responsáveis por limitar uma parte da corrente elétrica enviada pelo ESP-32, fazendo assim a proteção dos sensores de temperatura e luminosidade, figura 2K é o sensor de luminosidade LDR, responsável por avaliar se está de dia ou a noite, figura 2L é o Relé sólido, responsável por receber o comando do ESP-32 e enviar até a Contatora.

O cabo micro-usb (FIGURA 2M) responsável por fazer a comunicação do computador para o ESP-32 na inserção do código e para se conectar a uma fonte de energia como na figura 2N, a figura 2N é uma fonte de 5 V, é a mesma utilizada em celulares, e serve para fornecer energia para o microcontrolador e para o funcionamento dos sensores e componentes até o Relé sólido, a figura 2O é uma caixa de proteção, que tem a função de proteger os componentes contra as intemperes (chuva, vento, sol, poeira, pequenos animais e insetos) da localidade onde for instalado o revolvedor.

O sensor de luminosidade LDR, figura 2K, faz a leitura da quantidade de lúmens presente no ambiente e a partir desse valor é possível determinar se é dia ou noite. Com esse sensor o ESP-32 será informado sobre a luminosidade do ambiente, se é noite, se o dia está nublado, o que possibilita determinar se existe a necessidade de revolver o café.

O Sensor de Temperatura Digital DS18B20, figura 2C, usado no projeto é um sensor de temperatura blindado e possui precisão para análise de temperatura necessário para analisar a temperatura de um grão de café. Este sensor será posicionado em contato com o café, estando junto em cada pá de revolvimento. Uma média dos valores é feita com base nos dados enviados para o ESP-32, figura 2B, e a partir desta informação é feita a tomada de decisão. O Display LCD tem como função mostrar informações oriundas dos sensores e quantas vezes foi revolvido o café.

O I2C tem a função de facilitar a comunicação com o microcontrolador e display LCD, Figura 2A, utilizando apenas 2 portas analógicas do Microcontrolador ESP-32. O Relé sólido é utilizado para ligar o Contator que faz o acionamento do motor e revolve o café. AO Contator e o relé térmico são utilizados para segurança do sistema e evitando a passagem de corrente acima do suportado pelo sistema, o ESP-32 manda 5v para o relé sólido que é acionado, permitindo que passe corrente e fazendo com que a bobina da contatora trabalhe, acionado o sistema.

O relé sólido, figura 2L, possui 2 extremidades, uma entra a sua alimentação e a informação de acionamento e a outra sai a corrente elétrica que aciona o contator. O relé térmico é utilizado para proteção do sistema, caso haja algum curto-circuito, ou uma corrente mais alta de energia por parte do motor do revolvedor o resistor é utilizado para proteger os sensores, diminuindo a corrente elétrica emitida pelo ESP-32, com isso cada sensor utiliza um resistor diferente. Neste projeto são utilizados os resistores de 10 K Ohm para o sensor de luminosidade LDR e de 4,7 K Ohm para o Sensor de Temperatura Digital DS18B20, figuras 2I e 2J respectivamente.

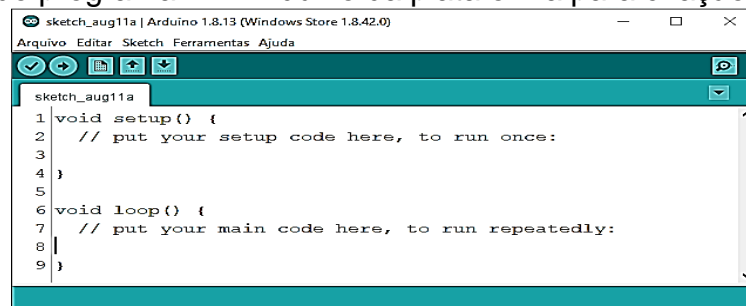
A Protoboard é utilizada para ligar os componentes e facilitar os ajustes no experimento. A fonte de 5v e cabo micro-usb serve para fazer a alimentação do ESP-32. Os jumps são utilizados para fazer a comunicação entre os sensores e o relé com a placa do ESP-32. Já o painel tem a função de proteção ao sistema contra intemperes de clima e do local.

A sistemática de acionamento do ESP-32 usou informações da literatura disponível sobre revolvimento de café em terreiro suspenso para se obter um café de qualidade. Na secagem em terreiro suspenso, a temperatura ideal fica em torno de 35°C e 40°C, necessitando de um tempo de secagem entre 162 à 192 horas para os

frutos processados e 210 horas para os frutos íntegros. O terreiro suspenso tem a vantagem de produzir uma secagem mais lenta e homogênea dos grãos com uma redução na fermentação dos grãos em virtude da distância do solo e melhor aeração (ALVES et al., 2014).

A IDE do Arduino é um aplicativo que possibilita a criação de código denominado sketch, conforme exibido na figura 4. Para a programação e criação desse sketch, o programador deve ter conhecimento da linguagem de programação C/C++, após a criação desse sketch, o autor tem a opção de salvar em uma pasta, ou fazer a compilação e inseri-lo via cabo USB direto na placa do Arduino ou do ESP-32.

Figura 4 –Tela do programa IDE Arduino da plataforma para criação do código.



```

sketch_aug11a | Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
Arquivo  Editar  Sketch  Ferramentas  Ajuda

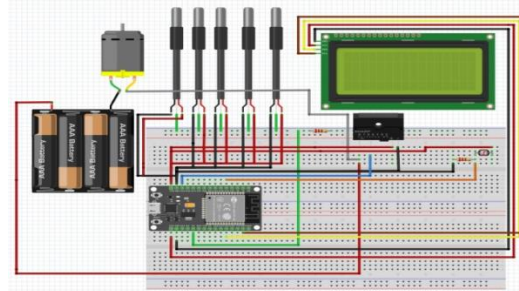
sketch_aug11a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }

```

Fonte: Próprio autor.

Existe uma grande quantidade de exemplos de codificação para facilitar o usuário iniciante. Para facilitar, a IDE do Arduino permiti testar o código para analisar a existência de erros no código, permitindo o usuário a achar o erro e entender o que pode estar acontecendo. A figura 5 representa a modelagem do projeto desenvolvida no aplicativo Fritzing, e permite visualizar com clareza as ligações entre os componentes.

Figura 5 – Imagem do diagrama dos componentes ligados no Software Fritzing.



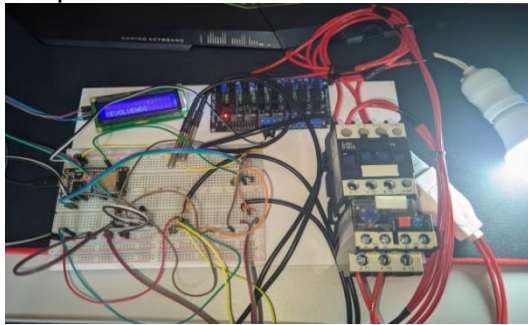
Fonte: Próprio autor.

Os fios pretos e vermelhos servem de alimentação para os componentes, os fios verdes estão ligados aos sensores de temperatura que levam informações para a

porta 04 do ESP-32, o fio azul está ligado ao relé e na porta digital 13 do ESP-32, o fio laranja faz a comunicação do LDR e a porta 35, já os fios marrom e amarelo fazem a comunicação do I2C que está conectado ao display com placa controladora utilizando as portas 21 e 22, e por fim o fio cinza faz o acionamento do motor.

