

## **AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA PEQUENAS E MÉDIAS FAZENDAS: UMA ABORDAGEM PARA OTIMIZAR A PRODUÇÃO DE GRÃOS E LEITE**

*ASSIS, Renan Neves de Souza<sup>1</sup>*  
*TEIXEIRA, Wesley Carminat<sup>2</sup>*  
*ABRITTA, Camila do Carmo Almeida<sup>3</sup>*  
*PICCININI, Marco Aurélio<sup>4</sup>*

Linha de pesquisa: Automação

### **RESUMO**

Este projeto propõe o desenvolvimento de uma ferramenta de automação e controle baseada na linguagem de programação C++ para microcontroladores Arduino, utilizando o módulo wireless NRF24L01 como meio de comunicação por rádio frequência. Este transceptor, de baixo custo e baixo consumo de energia, opera na faixa de 2,4 GHz e é amplamente aplicado em projetos de comunicação sem fio para dispositivos Arduino, sendo ideal para curtas e médias distâncias. Com alcance de até 1 km em áreas urbanas, dependendo das condições de instalação — como obstruções por edificações, topografia do terreno e características das antenas —, a tecnologia wireless apresenta-se como uma solução eficiente para transmissão de dados em locais de difícil acesso, com consumo energético mínimo. O objetivo do projeto é desenvolver um protótipo para coleta e análise de dados, aplicando-o à agricultura e pecuária de precisão em pequenas e médias fazendas. A solução visa resolver desafios no plantio de grãos e na produção de leite, promovendo a automação e a tomada de decisões informadas, ao mesmo tempo em que incentiva práticas de baixo custo para aumentar a eficiência e sustentabilidade no campo.

**Palavras-chave:** Arduino. Comunicação sem fio. Análise dados. Eficiência.

### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos e leite, e as pequenas e médias propriedades, frequentemente conhecidas como agricultura familiar, são as principais responsáveis por essa produção. Segundo Wanderley (2009), a agricultura familiar é descrita pela prática agrícola conduzida por uma família que, além de ser proprietária

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia – UniAcademia

<sup>2</sup> Professor Me. do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

<sup>3</sup> Professora Ma. do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

<sup>4</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

dos meios de produção, também atua diretamente nas atividades produtivas. As pequenas e médias propriedades são responsáveis pela maior parte da produção de alimentos consumidos diariamente pelos brasileiros, chegando até a 70% de itens como milho, arroz, soja, queijo, mandioca, feijão, frutas, hortaliças e leite (Planeta Campo, 2024).

No Brasil, o leite é um dos seis produtos mais importantes da agropecuária brasileira, sendo essencial no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (Perobelli, 2018). Como os grãos, esta atividade é desenvolvida em pequenas e médias propriedades rurais, sendo comum, o trabalho familiar. Responsáveis por 58% do leite consumido no Brasil, as pequenas e médias propriedades desempenham um papel crucial. Essa atividade não apenas gera renda para as famílias envolvidas, mas também contribui para a permanência de mais de 12 milhões de pessoas na zona rural, fortalecendo a agricultura familiar (IBGE, 2006).

Usualmente se associa a agricultura familiar à produção mais rudimentar, com poucos trabalhadores assalariados e vista com muito pouca ou nenhuma tecnologia aplicada. Porém, atualmente para se manter competitivo, com grandes agropecuários, na área do agronegócio, o pequeno proprietário rural vem tentando se especializar e se moldar às novas tecnologias e exigências do mercado. Mas em geral o pequeno e médio proprietário rural investem menos, pois tem mais aversão ao risco que os grandes produtores, já vez que possuem menos recursos disponíveis e um grande investimento poderia diminuir a margem de lucro e/ou encarecer seus produtos. Em geral, no Brasil, a produção agrícola e agropecuária tem baixo uso de tecnologias, principalmente na produção do leite, refletindo diretamente na baixa produtividade.

A agricultura mundial está cada dia mais conectada, agricultores estão investindo em tecnologia no campo. Todos os componentes na fazenda enviam dados entre si, gerando uma “conversa” entre máquina e implementos e novos dados são gerados a todo instante. Já se usa internet das coisas (IoT) no campo, mas no Brasil, não é algo usual devido a diversos problemas como, falta de infraestrutura de rede, preço elevado de novas tecnologias e falta de informação.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Frente ao desafio apresentado, o objetivo é aprofundar a compreensão dos sistemas de produção com monitoramento remoto, visando a aplicação dessa prática de intensificação produtiva para impulsionar positivamente a produção. Em cenários com mobilidade limitada, acesso complicado e recursos escassos, os produtores enfrentam crescentes dificuldades em manter seus empreendimentos.

Com o sistema em monitoramento, o processo consegue ser otimizado, podendo ser tomadas decisões de forma automática, fazendo com que a manutenção seja mais simples, o tempo gasto com deslocamento, atividades e análise seja menor, com isso a expansão seja viável.

Sendo assim, a implementação de um sistema de monitoramento remoto, combinando e utilizando uma placa de prototipagem eletrônica Arduino, com seus periféricos, e um sistema de rádio frequência, surgiu da necessidade de concentrar informações da fazenda, a fim de que o produtor possa ter um melhor controle e diagnóstico e produção dos seus insumos.

Um exemplo prático dessa abordagem pode ser apresentado no uso de tecnologias de monitoramento remoto na agricultura de precisão, conforme proposto por Rinaldi *et al.* (2018) em seu estudo sobre a implementação de sensores em tempo real. Eles demonstram como esses sensores podem otimizar o uso de recursos hídricos, possibilitando a coleta de dados instantânea sobre as condições do solo e do clima. Isso permite que os agricultores façam ajustes imediatos em suas práticas de supervisão e fertilização, resultando em maior eficiência e produtividade.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é abordar o problema da eficiência e produtividade no plantio de grãos e na produção de leite em pequenas e médias fazendas, por meio do desenvolvimento de estudos e projetos baseados em tecnologia de Internet das Coisas (IoT). O propósito central é automatizar e gerar informações aos produtores para tomar decisões mais informadas no cotidiano. Utilizando o microcontrolador Arduino e os módulos e sensores correspondentes como fundamento, este estudo e

projeto demonstram a viabilidade de melhorias significativas nessas propriedades, sem requerer um investimento substancial, o que, por sua vez, mantém os custos dos produtos em níveis acessíveis.

### 1.3 MOTIVAÇÃO

Uma motivação central para o objetivo proposto é a necessidade de enfrentar os crescentes desafios na agricultura, especialmente em pequenas e médias fazendas. Essas propriedades frequentemente operam com recursos limitados, enfrentando restrições orçamentárias significativas e a pressão constante para aumentar a eficiência e a produtividade, a fim de permanecerem competitivas no mercado (Silva, 2020).

A agricultura moderna exige tomadas de decisões rápidas e informadas para otimizar a produção, minimizar perdas e maximizar a eficácia dos recursos disponíveis. A introdução da tecnologia IoT nesse contexto oferece uma oportunidade única para aprimorar a gestão das operações agrícolas. Ela permite a coleta de dados em tempo real sobre condições ambientais, como temperatura, umidade e nível de água, além de dados sobre o estado de equipamentos e animais, como o gado em fazendas de produção de leite. Essas informações em tempo real capacitam os agricultores a tomar decisões mais precisas e oportunas, desde ajustar a irrigação até monitorar a saúde do gado.

O uso do microcontrolador Arduino e dos módulos e sensores correspondentes como base para essas soluções torna o projeto acessível para fazendeiros com recursos limitados, tornando a adoção da IoT viável em pequenas e médias propriedades rurais. Isso é importante porque ajuda a nivelar o campo de jogo, permitindo que agricultores de diferentes tamanhos de operações se beneficiem das vantagens da automação e da coleta de dados.

Além disso, ao manter os custos dos produtos em níveis acessíveis, esse objetivo também contribui para tornar a agricultura mais sustentável e acessível, permitindo que os produtores atendam à crescente demanda por alimentos de alta qualidade e minimizem o impacto ambiental, atendendo às demandas do mercado: “a transformação digital tem assumido o protagonismo no meio rural, tornando-se um

importante fio condutor de demandas de mercados consumidores atentos à sustentabilidade da produção no campo” (Bolfe, 2022).

Portanto, a motivação principal para esse objetivo é melhorar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade das pequenas e médias fazendas, capacitando os agricultores com as ferramentas necessárias para tomar decisões informadas e bem fundamentadas em suas operações diárias.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A agricultura brasileira, especialmente as pequenas e médias propriedades, desempenha um papel crucial na produção de alimentos, mas enfrenta desafios relacionados à falta de recursos financeiros e tecnológicos. Ao contrário dos grandes produtores, esses agricultores dependem de métodos tradicionais, o que limita sua produtividade e os torna mais vulneráveis a crises.

A automação de baixo custo surge como uma solução viável, utilizando tecnologias como microcontroladores Arduino e sensores para coletar e analisar dados em tempo real. Isso permite otimizar processos agrícolas, como irrigação e monitoramento do clima, contribuindo para a sustentabilidade e competitividade.

Nesse contexto, o referencial teórico do presente trabalho tem como objetivo apresentar os fundamentos conceituais e técnicos que embasam o desenvolvimento de um sistema de automação acessível para pequenas e médias fazendas. Serão discutidos conceitos centrais como agricultura de precisão, Internet das Coisas (IoT), e tecnologias de monitoramento remoto, além de serem exploradas as potencialidades de ferramentas de baixo custo, como o Arduino e o módulo de rádio NRF24L01.

Ao longo deste capítulo, serão apresentados estudos e pesquisas que reforçam a importância da modernização tecnológica no agronegócio e que sustentam a viabilidade técnica e econômica da solução proposta. Assim, espera-se que os fundamentos aqui descritos proporcionem um entendimento claro e embasado sobre como a automação pode transformar a gestão de pequenas propriedades, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e competitividade no setor agrícola.

## 2.1 AUTOMAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO

A automação agrícola tem revolucionado o setor agropecuário ao integrar tecnologias que permitem maior controle, eficiência e sustentabilidade nos processos produtivos. Atualmente, é possível observar uma crescente integração da tecnologia aos métodos de cultivo e produção agropecuária, com o objetivo de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos (Cultura Mix, 2010). No centro dessa transformação está a agricultura de precisão, um conceito que utiliza dados em tempo real e ferramentas tecnológicas para gerenciar recursos de forma otimizada. Esse modelo visa maximizar a produtividade, reduzir custos e minimizar impactos ambientais, promovendo uma gestão mais eficaz das atividades rurais.

### 2.1.1 Conceito de Agricultura de Precisão

A agricultura de precisão baseia-se na coleta, análise e aplicação de dados para melhorar as práticas agrícolas. Por meio de sensores, sistemas de GPS, drones e softwares, é possível monitorar variáveis como umidade do solo, temperatura, condições climáticas e saúde das culturas. Essa abordagem permite ajustes precisos, como a aplicação de fertilizantes e irrigação em áreas específicas, resultando em maior rendimento com menor desperdício de recursos.