Para auxiliar no desenvolvimento do projeto, foram utilizadas algumas bibliotecas que permitem a comunicação com o revolvedor e com o servidor web, e outras para a exibir informações no display LCD. As bibliotecas utilizadas foram: *WiFi.h*, *HTTPClient.h*, *ArduinoJson.h*, *Wire.h* e *LiquidCrystal\_I2C.h*. A figura 6 mostra a os componentes montados, tendo a lâmpada representando o motor do revolvedor acionado pela contatora.

Figura 6 –Imagem dos componentes montados na Protoboard.



Fonte: Próprio autor.

Para e que haja a leitura do sensor de temperatura DS18B20 as bibliotecas *OneWire.h* e *DallasTemperature.h* é necessário, para que o sensor possa funcionar de forma correta e otimizar o processo.

Figura 7 – Bibliotecas utilizadas para o revolvedor autônomo e para comunicação do servidor web.

```

C:\DIGO_FINAL_DO_PROJETO_DE_AUTOMA_O_DO_REVOLVERDOR_AUT_NOMO_CO | Arduino 1.8.16
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
C:\DIGO_FINAL_DO_PROJETO_DE_AUTOMA_O_DO_REVOLVERDOR_AUT_NOMO_CO $
//
// INCLUSÃO DAS BIBLIOTECAS
#include <WiFi.h> //comunicação com a internet
#include <HTTPClient.h> //servidor web
#include <Wire.h> //Display
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Display
#include <OneWire.h> //Sensor temperatura
#include <DallasTemperature.h> //Sensor temperatura
#include <ArduinoJson.h> //comunicação por json
//
// DEFINIÇÕES
#define endereco 0x27 // Endereços comuns: 0x27, 0x3F
#define colunas 16
#define linhas 2
//
//
#define numeroReles 1 //Número de relé
#define portaSensorTemperatura 4 //Porta onde todos os sensores de temperatura estão ligados
#define pinoLDR 35 //Porta onde os sensor de luminosidade está ligado
//
<

```

Fonte: Próprio autor.

O código final do projeto está no Anexo, sendo que o sistema vai funcionar de forma autônoma para o revolvimento do café, as instruções de forma resumida é: o sensor de luminosidade vai informar ao ESP-32 se está de noite ou de dia, e se a temperatura for igual ou superior a 35°C liga o relé. Caso essa variável não seja atingida, o ESP-32 conta o tempo de 1 hora do último revolvimento e liga o relé para fazer o revolvimento. E assim segue um loop até o momento que o produtor deligar o revolver.

O código fica salvo na memória da placa então toda vez que ligar, o revolver vai avaliar as condições do ambiente e tomar a decisão de revolver ou não o café. Devido a comunicação entre ESP-32 e o servidor web, é possível monitorar as temperaturas pelo servidor e caso queira ligar o desligar o revolver pelo celular ou computador é possível. O revolver automatizado com o ESP-32 funciona sem precisar se comunicar com um servidor web, todas as informações sobre o sistema ficam salvo e visível no visor do LCD, que foi programada para exibir as informações de temperatura, luminosidade, quantas vezes foi acionado e a situação atual se está ligado ou não. O ESP-32 é capaz de fazer todo o processamento e ainda mandar os dados para o servidor web, fazendo a comunicação e a interação na rede.

O código criado para a automação do terreiro suspenso, Figura 7, permiti que o produtor possa fazer alterações, como tempo de revolvimento, temperatura para o acionamento do revolver, alterar a quantidade de sensores em um mesmo revolver, pois a biblioteca utilizada na leitura dos valores dos sensores de temperatura tem a permissão de inserir vários sensores na mesma porta logica de comunicação. Essa dinâmica facilita que o produtor possa fazer estas alterações, além de acrescentar mais atuadores, para o funcionamento de motores, lâmpadas, emissores sonoros, etc. e como o ESP-32 possui ainda 20 portas livres para outros tipos de programação. Sendo assim, o produtor ou outra pessoa que tenha o conhecimento de linguagem de programação, pode aumentar e agregar ao código, dando mais funcionalidades ao projeto e ao ESP-32 dentro de sua propriedade.

#### 5.4 CUSTO DO EQUIPAMENTO

Para a construção do protótipo de automação foram utilizados equipamentos (TABELA 1) como alicate de ponta fina, chave de teste, furadeira, caixa

armazenadora de componentes, lâmpada, soquete, tomadas macho e fêmea, suporte para soldagem, ferro de solda e estanho em fio para solda.

Tabela 01 – Levantamento de custos para aquisição dos componentes para prototipagem.

Quant.	Descrição do item	Preço unitário	Preço final
		R\$	R\$
01	Display LCD 16x2 com I2C e Backlight Azul	29,90	29,90
01	Módulo WiFi ESP32 Bluetooth 30 pinos	78,38	78,38
05	Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água	18,90	94,50
02	Protoboard 830 Pontos	18,81	37,62
01	Jumpers - Macho/Macho - 20 Unidades de 20 cm	6,90	6,90
01	Jumpers - Macho/Fêmea - 20 Unidades de 20 cm	6,90	6,90
01	Resistor 10K 1/4W (10 Unidades)	1,43	1,43
01	Resistor 4K7 1/4W (10 Unidades)	1,43	1,43
01	Sensor Fotoresistor LDR de 5mm	0,90	0,90
01	Relé Térmico 17-25A (LR2-D1322)	48,56	48,56
01	Módulo Relé de Estado Sólido SSR 8 Canais 250V 2A	27,99	27,99
01	Chave Contator Tripolar CJX2-D1810-110V	57,45	57,45
01	Cabo Carregador Micro Usb	22,99	22,99
01	Carregador Tomada Plug Adaptador Fonte Usb 5v 2.1a Bivolt	26,91	26,91
01	Caixa Plástica/ Painel Elétrico de Comando 28x18x14cm	75,84	75,84
		<b>TOTAL</b>	<b>571,70</b>

Fonte: Equipe do projeto (Rodrigo Binda).

As linguagens de programação, bem como as bibliotecas e os softwares que foram utilizados para a automatização do protótipo e para estabelecer a comunicação do microcontrolador ESP 32 com o servidor web, são ferramentas gratuitas e não representaram custos materiais para o seu desenvolvimento.

Os custos dos projetos podem variar mediante a cotação do dólar e de loja para loja, infelizmente não são componentes encontrados toda loja de equipamentos eletrônicos, necessitando a procura em sites e lojas virtuais. Os equipamentos foram adquiridos em lojas aqui no Brasil, e além desses equipamentos e sensores as lojas possuem uma gama de sensores utilitários, para diversas aplicabilidades, tanto no uso residencial quanto na agricultura.

Sbardella et al. (2021) relatou em seu trabalho que a utilização de microcontrolador, na medição digital do diâmetro florestal, obteve eficiência na coleta e armazenagem de dados, na diminuição de mão de obra e o baixo custo de aquisição dos componentes. Demonstrando assim que os trabalhos são condizentes na utilização de microcontroladores dentro da agricultura no intuito de diminuir a mão de obra e o baixo custo para utilização de projetos para pequenos produtores rurais. Já Veloso

(2013), obteve bons resultados ao comparar a automação de um sistema de esterçamentos de rodas com sistemas de controladores lógicos programáveis (CLP) e Arduino.

Segundo Ferrão et. al., 2017, o café deve ser revolvido constantemente, durante todo o dia, pelo menos a cada hora, para favorecer a troca de água com a atmosfera alternando-se a localização dos frutos no terreiro. Com base nesta afirmação, foi proposto o projeto de revolvimento automatizado do café descrito neste trabalho de conclusão de curso.

Para execução desse trabalho foram feitos testes de alguns sensores e peças para garantir o perfeito funcionamento, analisar a durabilidade e permitir que o produtor replique o projeto de forma simples, podendo automatizar seu terreiro suspenso com baixo custo e agregando qualidade durante a secagem do café.

Um trabalho semelhante foi desenvolvido por Rodrigues et al. 2021, que avalia o controle automático de temperatura e umidade de uma composteira, utilizando o microcontrolador ESP-32. Nosso projeto utiliza o mesmo sensor de temperatura, o DS18B20, o mesmo microcontrolado ESP-32 e as mesmas bibliotecas *OneWire.h* e *DallasTemperature.h*. Demonstrando que as tecnologias utilizadas neste trabalho estão sendo atualmente aplicadas na agricultura, podendo ser empregadas em várias áreas, no intuito de reduzir custos, melhorando a qualidade e aumentando a produção dentro da agricultura.

As figuras 8 e 9 exibem as informações exibidas pelo site web desenvolvido, demonstrando os dados do revolvedor do IFES Campus Itapina, mas é possível cadastrar outros revolvedores e visualizar as informações no mesmo site. No apêndice deste trabalho possui mais informações sobre o servidor web.

Figura 8 – Imagem do servidor web pegando as temperaturas do ESP-32.

Hora	T1	T2	T3	T4	T5	Média	Lig/Des	Motivo
13:38	28.25	28.25	28.25	28.25	28.25	28.2	Ligado	Temperatura
13:39	28.31	28.31	28.31	28.31	28.31	28.3	Ligado	Temperatura
13:51	0	0	0	0	0	0.0	Ligado	Temperatura
13:51	26.75	26.75	26.75	26.75	26.75	26.8	Ligado	Temperatura
13:52	26.81	26.81	26.81	26.81	26.81	26.8	Ligado	Temperatura
13:53	26.81	26.81	26.81	26.81	26.81	26.8	Ligado	Temperatura

Fonte: Próprio autor.

A figura 8 mostra a tela do servidor web informando ao produtor as temperaturas diárias do revolvedor, e o motivo do revolvimento, se foi por temperatura ou por tempo acionado, permitindo assim que o produtor avalie se está tendo muita fermentação, a temperatura ambiente alta, ajudando assim a calibrar o sistema.

Figura 9 – Print da tela do computador, com o servidor web pegando as temperaturas do ESP-32, dentro do programa Arduino IDE no monitor serial.

```

67 Serial.println("T1:");
68 Serial.println("T2:");
69 //Caso
70 soma = 0;
71 }
72 //Soma dos
73 float media = soma / 5;
74 //Serial.println(media);
75 //Serial.println(media);
76
77
78 for(int i=0;i<=num; i++)
79   digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
80   digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
81   bool ligado = false;
82

```

```

14:43:25.75 -> 25.75 25.75 25.75 25.75 25.75 25.8 Desligado Temperatura
14:46:27.81 -> 27.81 27.81 27.81 27.81 27.81 27.8 Ligado Temperatura
Dados do dia
Desligar
logout
14:44:28.653 -> LIGAR-REVOLVER
14:46:08.630 -> vezes REVOLVIDO: = 2
14:46:14.634 -> Média da Temperatura = 27.81 °C
14:46:14.634 -> {"temperaturas": [27.81, 27.81, 27.81, 27.81, 27.81], "ligado": true, "motivo": "Temperatura"}
14:46:14.915 -> Ligar
14:46:14.915 -> HTTP Response code: 200

```

Fonte: Próprio autor.

A figura 9 é a mostra o processo de teste com o servidor web e monitor serial no notebook, sendo uma fase importante do trabalho, onde o produtor faz os testes antes de levar a campo, verificando e acertando algumas informações para o perfeito funcionamento no campo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ESP-32 se mostrou eficaz para a automatização do terreiro suspenso, coletando as informações dos sensores e acionando os equipamentos no momento certo para o revolvimento do café. O sistema desenvolvido com apoio das bibliotecas, permite fazer alteração das fontes, permitindo a adequação às necessidades de cada produtor, possibilitando até mesmo a adição de mais sensores ou atuadores, além de possibilitar o monitoramento e controle remoto através do servidor web.

A programação do ESP-32 e a montagem do hardware necessário foi desafiadora, em função da área ser diferente do curso de bacharelado em agronomia, mas graças as pesquisas realizadas via internet e colaboração de professores, o sistema foi desenvolvido, integrado e testado.

Os custos para automatizar o revolvedor suspenso fica em torno de R\$ 571,70 reais, custo relativamente baixo, quando analisamos o valor da mão de obra necessária para executar esta mesma função manualmente, e bem abaixo de um concorrente similar desenvolvido pela revista Rural Pecuária que fica próximo a R\$ 9.000,00.

O projeto pode ser facilmente adaptado a outras variedades de café, como arábica, assim como a outras culturas, como a secagem de cacau. Essas propostas ficam como sugestões para serem exploradas como trabalhos futuros.

Com base nas informações relatadas é possível afirmar que o objetivo de desenvolver um sistema autônomo de baixo custo para revolvimento de café em terreiro suspenso, utilizando um microcontrolador ESP-32 que recebe as informações e envia para um servidor WEB, foi concluído com sucesso.

## **7 TRABALHOS FUTUROS**

Para trabalhos futuros, colocar o trabalho em testes a campo, realizando o monitoramento das variáveis presente dentro do terreiro suspenso. Sendo elas temperatura ambiente, temperatura do café, umidade do ar, incidência de luz, velocidade do revolvimento, entre outros fatores.

A partir desses estudos criar parâmetros para facilitar a utilização e otimizar a secagem do café e de outros grãos como cacau, visando automatizar a agricultura, reduzir mão de obra e agregar qualidade no produto final.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, J.F.S. **Plataformas De Desenvolvimento Para Dispositivos Móveis**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

AMPESAN, F. **Avaliação de diferentes métodos de secagem do café (Coffea arabica L.) cereja descascado**. 2009. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ANDRADE, E.T. de; FILHO, D.O.; VIEIRA, G. Conservation potential of energy in the coffee pre-processing. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.71-82, 2000.

BLISKA, F.M.M.; VEGRO, C.L.R.; AFONSO JUNIOR, P.C.; MOURÃO, E.A.B; CARDOSO, C.H.S. **Custos De Produção De Café Nas Principais Regiões Produtoras Do Brasil**. Informações Econômicas, SP, v.39, n.9, set. 2007.

BOLZANI, C.A.M. **Residenciais Inteligentes**. São Paulo, SP: Livraria de física, 332 p, 2004.

BOLZANI, C.A.M. **Desmistificando a Domótica**. Sinergia, v.8, n.1, p.17–20, 2007.

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; ANDRADE, E.T. Secagem do café. In: BORÉM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 205-240

BORÉM, F.M.; REINATO, C.H.R.; PEREIRA, R.G.F. A. Alterações na bebida do café despulpado secado em terreiro de concreto, lama asfáltica, terra, leite suspenso e em secadores rotativos. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**, 3, 2003, Porto Seguro, BA, Anais... Porto Seguro, 2003. p. 155.