No contexto brasileiro, onde predominam pequenas e médias propriedades, a adoção de tecnologias de precisão tem avançado de forma limitada devido a desafios econômicos e de infraestrutura. No entanto, soluções de baixo custo, como as baseadas em microcontroladores Arduino, oferecem um caminho viável para democratizar essas práticas, especialmente entre agricultores familiares (Lamparelli, 2022).

### 2.1.2 Automação na Agricultura

A automação na agricultura refere-se ao uso de máquinas e sistemas automatizados para realizar tarefas antes feitas manualmente. Essa abordagem permite maior precisão e eficiência, reduzindo o tempo de trabalho e o esforço físico necessário para atividades como plantio, colheita e monitoramento.

O desenvolvimento de sistemas automáticos com sensores integrados e comunicação sem fio tem permitido que os agricultores acessem dados em tempo real

de suas propriedades. Por exemplo, sensores de umidade e temperatura podem informar quando irrigar as plantações, enquanto dispositivos de monitoramento climático auxiliam no planejamento de colheitas. Essas ferramentas não apenas aumentam a produtividade, mas também ajudam a conservar recursos naturais, como água e energia.

### **2.1.3 Integração com Internet das Coisas (IoT)**

A Internet das Coisas (IoT) tem desempenhado um papel fundamental na modernização da agricultura. Essa tecnologia conecta dispositivos e sistemas, permitindo que eles "conversem" entre si e enviem dados para uma plataforma centralizada. No campo, isso significa que sensores, máquinas e sistemas de controle podem trabalhar em conjunto para monitorar e gerenciar operações automaticamente (Sokolova, 2021).

Um exemplo prático é o uso de sistemas IoT para monitorar o solo e o clima em tempo real, enviando informações para uma central de controle que analisa os dados e sugere ações corretivas. Essa abordagem não apenas otimiza os processos, mas também reduz a dependência de intervenções humanas, tornando as operações mais eficientes e precisas.

## **2.2 TECNOLOGIAS DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO**

A aplicação de tecnologias de baixo custo na agricultura tem ganhado destaque como uma alternativa viável para pequenos e médios produtores enfrentarem os desafios impostos pelo mercado.

### **2.2.1 O Papel do Arduino na Automação Agrícola**

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em hardware e software de código aberto, amplamente utilizada em projetos de automação

Essa tecnologia é ideal para aplicações no campo, como monitoramento de condições ambientais, controle de irrigação, e rastreamento de variáveis climáticas. Por exemplo, sensores conectados a um Arduino podem medir temperatura, umidade e luminosidade, enquanto atuadores controlam dispositivos como bombas d'água e motores elétricos. Com essas capacidades, o Arduino oferece uma base eficiente para



criar sistemas personalizados que automatizam tarefas agrícolas com investimentos mínimos (Viana, 2020).

### 2.2.2 Comunicação Sem Fio com NRF24L01

A comunicação sem fio é um componente essencial para automatizar processos em propriedades rurais, onde as condições geográficas frequentemente dificultam o uso de cabeamento. O módulo NRF24L01 destaca-se como uma solução eficiente e de baixo custo para estabelecer conexões entre dispositivos.

Este módulo opera na faixa de frequência de 2,4 GHz, com alcance de até 1 km, dependendo das condições do terreno e do tipo de antena utilizada. Ele permite a troca de informações entre sensores e uma central de controle, viabilizando o monitoramento remoto de diferentes áreas da propriedade. Além disso, sua eficiência energética e simplicidade de integração com o Arduino tornam o NRF24L01 uma escolha ideal para projetos agrícolas de pequeno porte.

### 2.2.3 Benefícios das Soluções de Baixo Custo

As tecnologias de baixo custo oferecem uma série de vantagens para pequenos e médios agricultores, incluindo:

- **Acessibilidade financeira:** Produtos como Arduino e NRF24L01 têm preços significativamente menores do que soluções proprietárias de alta tecnologia.
- **Flexibilidade e personalização:** Os sistemas podem ser adaptados às necessidades específicas de cada propriedade, permitindo um melhor aproveitamento dos recursos.
- **Simplicidade de implementação:** A facilidade de integração entre os componentes reduz a necessidade de conhecimentos avançados em eletrônica e programação.
- **Expansibilidade:** Projetos iniciados com poucos sensores podem ser ampliados à medida que os produtores identificam novas demandas.

Dessa forma, a combinação de microcontroladores acessíveis, módulos de comunicação e sensores econômicos representa uma solução poderosa para a automação agrícola, promovendo eficiência e modernização mesmo em propriedades com recursos limitados.



## 2.3 COMUNICAÇÃO SEM FIO NO AGRONEGÓCIO

A comunicação sem fio desempenha um papel central na modernização do agronegócio, conectando dispositivos e sistemas que monitoram e controlam operações em áreas rurais. Essa tecnologia tem sido especialmente útil em propriedades agrícolas que enfrentam desafios como a dificuldade de acesso e a falta de infraestrutura para cabeamento.

### 2.3.1 Importância da Comunicação Sem Fio no Campo

A integração de tecnologias sem fio no agronegócio permite que dados de sensores e dispositivos espalhados pela propriedade sejam transmitidos em tempo real para uma central de controle. Essa comunicação é essencial para o monitoramento remoto de variáveis como condições climáticas, umidade do solo e saúde das culturas.

Em um cenário onde muitas propriedades rurais estão localizadas em áreas remotas com conectividade limitada, o uso de sistemas sem fio garante uma solução prática e acessível. Além disso, a ausência de cabeamento reduz custos de instalação e manutenção, tornando a tecnologia mais atraente para pequenos produtores.

### 2.3.2 Exemplos de Aplicações no Agronegócio

A comunicação sem fio tem diversas aplicações práticas no campo, incluindo:

- **Monitoramento de variáveis ambientais:** Sensores de temperatura, umidade e luminosidade enviam dados em tempo real para ajustar práticas como irrigação e ventilação.
- **Controle remoto de equipamentos:** Sistemas automáticos podem ativar ou desativar bombas d'água, máquinas e iluminação, reduzindo o trabalho manual.
- **Diagnóstico de equipamentos e infraestrutura:** Informações sobre o funcionamento de motores, bombas e outras máquinas ajudam na manutenção preditiva, evitando falhas e reduzindo custos operacionais.

Essas aplicações demonstram como a comunicação sem fio pode aumentar a eficiência operacional e permitir uma gestão mais estratégica dos recursos.

### **2.3.3 Impactos na Sustentabilidade e Competitividade**

Ao viabilizar o uso de sistemas de automação e monitoramento remoto, a comunicação sem fio contribui diretamente para a sustentabilidade e competitividade das pequenas e médias propriedades. Ela possibilita a otimização do uso de recursos naturais, como água e energia, ao mesmo tempo em que reduz custos e aumenta a produtividade.

Além disso, ao promover maior eficiência e permitir acesso a dados em tempo real, os produtores podem se adaptar melhor às exigências do mercado e às condições climáticas, fortalecendo sua posição no setor agrícola.

## **2.4 BENEFÍCIOS E IMPACTOS DA AUTOMAÇÃO**

A automação tem transformado significativamente o setor agrícola, trazendo benefícios que vão desde o aumento da produtividade até a redução de custos e o fortalecimento da sustentabilidade. Para pequenos e médios produtores, a implementação de sistemas automatizados representa uma oportunidade crucial de superar desafios históricos, como a escassez de mão de obra, o uso ineficiente de recursos naturais e a dificuldade de competir com grandes propriedades (Rosa, 2023).

## **2.5 CONEXÃO COM O PROJETO**

O desenvolvimento de um sistema de automação para pequenas e médias propriedades, como proposto neste trabalho, reflete diretamente os conceitos e fundamentos apresentados ao longo deste capítulo. A integração de tecnologias acessíveis, como o Arduino, sensores de baixo custo e o módulo de comunicação sem fio NRF24L01, demonstra a viabilidade técnica e econômica de modernizar práticas agrícolas com recursos limitados.

### **2.5.1 Alinhamento com a Agricultura de Precisão**

A proposta deste projeto está alinhada aos princípios da agricultura de precisão, que busca otimizar o uso de insumos e recursos agrícolas por meio de dados coletados em tempo real. O sistema desenvolvido utiliza sensores para monitorar variáveis ambientais como temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ajustes.

Por exemplo, o uso de sensores de umidade do solo possibilita a ativação automatizada de sistemas de irrigação, garantindo o uso eficiente de água e promovendo a saúde das culturas. Essa abordagem está de acordo com os objetivos da agricultura de precisão, que visa maximizar a produtividade e minimizar desperdícios.

### **2.5.2 Viabilidade de Soluções de Baixo Custo**

O foco em tecnologias de baixo custo, como o Arduino e o NRF24L01, atende às necessidades específicas de pequenos e médios produtores, que frequentemente enfrentam limitações financeiras para investir em soluções mais complexas. O projeto mostra como esses componentes, combinados com uma programação eficiente, podem criar sistemas robustos e personalizáveis para diferentes cenários agrícolas.

Além disso, a simplicidade de implementação e operação do sistema permite que agricultores com pouca experiência técnica adotem a automação em suas propriedades, democratizando o acesso a tecnologias inovadoras.

### **2.5.3 Sustentabilidade e Eficiência no Campo**

Outro aspecto fundamental do projeto é sua contribuição para a sustentabilidade das operações agrícolas. Ao permitir o monitoramento preciso e o controle remoto de variáveis ambientais, o sistema reduz o consumo de recursos naturais, como água e energia, e minimiza perdas por manejo inadequado.

Esse impacto sustentável não apenas beneficia o meio ambiente, mas também melhora a competitividade das propriedades, que passam a operar de forma mais eficiente e a produzir alimentos de qualidade com menor custo.

### **2.5.4 Integração com a Realidade das Propriedades Rurais**

A implementação do sistema considera os desafios práticos enfrentados pelos agricultores, como a falta de infraestrutura em áreas remotas e a necessidade de soluções confiáveis em terrenos de difícil acesso. A comunicação sem fio via NRF24L01, por exemplo, supera a limitação de cabeamentos e possibilita o funcionamento do sistema em locais com mobilidade reduzida.

Além disso, o uso do software PLX-DAQ para a coleta e visualização de dados em tempo real facilita o gerenciamento das informações, permitindo que os produtores tenham maior controle sobre as condições de sua propriedade e possam tomar decisões informadas de forma ágil.

### **2.5.5 Contribuições do Projeto**

O sistema de automação proposto neste trabalho não apenas moderniza as práticas agrícolas, mas também demonstra o potencial de soluções tecnológicas acessíveis para transformar o setor agropecuário. Ele oferece uma alternativa prática e econômica para pequenos e médios produtores enfrentarem desafios de competitividade e eficiência, promovendo a sustentabilidade e a inovação no campo.