BRANCO, Á. **Telemetria**. Revista InfoGPS. São Paulo, v.1 n.6, p.12-15, 2010.

BRANQUINHO, O.C.; REGGIANI, N.; ANDREOLLO, A.G. **Redes de comunicação de dados sem fio: Uma análise de desempenho**. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://www.homexpert.com.br/areaservada/wp-content/uploads/2011/06/Redes-de-comunica%C3%A7%C3%A3o-sem-fio-Uma-an%C3%A1lise-de-desempenho.pdf>. Acesso: 25/03/2020.

**BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária**. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: 2009. 398p.

BRUNI, A.L. **A administração de custos, preços e lucros**. São Paulo: Atlas, 2006.

CALLADO, A.A.C.; CALLADO, A.L.C. **Gestão de custos no agronegócio**. In: CALLADO, A.A.C. Agronegócio. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015. 232 p

COLOMBO, J.L.C.; PERRI, M.A.S.; LOPES, R.J. O custo da mão de obra agrícola na gestão organizacional: um estudo de caso no interior de São Paulo. **Revista Fafibe OnLine**. V.7, n.1: p.84-99. 2014.

CAMPOS, A.T.; MELO, E.C.; SILVA, J.S.S.; BERBERT, P.A. Projeto, construção e análise de um protótipo de secador de camada fixa para café (*Coffea arabica* L.), com sistema de revolvimento mecânico. **Engenharia na Agricultura**, v.7, n.2, p.88-105, 1999a.

CAMPOS, A.T.; MELO, E.C.; SILVA, J.S. Gradientes de teor de umidade desenvolvidos nas câmaras de secagem de um secador de camada fixa para café (*Coffea arabica* L.) com sistema de revolvimento mecânico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.24, n.2, p.37- 41, 1999b.

CARVALHAES, N. **Conjunturas do Mercado Cafeeiro**. [Slides]. 32 p. 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoestecnicas/cecafecarvalhaesoutubro16.pdf>. Acesso em: 01/07/2022.

**CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento**. Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. Brasília: Conab, 2010. 60 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/0086a569bafb14cebf87bd111936e115.pdf>. Acesso em: 20 junho 2022.

**CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de café safra de 2022, 2º levantamento, Maio/2022. Brasília.

CORADI, P.C.; BOREM, F.M.; OLIVEIRA, J.A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**. v.12, n.2, p.181-188, 2008.

COUTO, S.M.; MAGALHÃES, A.C.; QUEIROZ, D.M.; ANDRADE, E.T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulos de repouso dos frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, PB, v.2, p.39-56, 2000.

CORTELETTI, D. Dossiê Técnico: **introdução à programação de microcontroladores Microchip PIC**. Senai, Rio Grande do Sul, 2016.

CIGANA, C. Agricultura 4.0 é nova fronteira no campo. **Zero Hora: Campo e Lavoura**, setembro 2016. Disponível em <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-elavoura/noticia/2016/09/agricultura-4-0-e-nova-fronteira-no-campo-7413654.html#>. Acesso em 25/03/ 2020.

CREPALSI, S.A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisorial**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 432 p.

CREPALDI, S. A. **Curso básico de contabilidade de custos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

DONZELES, S.M.L. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema híbrido, solar e biomassa, para secagem de café (coffea arábica L.)**. 2002.122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

**EMBRAPA. Embrapa em números.** Brasília-DF: Embrapa, 2015. 138p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/embrapa-em-numeros>. Acesso em: 25/03/ 2020.

EVANS, D. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo.** Cisco, p. 1–13, 2011.

FEHR, L. C.F.A.; DUARTE, S.L.; TAVARES, M.; REIS, E.A. **Análise das variáveis de custos do café Arábica nas principais regiões produtoras do Brasil.** Reuna, Belo HorizonteMG, v.17, n.2, p. 97-115, Abr.- Jun., 2012.

FERNANDES, A.L.T. et al. **A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros.** Pesquisa agropecuária tropical, Goiânia, v.42, n.2, p.231-240, 2012.

FIEDLER, N.C.; WANDERLEY, F.B.; GUIMARÃES, P.P.; ALVES, R.T. **Avaliação dos limites recomendados de pesos no manuseio de cargas em marcenarias.** Cerne, Lavras, v. 14, n. 2, p. 133-140, abr./jun, 2008.

FLANAGAN, D. **JavaScript: The Definitive Guide.** [S.l.]: O’Reilly Media, 2011.

FONTES, R.E. **Estudo econômico da cafeicultura no Sul de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2001. 94p. (Dissertação Mestrado em Administração). Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/1234567\\_89/8365](http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/1234567_89/8365). Acesso em 13/04/2020.

GABRIEL, L.C.; RODRIGUES, V.D.S. **Robot cable – protótipo de um robô de cabos controlado por smartphone aplicado em agricultura de pequeno porte.** Disponível em: <http://repositorio.satc.edu.br/handle/satc/344>. Acesso em 09/4/2020.

GOMES, C.C.M.P. **Alternativas encontradas para superação das principais dificuldades no processo de certificação Fair trade:** um estudo multicase de organizações de pequenos no Brasil. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, administração e contabilidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto (SP), 2010.

HANSEN, D.R.; MOWEN, M.M. **Gestão de custos: contabilidade e controle.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

IBRAHIM, D. **The Complete ESP32 Projects Guide.** 1a. ed. Elektor Digital, 2017.

INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C. de C. **Agricultura de Precisão.** Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar, São Carlos, p. 21–33, 2014.

HACKENHAAR, N.M.; HACKENHAAR, C.; ABREU, Y.V de. **Robótica na agricultura. INTERAÇÕES,** Campo Grande, p. 119–129, jun. 2015.

KAREL, M. Dehydration of foods. In: FENNEMA, O.R. **Principles of food science, part II: physical principles of food preservation.** New York: Marcel Dekker, 1975a. v.4, chap.10, p. 309-357.

KOLBAN, N. **Kolban’s book on ESP32.** [S.l.]: Leanpub, 2018.

LABIOD, H.; AFIFI, H.; SANTIS, C. de. **Wi-Fi™, Bluetooth™, Zigbee™ and WiMax™**. [S.l.]: Springer Netherlands, 2007.

LACERDA FILHO, A.F. de. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (Coffea arabica L.)**. 1986. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Lanna, G.B.M.; Reis, R.P. 2012. **Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais**. *Coffee Science* 7(2): 110-121.

LEMOS, M.F.; PEREZ, C.; CUNHA, P.H.P.; FILGUEIRAS, P.R.; PEREIRA, L.L.; FONSECA, A.F.A.; IFA, D.R.; SCHERER, R. Chemical and sensory profile of new genotypes of Brazilian *Coffea canephora*. **Food Chemistry**, v.310, 125850, 2020.

LIMA, W.Q.; SILVEIRA, L.; **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Natal, RN, 2003. Disponível em: <[https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_13.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf)> Acesso: 25/03/2020.

LOPES. M.A. **Sistema de Inteligência Estratégica para a Agropecuária Brasileira**. 2013. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudios/pdf/apresentacaomauricio-lobes-2a-reuniao-cesdes>> Acesso em: 28/03/2020.

LOZANO-NIETO, A. Telemetry. In: WEBSTER, J.G. **Measurement, instrumentation and sensors handbook**. Boca Raton: CRC Press, 1999. chap. 87, p.2242-2258.