Com base nos fundamentos teóricos apresentados, o projeto reforça que a automação não é apenas uma opção, mas uma necessidade para garantir a viabilidade econômica e ambiental das propriedades rurais em um cenário de demandas crescentes e recursos limitados.

## **3 SISTEMA AUTOMÁTICO**

O sistema desenvolvido consiste em adquirir informações cruciais por meio da implementação de sensores em diferentes áreas da fazenda, visando à coleta de dados relevantes para aprimorar a gestão das operações agrícolas. Para alcançar esse propósito, serão empregados sensores específicos, como higrômetros para medir a umidade do ar, termistores para monitorar a temperatura ambiente, higrômetros adicionais para avaliar a umidade do solo e fotorresistores para quantificar a luminosidade presente em diversos pontos da propriedade rural. Então todos esses dados serão redirecionados a um receptor central, onde serão tratados esses dados, exemplificado na (Figura 1).

**FIGURA 1:** Funcionamento do projeto, fazenda “inteligente”



Fonte: Freepik, 2024. (Adaptado pelo Autor)<sup>5</sup>

A gama de parâmetros que serão obtidos através desses sensores é diversificada e abrange informações fundamentais para a tomada de decisões informadas no cotidiano da fazenda. Os parâmetros a serem obtidos incluem:

- **Umidade do Ar:** Através do higrômetro, será possível obter dados precisos sobre a umidade presente no ambiente, fornecendo informações cruciais para a gestão da irrigação, controle de pragas e doenças, bem como a manutenção de condições ideais para o desenvolvimento das culturas.
- **Temperatura:** A utilização de termistores permitirá a medição precisa da temperatura em diferentes pontos da fazenda, sendo essencial para o monitoramento de variações climáticas e o planejamento de cultivos sazonais, além de otimizar o uso de recursos de aquecimento e resfriamento, quando aplicável.
- **Umidade do Solo:** Os higrômetros específicos para o solo fornecerão dados sobre a umidade presente no solo, o que é fundamental para a gestão eficiente da irrigação e a saúde das plantações. Isso possibilita uma economia significativa de recursos hídricos e a prevenção de problemas relacionados à umidade excessiva ou insuficiente do solo.

<sup>5</sup> Disponível em: [https://www.freepik.com/premium-vector/agriculture-field-round\\_84567551.htm](https://www.freepik.com/premium-vector/agriculture-field-round_84567551.htm). Acesso em: 01 ago. 2024.

- **Luminosidade:** Através dos fotoresistores, será possível determinar a quantidade de luz disponível em diferentes áreas da fazenda. Isso é vital para o controle do ciclo de crescimento das plantas, o posicionamento adequado de culturas sensíveis à luz e o gerenciamento de sistemas de iluminação.

Esses parâmetros são essenciais para a gestão agrícola moderna, uma vez que oferecem informações em tempo real que capacitam os agricultores a tomar decisões baseadas em dados concretos, otimizando o uso de recursos, aumentando a produtividade e contribuindo para a sustentabilidade das operações na fazenda. O acesso a essas informações é fundamental para maximizar a eficiência operacional e garantir o sucesso das atividades agrícolas em pequenas e médias propriedades rurais.

## **4 COMPONENTES DO SISTEMA AUTOMÁTICO**

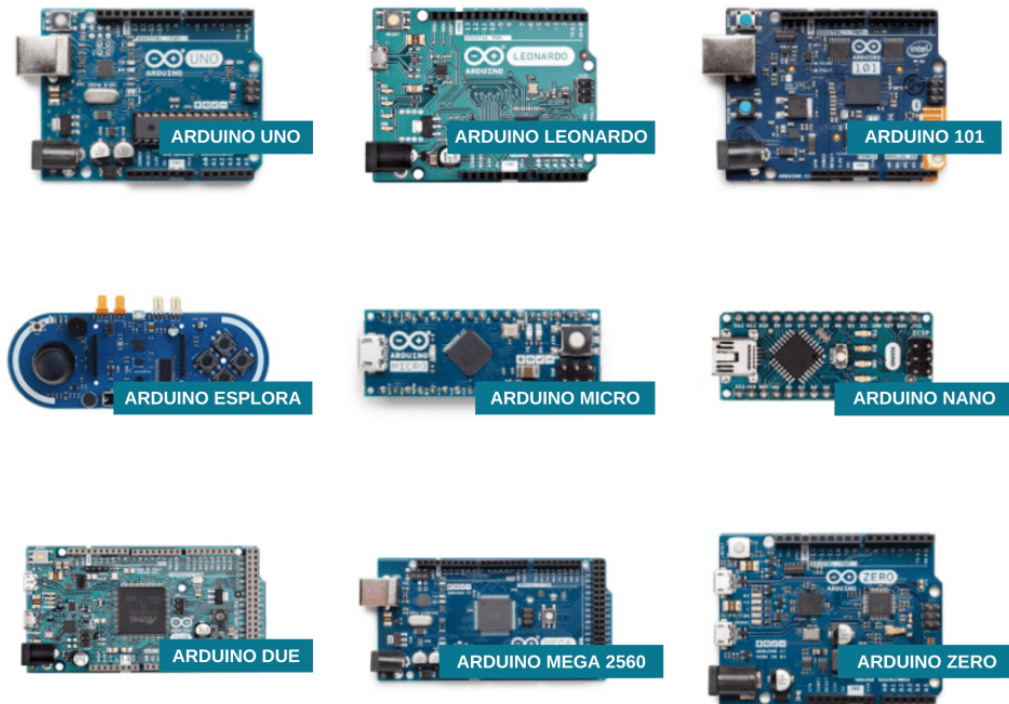
Nesta seção, serão apresentados os componentes para a montagem do sistema automático.

### **4.1 ARDUINO**

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto que combina hardware e software. Ele permite ler informações de sensores, como luz e temperatura, e transformá-las em ações, como ligar luzes ou motores. É amplamente utilizado por estudantes, professores e profissionais, graças a sua acessibilidade e flexibilidade, tornando a eletrônica e a automação mais acessíveis a todos. (Arduino, 2024).

Existem diversos tipos de placas Arduino (Figura 2), como o Uno, Nano, Mega, Due e Leonardo, cada um com características específicas para atender diferentes necessidades e aplicações.

**FIGURA 2:** Tipos de placa Arduino



Fonte: Viana, 2020.<sup>6</sup>

A programação do Arduino é feita utilizando o Software Arduino IDE, um software gratuito disponível para Windows, Mac e Linux. Disponível no site <https://www.arduino.cc/en/software>.

O software do Arduino (Figura 3) é amigável para iniciantes e ao mesmo tempo versátil o suficiente para usuários avançados. Ele é baseado na linguagem de programação C++. As placas Arduino e seus componentes são econômicos em comparação com outras opções de microcontroladores, tornando a eletrônica e a automação mais acessíveis a todos.

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2020/09/16/o-que-e-o-arduino/>. Acesso em: 15 nov. 2024.



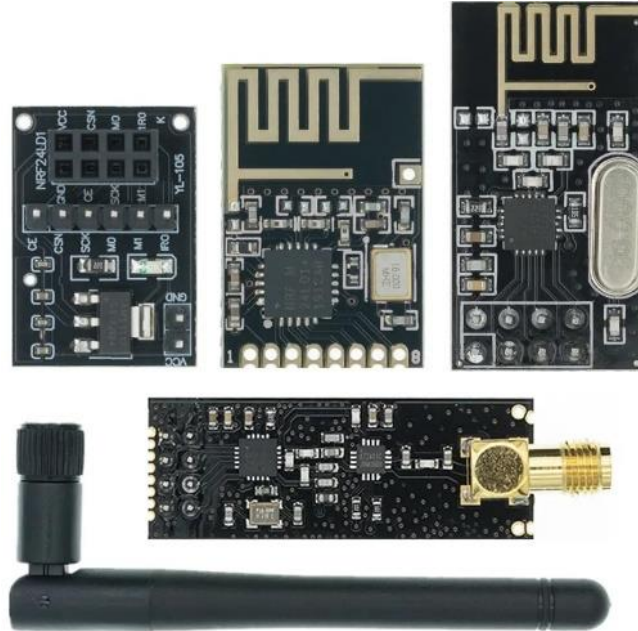
**FIGURA 3:** Arduino IDE 1.8.15

Fonte: Autor, 2024.

## 4.2 MÓDULO À RÁDIO - NRF24L01

O NRF24L01 é um chip de comunicação sem fio de curto/médio alcance que opera na faixa de frequência de 2,4 GHz. O chip é fabricado pela Nordic Semiconductor, e montado em diversas placas (Figura 4) que facilitam seu uso e aumentam seu alcance (Nordic Semiconductor, 2023).

**FIGURA 4:** Montagem do chip NRF24L01 em placa impressa



Fonte: Autor, 2024.

É frequentemente utilizado em aplicações de comunicação sem fio em dispositivos como controles remotos, sensores sem fio, dispositivos de monitoramento e muitos outros. Muito popular devido a seu baixo custo, tamanho compacto, e eficiência energética. Ele suporta comunicação sem fio de curto/médio alcance, até 1km, usando o protocolo de comunicação RF (Radio Frequency) e é capaz de alcançar taxas de transmissão de até 2 Mbps. (Escola Digital Paraná, 2023).

Devido à sua versatilidade e facilidade de uso, o NRF24L01 é comumente utilizado em projetos de eletrônica DIY (faça você mesmo), bem como em aplicações comerciais e industriais que exigem comunicação sem fio de baixo custo e baixo consumo de energia.

#### 4.3 LDR

Um *Light Dependent Resistor* (LDR) (Figura 5), ou Resistor Dependente de Luz em português, é um componente eletrônico que possui a capacidade de variar sua resistência elétrica em resposta à intensidade da luz incidente sobre ele. Também é conhecido como fotoresistor.

**FIGURA 5: LDR**

Fonte: Curto Circuito, 2024.<sup>7</sup>

O funcionamento de um LDR é baseado em seu material semicondutor especial que tem propriedades que permitem uma maior condutividade elétrica quando exposto à luz e uma menor condutividade na ausência de luz. Isso significa que a resistência elétrica do LDR diminui à medida que a luz aumenta e do mesmo modo a resistência aumenta na escuridão (UFRJ, 2023).

Os LDRs são frequentemente utilizados em aplicações onde é necessário detectar ou medir a luz ambiente. Por exemplo, eles são comuns em dispositivos de controle de iluminação automática, como sensores de luz em lâmpadas que acendem quando está escuro e desligam quando está claro. Também são usados em fotocélulas para controlar a iluminação pública e em aparelhos fotográficos para medir a luz disponível e ajustar automaticamente as configurações da câmera.

Esses componentes são valiosos em muitas aplicações onde a automação baseada na luz é necessária, pois permitem que dispositivos e sistemas respondam de maneira eficaz às condições de iluminação do ambiente.