LUQUETTI, L. **Desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis: Tipos e Exemplo de Aplicação na plataforma iOS**. p.25–28, 2015.

MAGALHÃES, A.C. **Desenvolvimento e avaliação de uma máquina colhedora de café em terreno utilizando transporte pneumático**. 2003. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARCOMINI, G.R. **Aspectos econômico-financeiros da produção de café convencional e de café especial**. *Revista Científica da FHO-UNIARARAS*, v. 1, n. 1, 2013.

MARTINS, D.R.; CAMARGO, O.A. de; BATAGLIA, O.C. **Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto**. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.1, p.115-126, 2005.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A. **Agricultura Digital**. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016. ISSN: 2448-0452

MASSRUHÁ, S. M.F.S.; LEITE, M.A. de A.; MOURA, M.F. **Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura**

**(AgroTIC)**. In: MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L.A.S. (Ed.). Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 1. p. 23-382014..

MCRBERTS, M. **Arduino Básico**. Edição original em Inglês publicada pela Apress Inc., Copyright © 2010 pela Apress, Inc.. Edição em Português para o Brasil copyright © 2011 pela Novatec Editora.

MEGLIORINI, E. **Custos: análise e gestão**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MENDES A. N.G.; CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; FAZUOLI, L.C.; SILVAROLLA, M.B.; **história das primeiras cultivares de café plantadas no Brasil**. In: Cultivares de café. Varginhas, MG: EMBRAPA, 2008. cap. 4, p. 57- 64.

MOREIRA, R.M.G. **Desenvolvimento de um revolvedor mecânico de café e seu desempenho operacional e ergonômico**. 113f, 2011. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.

MOREIRA, R.M.G.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; CECON, P.R.; MINETTE, L.J. Desenvolvimento de um revolvedor mecânico de café. **Semina: Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Brasil, v.1, n.34, 2013.

MOREIRA, R.M.G.; TEIXEIRA, M.M.; SANTOS, F.L.; FERNANDES, H.C.; CECON, P.R. Preliminary design of a coffee harvester. **Semina: Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina Londrina, Brasil, v.37, n.5, 2016

MUNDIM, J.L.C.; SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; NARICI, A.A.F. **Simulação do comportamento dinâmico do sistema de vibração de dois sistemas de limpeza**. In: Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 4, 2003, Porto Seguro.

NASSER, M.D.; TARSITANO, M.A.A.; LACERDA, M.D.; KOGA, P.S.L. **Análise econômica da produção de café Arábica em São Sebastião do Paraíso, Estado de Minas Gerais**. Informações Econômicas, SP, v. 42, n. 2, mar./abr. 2012.

NORTON, R.L. **Machine Desing an Integrated Approach**, 2. ed. Editora Artmed. 2000. 921p.

**NR15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Atividades e operações insalubres. Portaria No.43, de 11 de março de 2008(\*) (DOU de 13/03/08).

**NR17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Ergonomia. Portaria n.13, de 21 de junho de 2007 (DOU de 26/06/07).

OLIVEIRA, I.R.H.; SANTOS, C.R.B.; RODRIGUES, M.A.L. **Desenvolvimento de um Aplicativo Android para Monitoramento Micro Controlado no Nível de um Reservatório de Água Residencial em Tempo Real**. In: Conferência de Estudo em Engenharia Elétrica, 12. Uberlândia. Anais... UFU. p.1-6.2014,

OLIVEIRA, M.V.M. **Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo para derriça de café.** 2009. 618p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,

OLIVEIRA, L.R. de.; MEDINA, R.D. **Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para dispositivos móveis: uma nova abordagem que contribui para a educação.** J. Chem. Inf. Model., v.53, n.9, p.1689–1699, 2013.

PADOVEZE, C.L. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

PALACIN, J.J.F., **Avaliações energética e econômica de sistemas de produção de café de montanha.** 2007. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, C.A.; SCHNITZLER, E.; CARVALHO FILHO, M.A. da S. **Thermoanalytical study (TG, DTG AND DSC) of in natura and processed coffee.** UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias. v. 11, n. 1. Ponta Grossa. Abril. 2005.

PEREIRA, L.F.B.; BARBOSA, C.K.R.; JUNIOR, K.S.F. The influence of natural fermentation on coffee drink quality. **Coffee Science**, Lavras, v. 15, n. 6, e151673, 2020.

PEREIRA, L.L.; MORELI, A.P.; JUNIOR, D.B. Construção de perfil sensorial para o café conilon fermentado. **Revista Ifes Ciência**, v.5, n.2, p.242-252, 2019.

PEREIRA, M.C. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de genótipos de grãos de café (Coffea arabica L.).** 2008. 15f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REINATO, C.H.R. **Secagem e armazenamento do café: aspectos qualitativos e sanitários.** 2006. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

REIS, G.A.; SOUZA, M.M. de. **Desenvolvimento do aplicativo “EToCALC 1.0” para estimar a evapotranspiração de referência.** Universidade Federal da Grande Dourados Faculdade de Ciências Agrárias, Mato Grosso do Sul, Dourados, 2019.

REIS, R.P.; REIS, A.J.; FONTES, R.L.; TAKAKI, E.R.; CASTRO JUNIOR, L.G. **Custos de produção da cafeicultura no Sul de Minas Gerais.** Organizações Rurais e Agroindustriais, Lavras, v.3, n.1, p. 37-44, 2001. Disponível em: [http://200.235.128.121/bitstream/handle/123456789/11105/Organiza%  
7%b5es%20Rurais%20e%20Agroindustriais\\_v3\\_n1\\_p1-  
8\\_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.235.128.121/bitstream/handle/123456789/11105/Organiza%c3%a7%b5es%20Rurais%20e%20Agroindustriais_v3_n1_p1-8_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 13/04/2020.

RODRIGUES, L.D.; PEREIRA, R.M., PALMEIRA, D.W.F., SILVA, G.H.A., LEITE, M.A.F., SILVA, J.S. Controle de temperatura e de umidade de uma composteira utilizando o ESP32. In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agroinformática. SBC**, 2021. p. 53-61. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbiagro/article/view/18375>  
Acessado em 06/07/2022

ROMANI, L.A.S.; MAGALH, G.B.; EVANGELISTA, S.R.M. Desenvolvimento de aplicativos móveis em agricultura: Agritempo mobile. **IN: X Congresso Brasileiro de Agroinformática**, Campinas, 2015.

ROZAS, N. **O que é telemetria?** Revista Gás Brasil, São Paulo, v.1, n.15, p.13-15, 2004.

RUGANI, F. do L.; SILVEIRA, S. de F.R. Análise de risco para o café em Minas Gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.4, n.3, p.343-364, 2006.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CÁSSIA, M.T.; SANTINATO, R. **Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras.** coffee science, Lavras, v.9, n.4, p.495-505, 2014.

SANTOS, J.W. JUNIOR, R. C. L.; **sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via Smartphone.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa 2019.

SHIGLEY, J.E. MISCHKE, C.R.; BUDYNAS, R.G. **Mechanical Engineering Desing. The McGraw-Hill Companies**, 7 ed. Editora Bookman. Inc., New York/NY, EUA, 2004. 953p.

SILVA, A.L.; FARIA, M.A. de; REIS, R.P. **Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro.** Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental v.7, n.1: p.37-44. 2003.