#### 4.4 DHT11

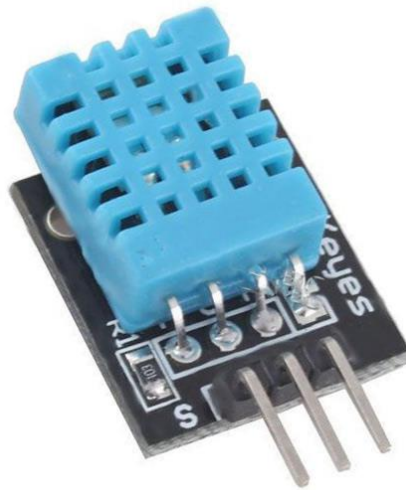
O DHT11 (Figura 6) é um sensor de umidade e temperatura que é frequentemente usado em projetos eletrônicos e de automação. Ele é um componente compacto que pode medir a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente. Esse

---

<sup>7</sup> Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/catalogsearch/result/?q=ldr>. Acesso em: 15 nov. 2024.

sensor é especialmente popular em aplicações de Internet das Coisas (IoT) e projetos de automação residencial devido à sua simplicidade de uso e custo acessível. (Mouser, 2024).

**FIGURA 6:** DHT11



Fonte: Componentes 101, 2021.<sup>8</sup>

O DHT11 possui um elemento sensor que detecta a temperatura e a umidade e converte essas informações em sinais elétricos que podem ser lidos por um microcontrolador, como o Arduino. Ele é capaz de fornecer informações de umidade relativa do ar dentro de uma faixa de 20% a 90% e medições de temperatura na faixa de 0°C a 50°C, com uma precisão razoável.

Esses sensores são amplamente utilizados em projetos que requerem monitoramento ambiental, como sistemas de controle de climatização, sistemas de irrigação, estações meteorológicas caseiras e muito mais. Eles são conhecidos por sua simplicidade de integração e são uma escolha popular para iniciantes em eletrônica e programação devido à facilidade de uso com placas como o Arduino.

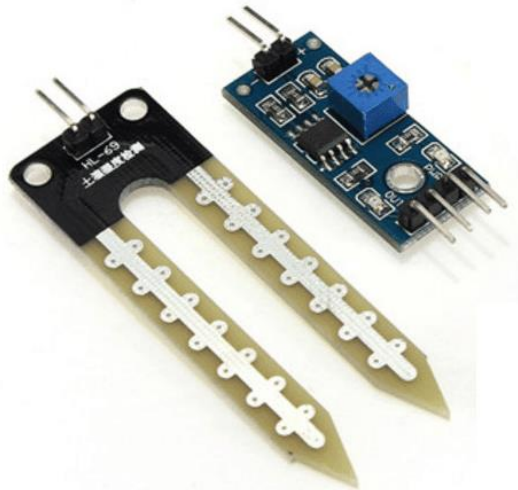
---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor>. Acesso em: 15 nov. 2024.

#### 4.5 HIGRÔMETRO

Um higrômetro medidor de solo com LM393 (Figura 7) é um dispositivo que mede a umidade do solo usando um sensor de umidade do solo e um circuito integrado LM393 para processamento dos sinais. O LM393 (TEXAS INSTRUMENTS, 2023) é um comparador de tensão que é frequentemente usado em eletrônica para comparar dois sinais de tensão e gerar uma saída lógica com base na relação entre eles.

**FIGURA 7:** Higrômetro e chip LM393



Fonte: MakerHero, 2016.<sup>9</sup>

Nesse contexto, o LM393 é usado para comparar a tensão de saída do sensor de umidade do solo com um valor de referência predefinido. Conforme a umidade do solo varia, o sensor de umidade do solo produz uma tensão de saída proporcional a essa mudança. O LM393 compara essa tensão com o valor de referência e gera uma saída lógica que indica se a umidade do solo está acima ou abaixo de um determinado limite.

Normalmente, um higrômetro medidor de solo com LM393 exibirá o resultado da medição em um display ou indicador LED. Quando a umidade do solo ultrapassa o limite definido, o indicador muda de estado para refletir essa condição.

---

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

Esses higrômetros medidores de solo com LM393 são usados em agricultura e jardinagem para monitorar a umidade do solo e determinar o momento adequado para irrigação. Eles ajudam os agricultores e jardineiros a evitar a irrigação excessiva ou insuficiente, contribuindo para o crescimento saudável das plantas.

## **5 DESENVOLVIMENTO**

Antes de iniciar o projeto, é necessário ter um entendimento das conexões entre os componentes usados, identificar os componentes-chave e entender a maneira como o módulo NRF24L01 se conecta ao Arduino. Isso é fundamental para garantir o perfeito funcionamento do projeto, assegurar que todas as interconexões estejam configuradas corretamente e que a comunicação entre os dispositivos ocorra de forma eficiente. Uma compreensão sólida desses aspectos ajuda a evitar erros e problemas de conexão, garantindo a operação confiável do sistema. Além disso, isso facilita a integração dos componentes e a realização das funções desejadas.

### **5.1 CONFIGURAÇÃO DE LIGAÇÃO**

Para realizar simulações e programações no Arduino, foram utilizados os softwares de simulação online gratuitos Tinkercad e Fritzing, em conjunto com os principais módulos, incluindo sensores e atuadores. Essas simulações e testes tinham como objetivo verificar as conexões do protótipo e garantir o funcionamento adequado do circuito antes de sua montagem física. Os testes foram projetados para simplificar o sistema, tornando-o mais compreensível em relação aos dispositivos e conexões, além de auxiliar na determinação dos limites de desempenho de cada componente.

#### **5.1.1 LDR com Arduino**

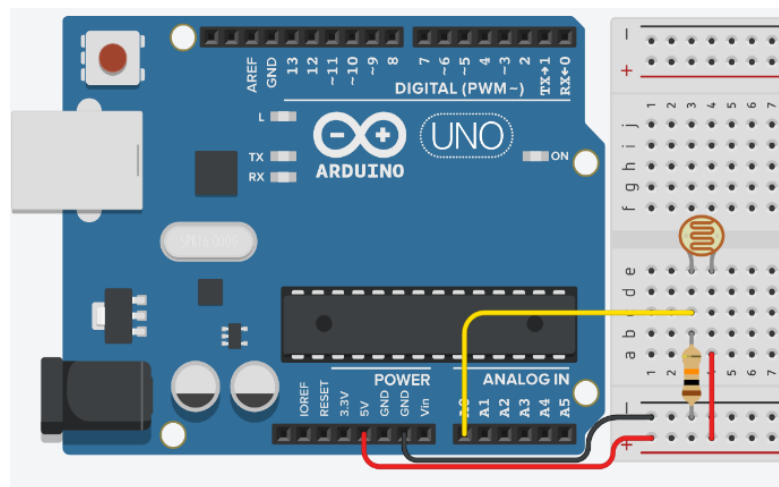
O teste realizado com o LDR tem como função calibrar o sistema para mapear as leituras de resistência do LDR para a faixa de luz ambiente do ambiente específico.

O LDR e a resistência de 10k ohms formam um divisor de tensão. A resistência total entre o LDR e o GND muda com base na luz ambiente. Quando há mais luz, a resistência total é menor; quando há menos luz, a resistência total é maior.

O Arduino usa a função `analogRead()` para ler a tensão na porta analógica (A0) onde o LDR está conectado. A leitura é convertida em um valor digital de 10 bits, variando de 0 (sem luz, alta resistência) a 1023 (luz máxima, baixa resistência).

Nas (Figuras 8 e 9), é possível observar a montagem do LDR e a programação do LDR, respectivamente.

**FIGURA 8:** Montagem LDR



Fonte: Autor via Tinkercad, 2024.

**FIGURA 9:** Programação LDR

```
PROGRAMACAO_LDR §
1  const int Ldr = A0;           //declarando pino LDR
2
3  void setup(){
4    Serial.begin(9600);         //iniciando o Serial
5    }                           //para leitura no computador
6
7  void loop(){
8    int LDR = analogRead(Ldr);  //salvando o valor lido na variável LDR
9
10   Serial.print("Luminosidade: "); //imprime na tela "Luminosidade"
11   Serial.println(LDR);          //imprime na tela a variável LDR
12   delay(1000);                 //aguarda 1000ms para próxima leitura
13 }
```

Fonte: Autor, 2024.



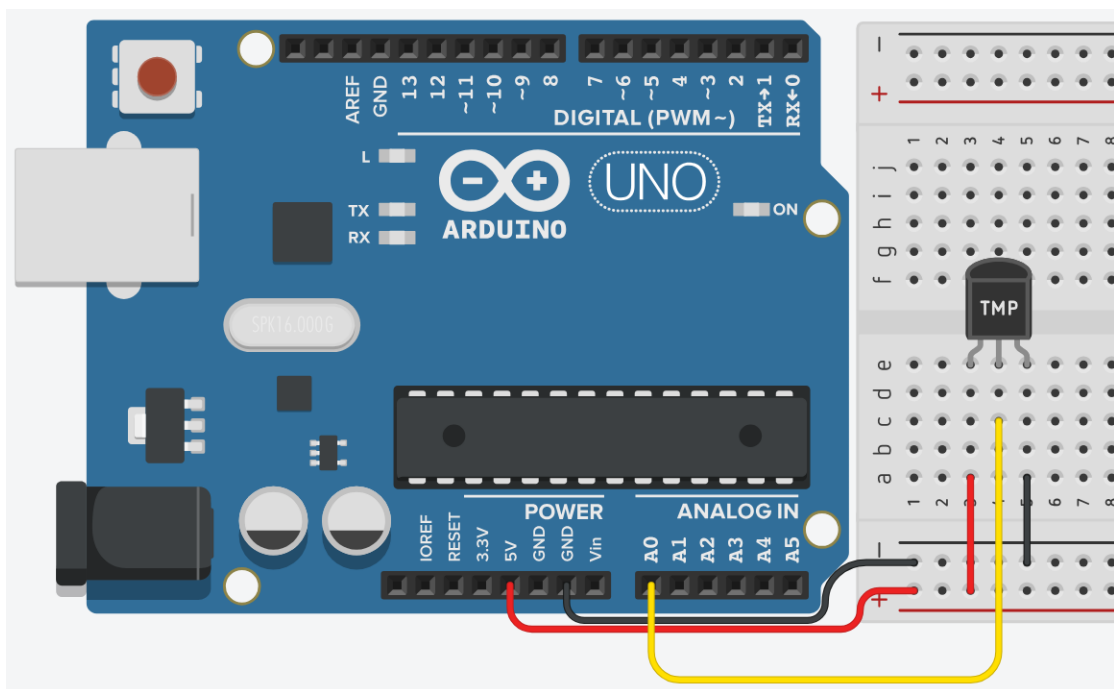
### 5.1.2 DHT com Arduino

O sistema montado com o DHT11 tem como função verificar a leitura do sensor e verificar o tempo de leitura. O sensor requer um tempo de amostragem para ler com precisão os dados. O Arduino deve enviar um sinal de inicialização por pelo menos 18ms e, em seguida, aguardar a resposta do sensor. O DHT11 responderá com um sinal de confirmação indicando que está pronto para enviar os dados.