SILVA, A.L.; FARIA, M.A.; REIS, R.P. **Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro.** Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.7 n.1 Campina Grande. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v7n1/v7n1a07.pdf> . Acesso em 13/04/2020.

SILVA, J.M. DA; REIS, R.P. **Custos de produção do café na região de lavras – MG: Estudo de casos.** Ciências Agrotécnicas. Lavras, v.25, n.6, p.1287-1294, novembro/dezembro, 2001.

SILVA, J.S.; VERDIN FILHO, A.C.; MORELI, A.P.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.; VOLPI, P.S. Colheita e pós-colheita de café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café Conilon**. 2 ed. Vitória, ES: Incaper, 2017b. cap. 20. p.495-507.

SILVA, J.S. (Org.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa, Editora Aprenda Fácil - MG. 2000. 520p.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELES, S. M. L.; Secagem em es, IN: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Cap 5. Viçosa, Editora Aprenda Fácil - MG. 2000. 32p.

SILVA, J. S.; FILHO, A. F. L.; VIEIRA, G.; **Manuseio de Grãos, IN: Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Cap 12. Viçosa, Editora Aprenda Fácil - MG. 2000. 32p.

SOUZA, J.L.M. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. 253f. Tese (Doutorado em Agronomia). Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jorge\\_Souza8/publication/266497215\\_modelo\\_para\\_a\\_analise\\_de\\_risco\\_economico\\_aplicado\\_ao\\_planejamento\\_de\\_projetos\\_de\\_irrigacao\\_para\\_cultura\\_do\\_cafeeiro/links/543bf8e80cf2d6698be35bc7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Souza8/publication/266497215_modelo_para_a_analise_de_risco_economico_aplicado_ao_planejamento_de_projetos_de_irrigacao_para_cultura_do_cafeeiro/links/543bf8e80cf2d6698be35bc7.pdf). Acesso em 13/04/2020.

SBARDELA, M.; FRANCO, JR.; GOMES, JW da S.; DAL PAI, A.; DAL PAI, E. Instrumento digital para medição de diâmetro florestal utilizando microcontrolador de baixo custo. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.10, n.17, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24197>. Acesso em: 7 jul. 2022.

VELOSO, G.V. **Automação do sistema de direção de colhedora de café**. 62f, 2013. (Dissertação) Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. **Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems**. [S.l.]: River Publishers, 2013.

TEIXEIRA, C.A.; **Metodologia para adequação do uso de força motriz em processos agrícolas**. 2002. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TEIXEIRA, M.A.M. **Suporte a serviços diferenciados em servidores web: modelos e algoritmos**. maio 2004. Tese (Doutorado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, maio 2004.

WARREN, C. S.; REEVE, J. M.; FESS, P. E. **Contabilidade gerencial**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

WERNKE, R. **Análise de custos e preços de venda: ênfase em aplicações e casos nacionais**. São Paulo: Saraiva, 2005.

## ANEXO

O código para o funcionamento do ESP-32 com os sensores e a comunicação no servidor web.

*/\*CÓDIGO FINAL DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO DO REVOLVERDOR AUTÔNOMO COM ESP 32 NA CRIAÇÃO DO SERVIDOR WEB! O código foi criado no intuito de facilitar o entendimento e o uso no dia a dia, como fazer alterações para outros projetos, ou mesmo aproveitando as portas digitais e analógicas que sobraram para incrementar mais sensores, e ter um ganho em automação. Com isso o projeto pode ser ampliado para executar mais funções, como ao chegar a noite acender uma lâmpada para iluminação do terreiro. Devido o uso das bibliotecas do Sensor de Temperatura Digital DS18B20, foi permitido colocar quantos sensores precisar em uma só porta digital permitindo que tenha mais portas para inserir mais dispositivos. Caso o precise ligar outros dispositivos no momento do revolver o café, é só inserir a porta inserida junto com a porta do relé. o servidor web permiti que o usuário possa monitorar as temperaturas e que possa interagir com o sistema, desligando ou ligando o mesmo. \*/*

```
// INCLUSÃO DAS BIBLIOTECAS
#include <WiFi.h>           //comunicação com a internet
#include <HTTPClient.h>     //servidor web
#include <Wire.h>           //Display
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Display
#include <OneWire.h>        //Sensor temperatura
#include <DallasTemperature.h> //Sensor temperatura
#include <ArduinoJson.h>    //comunicação por json
//-----
// DEFINIÇÕES
#define endereco 0x27      // Endereços comuns: 0x27, 0x3F
#define colunas 16
#define linhas 2
//-----
#define numeroReles 1      //Número de relé
#define portaSensorTemperatura 4 //Porta onde todos os sensores de temperatura estão ligados
#define pinoLDR 35        //Porta onde os sensor de luminosidade está ligado
//-----
const char* ssid = "PULINE"; //LOCAL ONDE O PRODUTOR COLOCA SUA O NOME DA REDE WIFE
const char* password = "bros150es"; //LOCAL ONDE O PRODUTOR COLOCA SUA SENHA WIFE
const char* serverName = "http://192.168.128.84:5000/api/1"; //endereco por onde o ESP 32 faz a comunicação
//-----
OneWire oneWire(portaSensorTemperatura); //Definições da biblioteca do sensor de temperatura
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Definições da biblioteca do sensor de temperatura
//-----
int reles[numeroReles]={13}; //Porta/s para o relé/s
int numeroSensores = 0; //Número de sensores de temperatura do terreiro suspenso
unsigned long tempoUlt = 0; //Fazer a contagem do tempo
int contador = 0; //conta quantas vezes ligou o/s relé/s
//-----
//INSTANCIANDO OBJETOS
LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas); //Display
//-----
void setup()
{
  for(int i=0;i<numeroReles;i++) //Função para fazer a comunicação dos relé/s
    pinMode(reles[i],OUTPUT); //Pino de relé/s como saída
    pinMode(pinoLDR, INPUT); //Pino do LDR como entrada
  Serial.begin(115200); //INICIALIZA A SERIAL
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("Conectando");
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //conectando a rede
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Conectado à rede WiFi com endereço IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  sensor.begin();
}
```

```

numeroSensores = sensor.getDeviceCount(); //Número de sensores de temperatura
delay(1000); //Tempo de 1 segundo
lcd.init(); // INICIA A COMUNICAÇÃO COM O DISPLAY
lcd.backlight(); // LIGA A ILUMINAÇÃO DO DISPLAY
lcd.clear(); // LIMPA O DISPLAY
}
//-----
void loop()
{
float temperaturas[numeroSensores]; //Declara a variável como número inteiro
float soma=0; //Declara a variável como número inteiro
unsigned long tempo = millis(); //Declara a variável como número inteiro
Serial.print("Numero sensores: "); //Inicia a serial
Serial.println(numeroSensores); //Informa os sensores e pula para próxima linha
sensor.requestTemperatures(); //Variável da biblioteca
for (int i = 0;i<numeroSensores; i++) //Inicialização; condição; incremento dos sensores
{
//Se for fazer um tratamento de erro da leitura é aqui
temperaturas[i] = sensor.getTempCByIndex(i);
Serial.print(i); //Imprime na serial com os valores da temperatura
Serial.print(" = ");
Serial.print(temperaturas[i]);
Serial.println(" °C ");
//Caso tenha um tratamento de erro de leitura... inserir aqui
soma = soma+temperaturas[i];
}
//Soma dos valores dos valores dos sensores e dividindo pela a quantidade de sensores
float mediaTemperatura = soma / (numeroSensores);
Serial. Print("Luminosidade: "); //Imprime na serial com os valores da luminosidade
Serial.println(analogRead(pinoLDR));
for(int i=0;i<=numeroReles;i++) //Desligando relé/s
digitalWrite(reles[i],LOW); //Desligando relé/s
bool ligado = false;
//Se a temperatura for maior ou igual a 35°C ou 1 hora sem revolvimento e estando no período diurno
if (((mediaTemperatura >=35 ) || (tempo - tempoUlt > 3600000)) && (analogRead(pinoLDR) >=2200 ))
{
for(int i=0;i<=numeroReles;i++) { //Ligando relé/s
digitalWrite(reles[i],HIGH); //Ligando relé/s
}
ligado = true;
Serial.print("LIGAR-REVOLVER"); //Imprime na serial
lcd.setCursor(1, 1); //Informa a linha e coluna no display
lcd.print("REVOLVENDO "); //Informa que o café está sendo revolvido
delay(300000); //espera 5 minutos para revolvimento (pode ser alterado)
//-----
lcd.setCursor(1, 1); //Informa a linha e coluna no display
lcd.print("FIM "); //Informa que terminou o revolvimento
delay(1500); //Tempo de exibição da frase de 1,5 segundos
for(int i=0;i<=numeroReles;i++) { //Desligando relé/s
digitalWrite(reles[i],LOW); //Desligando relé/s
}
//-----
tempo = millis(); //Variável tempo
tempoUlt = tempo;
contador = contador + 1; //Fazendo a contagem de quantas vezes foi revolvido e somando mais 1
//-----
Serial.println(); //Próxima linha do serial
Serial.print("vezes REVOLVIDO:"); //Informa quantas vezes foi revolvido no serial
Serial.print(" = ");
Serial.println(contador + 1);
lcd.setCursor(1, 1); //Informa a linha e coluna no display
lcd.print("vezes: ");
lcd.print(contador + 1); //Número de revolvimento no display
delay (2000); //Tempo de exibição da frase de 2 segundos
}
//-----