A biblioteca DHT (DHT.h) é amplamente utilizada para simplificar a leitura do sensor DHT11. Ela gerencia diversos detalhes técnicos de comunicação e processamento dos dados, facilitando o uso do DHT11 com o Arduino. A biblioteca está disponível no repositório: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>.

As (Figuras 10 e 11) ilustram, respectivamente, a montagem do LHT11 e sua programação.

**FIGURA 10:** Montagem DHT11



Fonte: Autor via Tinkercad, 2024.

**FIGURA 11: Programação DHT11**

```

PROGRAMACAO_DHT11
1  #include <dht.h>           //incluindo a biblioteca dht.h
2  dht DHT;                 //declarando o nome do sensor
3  const int dht_dpin = A0; //declarando pino DHT11
4
5  void setup() {
6    Serial.begin(9600);    //iniciando o monitor Serial
7  }
8
9  void loop() {
10   DHT.read11(A0);        //lendo o sensor
11   float umidade = DHT.humidity; //armazenando o valor da umidade na variável
12   float temp = DHT.temperature; //armazenando o valor da temperatura na variável
13
14   Serial.print("Umidade = "); //imprime na tela "Umidade"
15   Serial.print(umidade,1);    //imprime na tela a umidade com 1 casa decimal
16   Serial.println(" %");      //imprime na tela "%"
17
18   Serial.print("Temperatura = "); //imprime na tela "Temperatura"
19   Serial.print(temp,1);      //imprime na tela a temperatura com 1 casa decimal
20   Serial.println(" Celsius"); //imprime na tela "Celsius"
21
22   delay(2000);              //aguarda 2000ms para próxima leitura
23 }

```

Fonte: Autor, 2024.

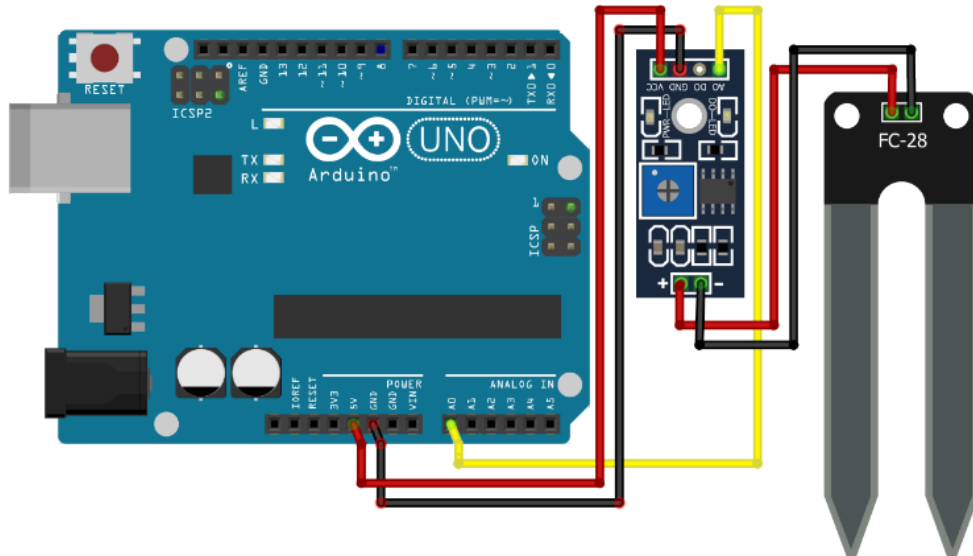
### 5.1.3 Higrômetro com Arduino

O sensor de umidade do solo mede a condutividade elétrica do solo, que varia com a umidade. Quanto mais úmido o solo, melhor ele conduz eletricidade.

O sensor insere corrente elétrica no solo entre seus dois terminais. A resistência entre esses terminais é medida para determinar a umidade do solo. Quando combinado com um módulo LM393, pode-se criar um circuito simples para interfacear esse sensor com um Arduino.

As (Figuras 12 e 13) detalham, respectivamente, a montagem do higrômetro com o LM393 e o código de programação do higrômetro.

**FIGURA 12 – Montagem do Higrômetro com o LM393**



Fonte: Autor via Fritzing, 2024.

**FIGURA 13 – Programação higrômetro**

```
PROGRAMACAO_HIGROMETRO
1  const int sensor_umidade_solo = A0; //declarando o pino do Higrômetro
2
3  void setup(){
4      Serial.begin(9600);           //iniciando o monitor Serial
5      pinMode(sensor_umidade_solo, INPUT); //declarando o sensor como uma entrada
6  }
7
8  void loop(){
9      int umidade_solo = analogRead(sensor_umidade_solo); //salvando o valor lido na variável umidade
10
11     Serial.print("SOLO: ");      //imprime na tela "SOLO"
12     Serial.print(umidade_solo);  //imprime na tela a variável umidade_solo
13     delay(1000);                 //aguarda 1000ms para próxima leitura
14 }
```

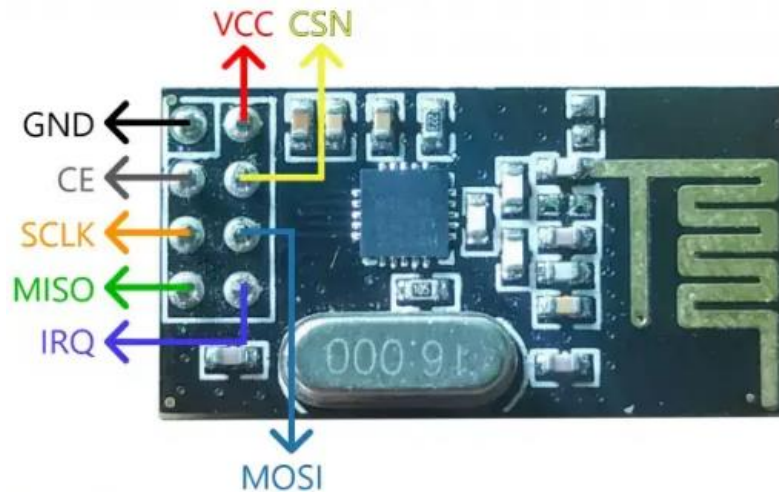
Fonte: Autor, 2024.

#### 5.1.4 Sistema comunicação Wireless com Arduino

O nRF24L01 faz uso da interface SPI (Serial Peripheral Interface) para comunicação. Conseqüentemente, é comum encontrar os quatro pinos usuais desta interface: MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out), SCLK (Serial Clock) e SS (Slave Select) ou CS (Chip Select). No entanto, para além desses pinos

padrão, o nRF24L01 também inclui outros pinos adicionais que desempenham funções específicas (Figura 14).

**FIGURA 14:** Pinos NRF24L01



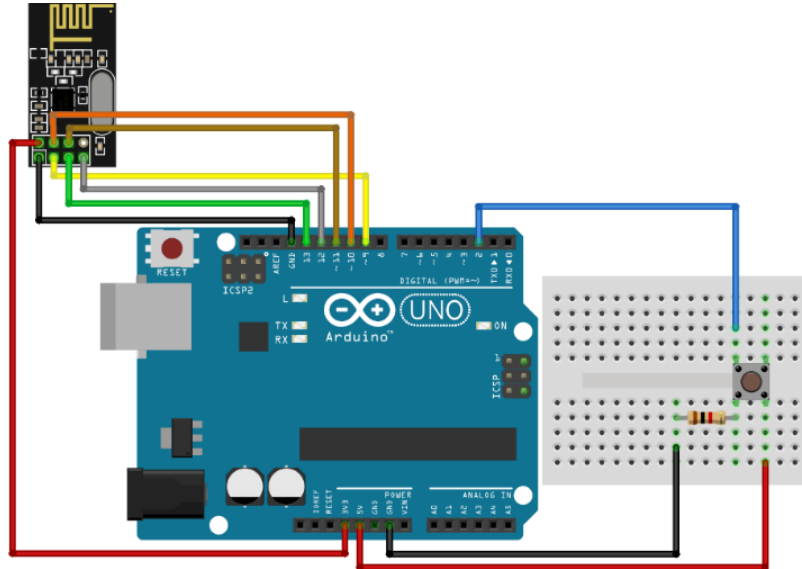
Fonte: Autor, 2024.

A biblioteca `nRF24L01.h` é amplamente utilizada para facilitar a transmissão e recepção de dados pelo módulo. Ela gerencia grande parte dos aspectos técnicos da comunicação e do processamento de dados, tornando a integração com o Arduino mais simples. A biblioteca está disponível para download no repositório oficial: <https://github.com/nRF24/RF24>.

#### A) Circuito de transmissão

O sistema teste apresentado será um circuito de transmissão. Consiste em um Arduino, um push button e um módulo NRF24L01.

As (Figuras 15 e 16) mostram, respectivamente, a montagem e a programação do emissor NRF24L01.

**FIGURA 15: Montagem do NRF24L01**


Fonte: Autor via Fritzing, 2024.

**FIGURA 16 – Programação do emissor NRF24L01**

```

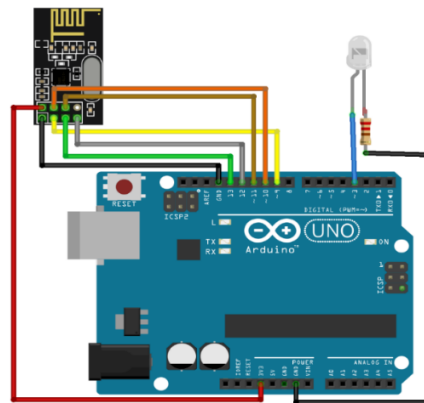
emissor$
1  #include <SPI.h>           //incluindo a biblioteca SPI.h
2  #include <nRF24L01.h>     //incluindo a biblioteca nRF24L01.h
3  #include <RF24.h>        //incluindo a biblioteca RF24.h
4
5  RF24 radio(9, 10);        //declarando o nome do sensor e definindo os pinos CE, CSN
6  const byte address[6] = "00002"; //endereço através do qual o módulo se comunicara
7  //obs:Podemos alterar o valor deste endereço para qualquer sequência
8  // isso permite escolher com qual receptor falaremos
9
10
11 const int botao = 2; //declarando o nome do botao e definindo o seu pino no Arduino
12 byte Botao;         //criando uma variável byte que pode adotar 0 ou 1
13
14
15 void setup() {
16   radio.begin();           //iniciando o modulo
17   radio.openWritingPipe(address); //definindo o endereço do modulo
18   radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //definindo a potencia
19   radio.stopListening();  //parar leitura do modulo, ou seja, definindo-o como transmissor/escrita
20
21   pinMode(botao, INPUT);  //definindo o botao como uma entrada
22 }
23
24 void loop() {
25
26   Botao = digitalRead(botao); //inicia leitura do botao e armazena na variavel Botao
27
28   if(Botao == LOW){        //caso botao pressionado
29     radio.write(&Botao, sizeof(Botao)); //envia o valor do mesmo "0"
30   }
31   else if(Botao == HIGH){  //caso botao pressionado
32     radio.write(&Botao, sizeof(Botao)); //envia o valor do mesmo "1"
33   }
34
35   delay(200);              //espera 200ms para proxima leitura
36 }
  
```

Fonte: Autor, 2024.

## B) Circuito de recepção

A (Figura 17) apresenta o esquemático de ligação do receptor, composto por outro Arduino, um LED, um resistor e outro módulo NRF24L01. Já a (Figura 18) exibe a programação do receptor NRF24L01.

**FIGURA 17:** Montagem NRF24L01



Fonte: Autor via Fritzing, 2024.

**FIGURA 18:** Programação receptor NRF24L01

```
receptor$
1 #include <SPI.h>           //incluindo a biblioteca SPI.h
2 #include <nRF24L01.h>     //incluindo a biblioteca nRF24L01.h
3 #include <RF24.h>        //incluindo a biblioteca RF24.h
4
5
6 RF24 radio(9, 10);        //declarando o nome do sensor e definindo os pinos CE, CSN
7 const byte address[6] = "00002"; //endereço através do qual o módulo se comunicara
8 //obs:Podemos alterar o valor deste endereço para qualquer sequência
9 // isso permite escolher com qual receptor falaremos
10
11 byte leitura; //criando uma variável byte que pode adotar 0 ou 1
12
13 const int LED = 3; //declarando o nome do LED e definindo o seu pino no Arduino
14
15
16 void setup(){
17   radio.begin();          //iniciando o modulo
18   radio.openWritingPipe(address); //definindo o endereço do modulo
19   radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //definindo a potencia
20   radio.startListening(); //inicia leitura do modulo
21
22   pinMode(LED, OUTPUT);  //definindo o LED como uma saída
23 }
24
25 void loop() {
26   if(radio.available()){ //se o modulo recebeu alguma informação
27     radio.read(&leitura, sizeof(leitura)); //armazena na variavel leitura o valor lido
28   }
29
30   if(leitura == 1){      //se leitura for igual a 1 (botao pressionado)
31     digitalWrite(LED, HIGH); //acende led
32   }
33   else if(leitura == 0){ //se leitura for igual a 0 (botao despressionado)
34     digitalWrite(LED, LOW); //apaga led
35   }
36   delay(500);           //aguarda 500ms para proxima leitura
37 }
```

Fonte: Autor, 2024.

## 6 MONTAGEM DO SISTEMA

Nesta seção, será detalhado o sistema e seu funcionamento, incluindo tanto os elementos físicos quanto os aspectos de programação e leitura dos dispositivos transmissores e receptores.

### 6.1 TRANSMISSÃO/RECEPÇÃO DO SISTEMA

O sistema foi concebido para operar por meio de medições precisas realizadas em diferentes ambientes da fazenda, abrangendo uma variedade de parâmetros como temperatura, umidade, nível de umidade do solo e intensidade de iluminação. A comunicação sem fio assume um papel fundamental como transmissor e receptor de dados, permitindo que o equipamento realize a transferência eficiente de informações entre os dispositivos. Esse processo resulta na obtenção de uma ampla gama de dados que são então encaminhados para uma central de controle. Neste local central, esses dados são analisados e comparados, fornecendo insights valiosos para o gerenciamento e tomada de decisões na fazenda. Essa abordagem integrada de monitoramento e comunicação sem fio oferece uma solução robusta e eficaz para o controle e automação dos processos agrícolas.

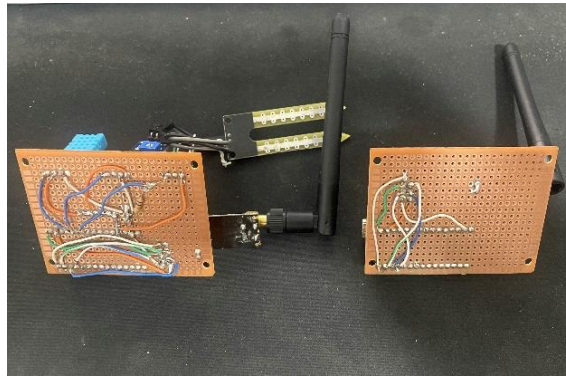
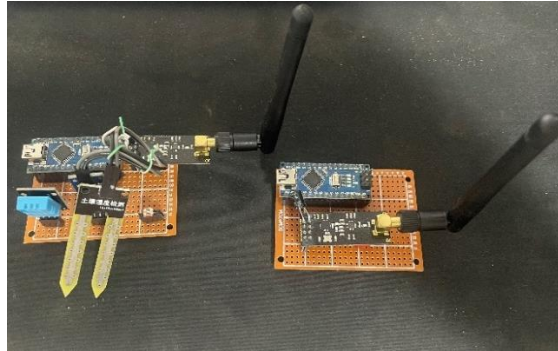
### 6.2 MONTAGEM DO SISTEMA

A montagem dos circuitos (Figura 19) foram feitas com placa ilhada (também conhecida como placa perfurada). Esse tipo de placa oferece flexibilidade e rapidez na prototipagem do sistema, permitindo que seja adaptado e refinado conforme necessário para atender às demandas específicas da fazenda, sem a necessidade de fabricação de placas de circuito impresso.

Os componentes não foram ligados diretamente na placa, para isso, foram utilizadas barra de pino do tipo fêmea. Com a utilização da barra, a troca de componentes, caso necessário, se dá de forma mais rápida. Isso simplifica a montagem e desmontagem do circuito, além de garantir uma conexão confiável, minimizando o risco de mau contato.



**FIGURA 19:** Montagem do circuito em placailhada



Fonte: Autor, 2024.

### 6.3 PROGRAMAÇÃO

Nesta seção, será apresentada a implementação prática da programação, com ênfase na criação de uma comunicação eficiente entre os componentes de transmissão e recepção, garantindo o pleno funcionamento.

#### 6.3.1 Transmissor

O processo de programação segue uma abordagem semelhante aos exemplos anteriores, integrando todos os componentes e lógica de programação em um único sistema. Isso oferece flexibilidade para ajustar as métricas de dados conforme necessário. A (Figura 20) ilustra o código de programação do sistema de transmissão, destinado à comunicação com o módulo receptor (sistema de recepção). Cada linha do programa é comentada para explicar sua função no contexto do programa. Essa

prática ajuda na compreensão e na manutenção do código ao longo do tempo, garantindo sua eficácia e facilidade de modificação.

**FIGURA 20:** Programação sistema de transmissão

```

1 #include <SPI.h>           //incluindo a biblioteca SPI.h
2 #include <nRF24L01.h>     //incluindo a biblioteca nRF24L01.h
3 #include <RF24.h>        //incluindo a biblioteca RF24.h
4
5 RF24 radio(9, 10);        //declarando o nome do sensor e definindo os pinos CE, CSN
6 const byte address[6] = "00002"; //endereço através do qual o módulo se comunicara
7 //obs:Podemos alterar o valor deste endereço para qualquer sequência
8 // isso permite escolher com qual receptor falaremos
9
10 struct Data_Package{     //criando um pacote de dados para envio
11   byte temperatura;      //
12   byte umidade;         //
13   byte umidade_solo;    //
14   byte LDR;             //
15 };                       //
16 Data_Package data;      //criando um pacote de dados para envio
17
18 //----- declarando o pino de utilização do módulo no arduino e criando variável
19 const int pino_solo = A1;
20 int umidade_solo = 0;
21 //----- declarando o pino de utilização do módulo no arduino e criando variável
22 int ldr = A2;
23 int LDR = 0;
24 //----- declarando o pino de utilização do módulo no arduino e criando variável
25 #include <dht.h>
26 dht DHT;
27 float dht_dpin = A0;
28 float temperatura, umidade;
29 //-----
30
31 void setup(){
32   Serial.begin(9600);
33
34   radio.begin();         //iniciando o modulo
35   radio.openWritingPipe(address); //definindo o endereço do modulo
36   radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //definindo a potencia
37   radio.stopListening(); //parar leitura do modulo, ou seja, definindo-o como transmissor/escrita
38 }
39
40
41 void loop(){
42   DHT.read11(A0);       //colocando o sensor DHT11 na porta A0 do Arduino
43
44   temperatura = DHT.temperature; //armazenando a temperatura do sensor na variavel
45   umidade = DHT.humidity;        //armazenando a umidade do sensor na variavel
46   umidade_solo = analogRead(pino_solo); //armazenando a umidade do solo na variavel
47   LDR = map(analogRead(ldr), 0, 1023, 0, 100); //converte o valor lido do LDR de 0-1023 para 0-100
48
49   data.temperatura = DHT.temperature; //armazenando a temperatura no pacote
50   data.umidade = DHT.humidity;        //armazenando a temperatura no pacote
51   data.umidade_solo = analogRead(pino_solo); //armazenando a umidade solo no pacote
52   data.LDR = LDR;                     //armazenando a temperatura no pacote
53
54   radio.write(&data, sizeof(Data_Package)); //envia o pacote de dados por radio
55
56   delay(5000); //espera 5s e le os valores novamente
57
58 }

```

### 6.3.1 Receptor

O objetivo do receptor é capturar e armazenar os dados transmitidos pelo módulo sem fio, além de imprimir essas informações na porta serial do computador em formato de texto ASCII, que é facilmente legível. Diferentemente dos valores binários, o texto ASCII proporciona uma representação mais compreensível dos dados. Na (Figura 21), é apresentado o código de programação para a recepção dos dados, destinado à comunicação com o sistema transmissor. Assim como no sistema de transmissão, cada linha do programa está comentada para explicar sua função específica, facilitando a compreensão e manutenção do código ao longo do tempo.