```

```

Serial.print("Média da Temperatura = "); //Imprime na serial as médias dos valores da temperatura
Serial.print(mediaTemperatura); //Imprime os valores da temperatura
Serial.println(" °C ");
lcd.setCursor(0, 0); //Informa a linha e coluna no display
lcd.print(mediaTemperatura); //Temperatura atual no display
lcd.print(" Celsius");

//-----
if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){ //Verifique o status da conexão Wi-Fi
  WiFiClient client;
  HTTPClient http;
  http.begin(client, serverName); //Seu nome de domínio com caminho de URL ou endereço IP com caminho
  // Se você precisar de uma solicitação HTTP com um tipo de conteúdo: application / json, use o seguinte:
  http.addHeader("Content-Type", "application/json");
  StaticJsonBuffer<300> JSONbuffer;
  JsonObject& JSONencoder = JSONbuffer.createObject();
  JSONArray& array = JSONencoder.createNestedArray("temperaturas");
  for(int i=0; i<numeroSensores; i++) {
    array.add(temperaturas[i]);
  }
  JSONencoder["ligado"] = ligado; //o servidor recebe a informação se o revolvedor está ligado ou não
  JSONencoder["motivo"] = "Temperatura";
  char json[300];
  JSONencoder.printTo(json, sizeof(json));
  Serial.println(json);
  int httpResponseCode = http.POST(json);
  int getCode = http.GET();
  if(getCode == 200) {
    String ccc = http.getString();
    if(ccc.equals("Ligar")) {
      ligado = true; //o servidor envia a informação para ligar o revolvedor
      Serial.println("ligando");
      for(int i=0; i<numeroReles; i++)
        digitalWrite(reles[i], HIGH);
    }
    else {
      ligado = false; //o servidor envia a informação para desligar o revolvedor
      Serial.println("desligando");
      for(int i=0; i<numeroReles; i++)
        digitalWrite(reles[i], LOW);
    }
  }
}
// Se você precisar de uma solicitação HTTP com um tipo de conteúdo: texto / simples
Serial.print("HTTP Response code: "); //Código de resposta HTTP
Serial.println(httpResponseCode);
http.end();
}
else {
  Serial.println("WiFi Desconctado");
}
Serial.print("Luminosidade: "); //Imprime na serial com os valores da luminosidade
Serial.println(analogRead(pinoLDR));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Luminosidade:"); //Luminosidade atual no display
lcd.print(analogRead(pinoLDR)); //Luminosidade atual no display
delay(1500); //Tempo de exibição da frase de 1,5 segundos
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" IFES Itapina "); //Informa o nome da intuição
delay(3000000); //Tempo de 5 minutos segundo e depois começa um novo loop novamente, e pode ser alterado
}

```

## APÊNDICES

O servidor web foi implementado na linguagem de programação *Python* (Python Software Foundation, <https://www.python.org/>), utilizando o gerenciador de banco de dados *SQLite* (<https://www.sqlite.org/>) e os seguintes frameworks e bibliotecas:

- *Flask* (Pallets Projects, <https://palletsprojects.com/p/flask/>)
- *SQLAlchemy* (BAYER, M. <https://www.sqlalchemy.org/>)
- *Flask-SQLAlchemy* (Pallets Projects, <https://flask-sqlalchemy.palletsprojects.com/>)
- *python-dotenv* (KUMAR, S. <https://github.com/theskumar/python-dotenv/>)

Para se comunicar com o microcontrolador ESP 32 e receber os dados dos sensores foi definido que os dados seriam enviados por mensagens HTTP em formato JSON (ECMA-404). O servidor disponibiliza rotas para receber esses dados e inseri-los no banco de dados (IMAGENS 1, 2 e 3)

**Imagem 1:** Dependências da aplicação web.

```

pyproject.toml X
C: > Users > Pichau > Desktop > app-revolvedor > pyproject.toml > {} build-system
1  [tool.poetry]
2  name = "app-revolvedor"
3  version = "0.1.0"
4  description = ""
5  authors = ["Daniel Donateli <danieldonateli@outlook.com>"]
6
7  [tool.poetry.dependencies]
8  python = "^3.9"
9  Flask = "^2.0.1"
10 python-dotenv = "^0.19.0"
11 SQLAlchemy = "^1.4.23"
12 Flask-SQLAlchemy = "^2.5.1"

```

Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli

**Imagem 2:** Implementação de uma rota para receber os dados do microcontrolador.

```

22 # Endpoint para receber os dados do revolvedor
23 @app.route('/api/<int:revolvedor_id>', methods=['GET','POST'])
24 def api_revolvedor(revolvedor_id):
25     if request.method == 'POST':
26         request_time = datetime.datetime.now() # Armazenar o tempo em que recebeu a requisição HTTP
27         data = request.get_json()
28
29         # Validar dados
30         if data:
31             if data['temperaturas'] and data['motivo']:
32                 revolvedor = db.get_revolvedor(revolvedor_id) # Buscar no banco de dados o revolvedor que enviou a requisição
33
34                 # Resposta em caso de não encontrar o revolvedor
35                 if revolvedor == None:
36                     return Response(status=404)
37
38                 # Incrementar o id
39                 novo_id = 1
40                 novo_id += len(Medida.query.all())
41
42                 # Criar novo conjunto de medidas
43                 m = Medida(id_medida=novo_id, id_revolvedor=revolvedor_id, temperaturas=data['temperaturas'], ligado=LIGAR, motivo=data['motivo'], datetime=request_time)
44
45                 # Registrar no banco de dados
46                 db.db_session.add(m)
47                 db.db_session.commit()
48
49                 return Response(status=200) # Resposta em caso de sucesso
50                 return Response(status=400) # Resposta em caso de requisição inválida
51
52 # Retornar o estado do revolvedor
53 if request.method == 'GET':
54     if LIGAR:
55         return 'Ligar'
56     else:

```

Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli

**Imagem 3:** Como os dados estão estruturados dentro da aplicação para serem armazenados no banco de dados.

```

9 class Revolvedor(Base):
10     __tablename__ = 'revolvedor'
11     id_revolvedor = Column(Integer, primary_key=True)
12     nome = Column(String(50))
13     login = Column(String(20), unique=True)
14     senha = Column(String(80))
15     medida = relationship('Medida')
16
46 class Medida(Base):
47     __tablename__ = 'medida'
48     id_medida = Column(Integer, primary_key=True)
49     date = Column(DATE)
50     time = Column(TIME)
51     t1 = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
52     t2 = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
53     t3 = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
54     t4 = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
55     t5 = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
56     media = Column(NUMERIC(3, 1, asdecimal=False))
57     ligado = Column(Boolean)
58     motivo = Column(String(20))
59     id_revolvedor = Column(Integer, ForeignKey('revolvedor.id_revolvedor'))

```

Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli

A interface web responsiva foi desenvolvida com *Jinja2*, uma *template engine* disponibilizada pelo framework *Flask*. O *Jinja2* é capaz de gerar páginas *HTML* dinâmicas baseadas em *templates* substituindo variáveis por dados fornecidos pela aplicação web (IMAGEM 4).

**Imagem 4:** Template que gera a página acessada pelo usuário.

```

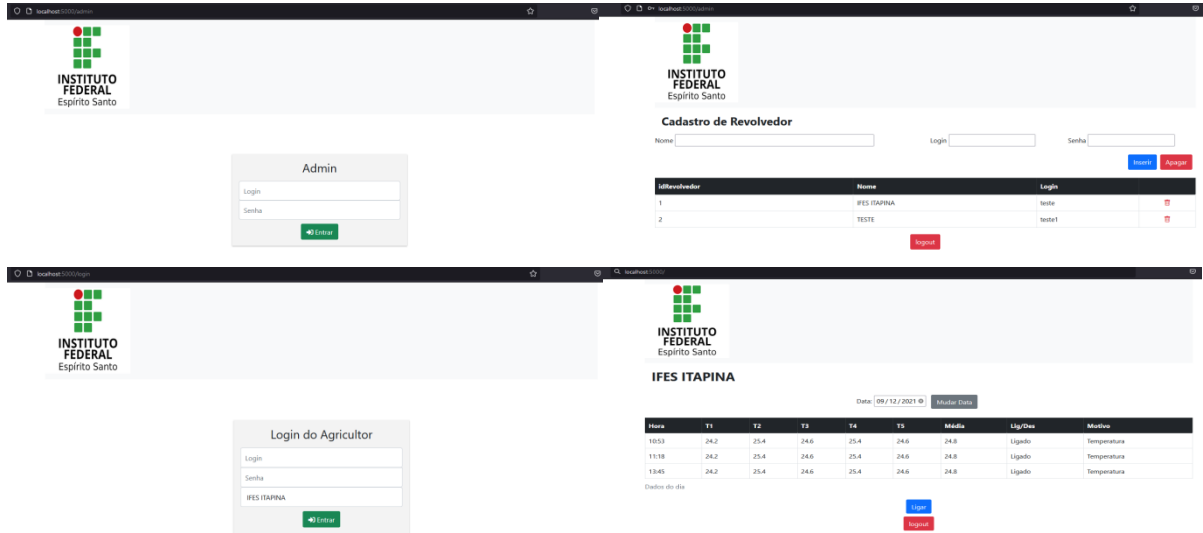
app_revolvedor > templates > user_dashboard.html > form.form-inline > div.col-sm.m-2.p-2.text-center > button.btn.btn-secondary.m-2
1  {% extends 'base.html' %}
2
3  {% block content %}
4
5  <form action="/change_date" method="POST" class="form-inline">
6  <h2 class="m-2 p-2"><strong>{{ revolvedor.nome }}</strong></h2>
7  <div class="col-sm m-2 p-2 text-center">
8      <label for="start">Data:</label>
9      <input type="date" class="" id="date-picker" name="date-picker"
10         value="{{ date.strftime('%Y-%m-%d') }}">
11
12         <button class="btn btn-secondary m-2">Mudar Data</button>
13     </div>
14 </form>
15
16
17 <div class="table-responsive">
18     <table class="table table-bordered table-hover">
19         <caption>Dados do dia</caption>
20
21         <thead class="table-dark">
22             <tr>
23                 <th scope="col">Hora</th>
24                 <th scope="col">T1</th>
25                 <th scope="col">T2</th>
26                 <th scope="col">T3</th>
27                 <th scope="col">T4</th>
28                 <th scope="col">T5</th>
29                 <th scope="col">Média</th>
30                 <th scope="col">Lig/Des</th>
31                 <th scope="col">Motivo</th>
32             </tr>
33         </thead>
34
35         <tbody>
36             {% for medida in medidas %}
37             <tr>
38                 <td>{{ medida.time.strftime('%H:%M') }}</td>
39                 <td>{{ medida.t1 }}</td>
40                 <td>{{ medida.t2 }}</td>
41                 <td>{{ medida.t3 }}</td>
42                 <td>{{ medida.t4 }}</td>
43                 <td>{{ medida.t5 }}</td>
44                 <td>{{ "%.1f"|format(medida.media) }}</td>
45                 <td>{{ 'Ligado' if medida.ligado else 'Desligado' }}</td>
46                 <td>{{ medida.motivo }}</td>
47             </tr>
48             {% endfor %}
49         </tbody>

```

Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli

Também foi criada uma tela (IMAGEM 5) para um usuário administrador, que é capaz de cadastrar novos revolvedores. Quando a aplicação está sendo executada, ela serve páginas para o usuário acessar os dados do revolvedor e ao mesmo tempo está esperando e recebendo dados do microcontrolador (IMAGEM 6).

Imagem 5: Passo a passo da Tela de login do administrador.



Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli

Imagem 6: Terminal monitorando as requisições recebidas pelo servidor web.

```

MINGW64:/c:/Users/Pichau/Desktop/app-revolvedor
r:\routes.py', reloading

* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 356-757-971
* Running on http://127.0.0.1:5000/ (Press CTRL+C to quit)
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:50] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:50] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:50] "GET /static/logo.png HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:53] "POST /change_date HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:53] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:53] "GET /static/logo.png HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:56] "POST /change_date HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:56] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:49:56] "GET /static/logo.png HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:01] "POST /change_date HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:01] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:01] "GET /static/logo.png HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:04] "POST /change_date HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:04] "GET /static/style.css HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:04] "GET /static/logo.png HTTP/1.1" 304 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:50:16] "GET /change_date HTTP/1.1" 405 -
127.0.0.1 - - [14/Sep/2021 13:53:22] "POST /api/1 HTTP/1.1" 200 -

```

Fonte: Membro da equipe Daniel Donateli