**FIGURA 21:** Programação sistema de recepção

```

1  #include <SPI.h>           //incluindo a biblioteca SPI.h
2  #include <nRF24L01.h>     //incluindo a biblioteca nRF24L01.h
3  #include <RF24.h>        //incluindo a biblioteca RF24.h
4
5  RF24 radio(9, 10);       //declarando o nome do sensor e definindo os pinos CE, CSN
6  const byte address[6] = "00002"; //endereço através do qual o módulo se comunica
7
8  struct Data_Package{ //criando um pacote de dados para recebimento
9    byte temperatura; //
10   byte umidade; //
11   byte umidade_solo; //
12   byte LDR; //
13 }; //
14 Data_Package data; //criando um pacote de dados para envio
15
16 //-----
17 int linha = 1; //cria uma linha no Excel
18 int LABEL = 1; //cria uma coluna no Excel
19
20
21 void setup() {
22   Serial.begin(9600);
23
24   radio.begin(); //iniciando o modulo
25   radio.openReadingPipe(0, address); //definindo o endereço do modulo
26   radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); //definindo a potencia
27   radio.startListening(); //iniciar leitura no modulo
28
29   Serial.println("CLEARDATA"); //limpa os dados Serial
30   Serial.println("LABEL,Data,Hora,Temperatura,Umidade,Umidade Solo,Luminosidade");
31 } //imprime no Serial os dados
32
33
34 void loop() {
35   if(radio.available()) { //se o modulo recebeu algum dado
36     radio.read(&data, sizeof(Data_Package)); //le os dados recebidos do pacote
37
38     Serial.print("DATA,DATE,TIME,"); //imprime no Serial os dados
39     Serial.print(data.temperatura); //imprime a temperatura recebida
40     Serial.print(","); //imprime uma ,
41     Serial.print(data.umidade); //imprime a umidade recebida
42     Serial.print(","); //imprime uma ,
43     Serial.print(data.umidade_solo); //imprime a umidade solo recebida
44     Serial.print(","); //imprime uma ,
45     Serial.println(data.LDR); //imprime a luminosidade recebida
46     linha++; //acrescenta uma linha
47   }
48 }

```

Fonte: Autor, 2024.

## 7 FUNCIONAMENTO

Uma vez que os procedimentos de montagem e programação estejam estabelecidos, o sistema está pronto para ser colocado em funcionamento. O objetivo principal é garantir que esses processos nos forneçam uma quantidade abrangente de informações ao longo do tempo, permitindo assim a otimização contínua do controle e desempenho do sistema.

Inicialmente, o sistema será alimentado usando uma bateria externa, o que ofereceria benefícios significativos em termos de manutenção do sistema. No entanto, à medida do tempo com captação de investimentos adicionais, será possível implementar uma solução mais sustentável e de baixo custo, utilizando energia solar para alimentar os transmissores. Essa abordagem incluirá o armazenamento de energia em baterias, proporcionando uma fonte de energia renovável e mais eficiente a longo prazo.

### 7.1 COMUNICAÇÃO ARDUINO COM O COMPUTADOR

Para uma melhor comunicação visualização dos dados, tornando o controle mais simples, será utilizado um software, chamado PLX\_DAQ (Figura 22). Disponível no site <https://www.parallax.com/>.

FIGURA 22 – Interface software PLX\_DAQ



Fonte: Autor, 2024.

O programa PLX-DAQ é uma ferramenta de software utilizada para facilitar a comunicação entre dispositivos Arduino (ou outros dispositivos que suportam comunicação serial) e o Microsoft Excel. Ele permite que dados enviados por meio de uma conexão serial sejam capturados e exibidos em tempo real em planilhas do Excel, onde podem ser facilmente processados, analisados e visualizados, usando ferramentas nativas como ferramenta de análise e gráficos do Excel.

O PLX-DAQ é especialmente útil em projetos de monitoramento e controle onde dados em tempo real precisam ser coletados e analisados de forma conveniente. Ao estabelecer uma conexão serial entre o Arduino e o computador com o Excel aberto, o PLX-DAQ permite que os dados recebidos pelo Arduino sejam automaticamente inseridos em uma planilha do Excel, organizados em colunas com registros de tempo.

## 7.2 FUNCIONAMENTO DO PROJETO

Nesta seção, será apresentado o funcionamento do projeto, com ênfase nos resultados obtidos em um teste de um dia. Esses valores são transmitidos em tempo real para o programa PLX\_DAQ, permitindo a análise contínua e precisa das condições monitoradas.

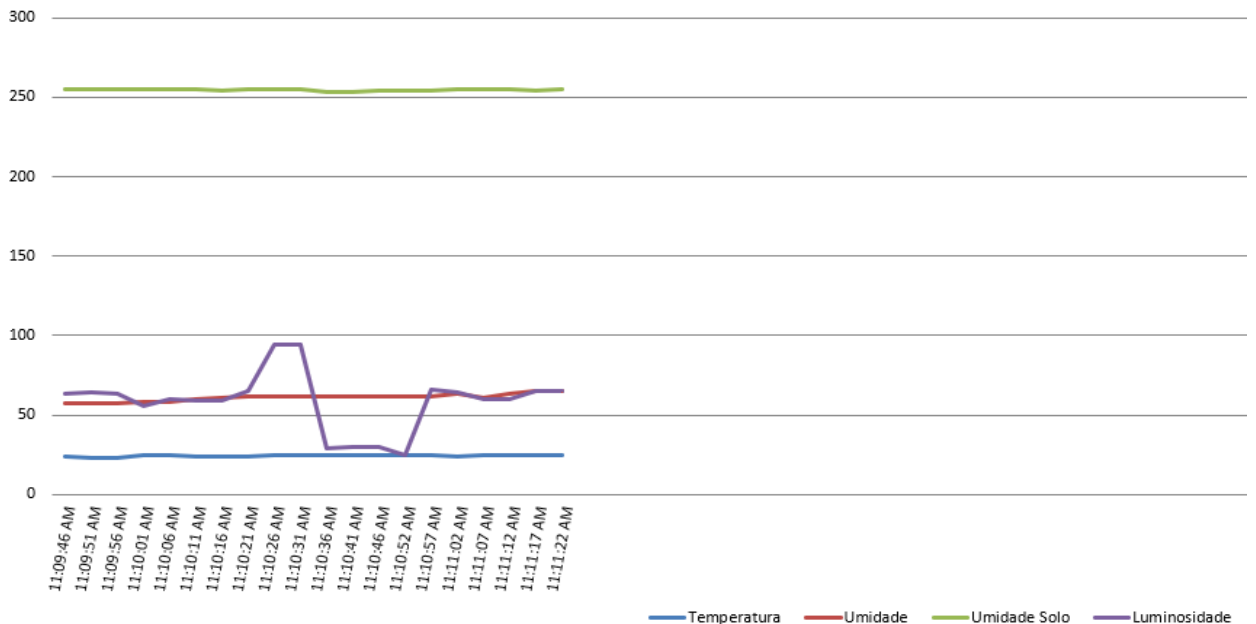
O teste de um dia foi conduzido para avaliar a performance e a confiabilidade do sistema. Durante esse período, os dados coletados pelos sensores foram enviados para o PLX\_DAQ, onde foram registrados e analisados. Os resultados indicam que o sistema funciona conforme o esperado, capturando variações ambientais com precisão e eficiência. As análises dos dados fornecem insights valiosos sobre o comportamento das variáveis monitoradas, permitindo ajustes e otimizações no projeto.

A (Figura 23) apresentada abaixo, ilustra os dados recebidos via rádio exibidos em uma planilha do Excel. A (Figura 24) apresenta o gráfico geral gerado a partir desses dados, enquanto a (Figura 25) mostra os gráficos individuais correspondentes.

**FIGURA 23:** Dados recebidos via rádio em uma planilha Excel

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Umidade Solo	Luminosidade
17/04/2024	11:09:46 AM	24	57	255	63
17/04/2024	11:09:51 AM	23	57	255	64
17/04/2024	11:09:56 AM	23	57	255	63
17/04/2024	11:10:01 AM	25	58	255	56
17/04/2024	11:10:06 AM	25	58	255	60
17/04/2024	11:10:11 AM	24	60	255	59
17/04/2024	11:10:16 AM	24	61	254	59
17/04/2024	11:10:21 AM	24	62	255	65
17/04/2024	11:10:26 AM	25	62	255	94
17/04/2024	11:10:31 AM	25	62	255	94
17/04/2024	11:10:36 AM	25	62	253	29
17/04/2024	11:10:41 AM	25	62	253	30
17/04/2024	11:10:46 AM	25	62	254	30
17/04/2024	11:10:52 AM	25	62	254	25
17/04/2024	11:10:57 AM	25	62	254	66
17/04/2024	11:11:02 AM	24	63	255	64
17/04/2024	11:11:07 AM	25	61	255	60
17/04/2024	11:11:12 AM	25	63	255	60
17/04/2024	11:11:17 AM	25	65	254	65
17/04/2024	11:11:22 AM	25	65	255	65

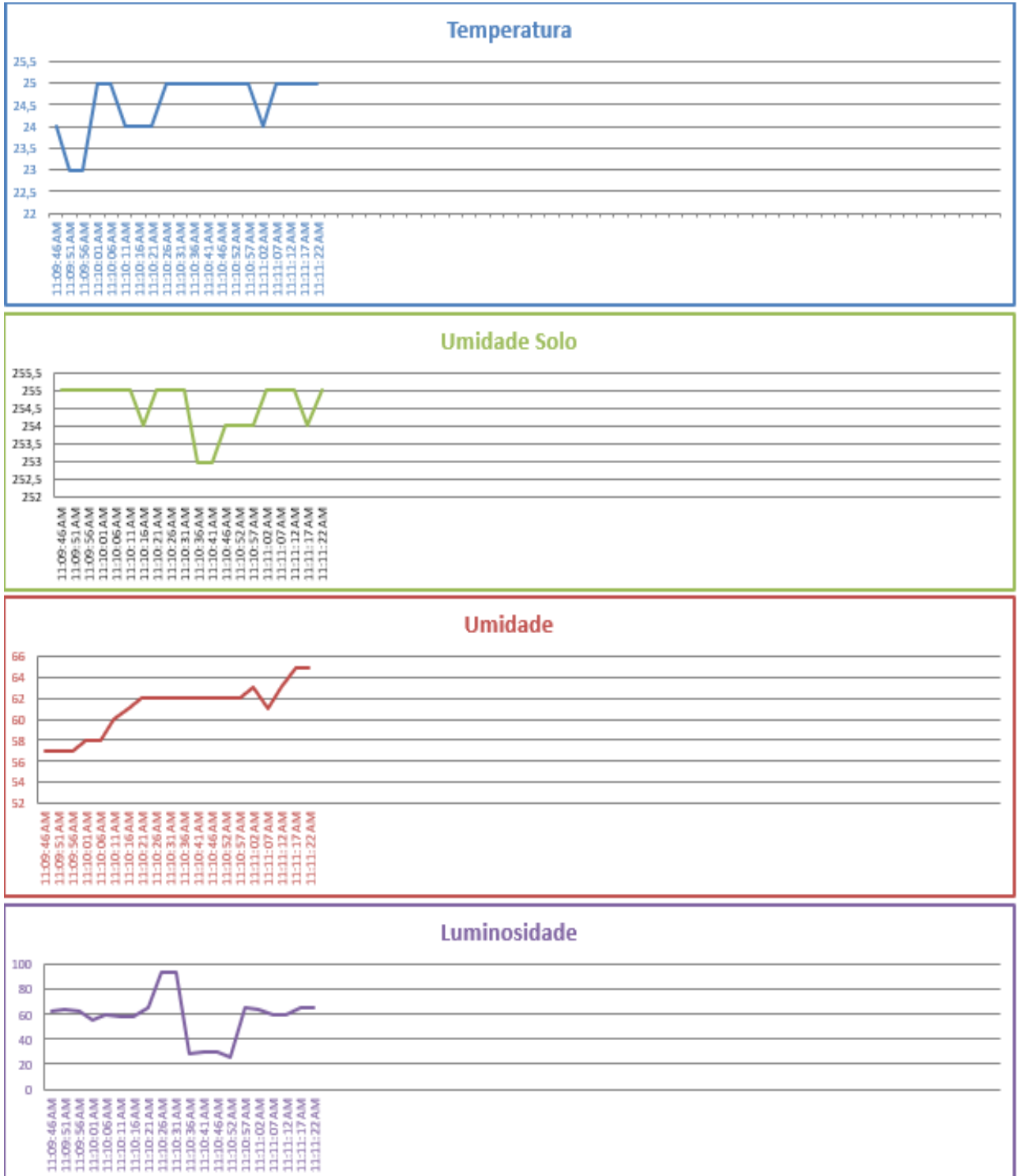
Fonte: Autor, 2024.

**FIGURA 24:** Gráfico geral gerado a partir dos dados recebidos

Fonte: Autor, 2024.



**FIGURA 25:** Gráficos individuais gerados a partir dos dados recebidos



Fonte: Autor, 2024.

## 8 CUSTOS

Nesta seção, serão apresentados os custos para o desenvolvimento e implantação do projeto.

A Tabela 1 apresenta todos os equipamentos necessários para a implementação, juntamente com os custos associados ao sistema de monitoramento via Arduino. Os valores cotados são baseados em preços de varejo, mas os custos podem ser reduzidos por meio de negociações em compras por atacado ou diretamente com fornecedores especializados. Além de ser uma solução econômica, o sistema oferece fácil instalação, baixo consumo de energia, expansão simplificada e manutenção acessível, tornando-o uma opção altamente eficiente para o monitoramento proposto. Valores tomando por base o site: <https://curtocircuito.com.br/>.

**TABELA 1:** Custos do projeto

<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b>			
QUANTIDADE	ITEM	UNITARIO	SUBTOTAL
2	ARDUINO NANO	R\$ 42,80	R\$ 85,60
2	MÓDULO NRF24I01	R\$ 23,90	R\$ 47,80
2	PLACA ILHADA	R\$ 6,70	R\$ 13,40
1	LDR	R\$ 0,95	R\$ 0,95
1	SENSOR DHT11	R\$ 12,90	R\$ 12,90
1	HIGRÔMETRO	R\$ 6,90	R\$ 6,90
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 167,55</b>

Fonte: Autor, 2024.<sup>10</sup>

## 9 PROSPECÇÃO E FUTURO

Para facilitar a execução e o controle do sistema, é importante realizar uma análise de dados de médio e longo prazo. Esse acompanhamento permitirá ajustar as configurações disponíveis, aproximando-os da realidade do ambiente monitorado. Com o tempo, essa análise ajudará a identificar padrões e adaptar o sistema

<sup>10</sup> Dados coletados pelo autor em 15 de novembro de 2024.

Atualmente, a tabela usada para descarga dos dados está em fase de testes. Apesar de ainda passar por ajustes e melhorias, ela já oferece uma interface simples, fácil de usar, o que proporciona uma experiência satisfatória aos usuários. Mesmo que o sistema esteja sendo aperfeiçoado, a prioridade é manter uma interface acessível e intuitiva, garantindo que o uso do sistema seja fácil, mesmo para pessoas com pouca experiência

Conforme o sistema está sendo aprimorado com base nos testes e no feedback dos usuários, a interface continuará a evoluir, tornando a análise e o controle dos dados ainda mais rápidos e eficazes. Dessa forma, a combinação de uma análise contínua e uma interface simples garante que o sistema atenda bem às necessidades atuais e futuras dos usuários.

## **10 CONCLUSÃO**

Após a construção de um protótipo utilizando módulos de rádio e Arduino, os testes realizados confirmaram a alta eficácia do sistema proposto. Um dos aspectos mais relevantes é que essa tecnologia ainda não é amplamente utilizada no Brasil para esses fins, o que representa uma grande oportunidade de negócios para sua implementação em fazendas de pequeno e médio porte no país.

A comprovação da eficácia do sistema durante os testes é um ponto crucial, pois valida a viabilidade e os benefícios práticos dessa solução para os agricultores. A ausência dessa tecnologia no mercado nacional destaca ainda mais o potencial de inovação e as oportunidades para empreendedores no setor agropecuário.

Portanto, a implementação dessa solução inovadora não apenas tem o potencial de melhorar a eficiência e a produtividade nas fazendas de pequeno e médio porte no Brasil, mas também abre portas para um novo mercado promissor, que ainda carece de exploração significativa, posicionando-se como uma estratégia vantajosa tanto para o desenvolvimento rural quanto para o crescimento do setor.

## ABSTRACT

This project proposes the development of an automation and control tool based on the C++ programming language for Arduino microcontrollers, using the wireless NRF24L01 module as a means of communication via radio frequency. This transceiver, which is low-cost and low-energy, operates in the 2.4 GHz range and is widely used in wireless communication projects for Arduino devices, being ideal for short and medium distances. With a range of up to 1 km in urban areas, depending on installation conditions such as building obstructions, terrain topography, and antenna characteristics, wireless technology presents itself as an efficient solution for data transmission in hard-to-reach places, with minimal energy consumption. The goal of the project is to develop a prototype for data collection and analysis, applying it to precision agriculture and livestock in small and medium farms. The solution aims to address challenges in grain planting and milk production, promoting automation and informed decision-making, while encouraging low-cost practices to increase efficiency and sustainability in the field.

**Keywords:** Arduino. Wireless communication. Data analysis. Efficiency.

## REFERÊNCIAS

BOLFE, Édson L. Tendências, desafios e oportunidades da agricultura digital no Brasil. In: ALENCAR, Danila F.; MARTINS, Paulo G. M.; SANT'ANNA, Ricardo C. G. (org.). **Transformação digital no contexto dos pequenos e médios produtores rurais: os dados como diferencial para os desafios do século 21**. Tupã: Faculdade de Ciências e Engenharia UNESP, 2022. p. 10-25.

COMPONENTES 101. **DHT11–Sensor de Temperatura e Umidade**. Disponível em: <https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor>. Acesso em: 15 nov. 2024.

CURTO CIRCUITO. **Sensor de Luminosidade – LDR – 5mm**. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/catalogsearch/result/?q=ldr>. Acesso em: 15 nov. 2024.

FREEPIK. Agriculture field in round. **IA**, 2024. Disponível em: [https://www.freepik.com/premium-vector/agriculture-field-round\\_84567551.htm](https://www.freepik.com/premium-vector/agriculture-field-round_84567551.htm). Acesso em: 01 ago. 2024.

FRITIZING. **Software de montagem.** Disponível em: <https://fritzing.org/>. Acesso em: 8 out. 2024

IBGE. **Agricultura familiar ocupava 84,4% dos estabelecimentos agropecuários.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13721-asi-agricultura-familiar-ocupava-844-dos-estabelecimentos-agropecuarios>. Acesso em: 02 set. 2024.

LAMPARELLI, Rubens Augusto Camargo. Agricultura de precisão. **Embrapa**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/agricultura-de-precisao>. Acesso em: 3 dez. 2024.

MAKER HERO. **Monitore sua planta usando Arduino.** Disponível em: <https://www.makehero.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MOUSER. **DHT11 Humidity & Temperature Sensor.** Disponível em: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf?srltid=AfmBOop5UwgFWyn1u4cN21jU9967rSZNChFgRUCNrqsInyXC-Q22R03>. Acesso em: 3 dez. 2024.

NORDIC SEMICONDUCTOR. **NRF24L01 Datasheet.** Disponível em: [https://www.mouser.com/datasheet/2/297/NRSAS00020\\_1-2559917.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/297/NRSAS00020_1-2559917.pdf). Acesso em: 2 set. 2024.

PARANÁ. Diretoria de Tecnologia e Inovação - DTI. **Projeto Chat via nRF24L01**, 2023. Disponível em: [https://aluno.escoladigital.pr.gov.br/sites/alunos/arquivos\\_restritos/files/documento/2023-09/aula34\\_projeto\\_chat\\_via\\_nrf24l01\\_kit2023\\_em\\_m2.pdf](https://aluno.escoladigital.pr.gov.br/sites/alunos/arquivos_restritos/files/documento/2023-09/aula34_projeto_chat_via_nrf24l01_kit2023_em_m2.pdf). Acesso em: 3 dez. 2024.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro; ARAÚJO JUNIOR, Inácio Fernandes de; CASTRO, Lucas Siqueira. **As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais.** Nova Economia [online], v. 28, n. 1, p. 297-337, 2018.

PLANETA CAMPO. **Agricultura familiar é responsável por 70% da comida presente na mesa dos brasileiros.** Disponível em: <https://planetacampo.canalrural.com.br/agricultura/agricultura-familiar-e-responsavel-por-70-da-comida-presente-na-mesa-dos-brasileiros/>. Acesso em: 08 ago. 2024.

RINALDI, J.; OLIVEIRA, T.; SILVA, A. **Implementação de sensores em tempo real na agricultura de precisão.** Revista Brasileira de Tecnologia Agrícola, v. 12, n. 2, p. 102-115, 2018.

ROSA, Ana Débora. Automação na agricultura: o que é e como implementar. **Blog Sebrae-RN**, 2023. Disponível em: <https://blog.rn.sebrae.com.br/automacao-na-agricultura/>. Acesso em: 3 dez. 2024.

SILVA, J. **Desafios e estratégias para a agricultura familiar.** Revista de Agricultura Sustentável, v. 8, n. 1, p. 45-58, 2020.

SOBRE o Arduino. **Arduino**, s.d. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about>. Acesso em: 3 dez. 2024.

SOKOLOVA, Lara. O que saber sobre agricultura inteligente usando IoT. **Forbes**, 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2021/09/o-que-saber-sobre-agricultura-inteligente-usando-iot/>. Acesso em: 2 dez. 2024.

TECNOLOGIA na agricultura. **Cultura Mix**, 2020. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/agricultura/tecnologia-na-agricultura>. Acesso em: 03 dez. 2024.

TEXAS INSTRUMENTS. **LM393**. Disponível em: <https://www.ti.com/product/LM393>. Acesso em: 11 out. 2024

TINKERCAD. **Software de montagem e programação.** Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 8 out. 2024

UFRJ. **LDR - Light Dependent Resistor.** Disponível em: [https://www.gta.ufrj.br/grad/01\\_1/contador555/ldr.htm](https://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/contador555/ldr.htm). Acesso em: 16 ago. 2024.

VIANA, Carol Correia. O que é o Arduino? **Blog da Robótica**, 2020. Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2020/09/16/o-que-e-o-arduino/>. Acesso em: 3 dez. 2024.

WANDERLEY, Maria N. B. **O mundo rural como espaço de vida**: reflexões sobre a propriedade da terra, agricultura familiar e ruralidade. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009.