



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ

BACHAREL EM AGRONOMIA

CONSTRUÇÃO E USO DE SONDAS DE UMIDADE DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA ÁGUA NO SOLO

VICTOR GABRIEL SANTOS ROCHA

Iporá, GO

2025

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS IPORÁ**

BACHAREL EM AGRONOMIA

**CONSTRUÇÃO E USO DE SONDAS DE UMIDADE DE BAIXO CUSTO
PARA MONITORAMENTO DA ÁGUA NO SOLO**

VICTOR GABRIEL SANTOS ROCHA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Iporá, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa de Fátima Grah Ponciano

Iporá – GO
Agosto, 2025



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ

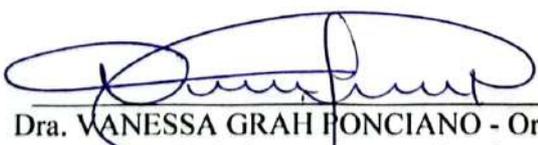
VICTOR GABRIEL DOS SANTOS ROCHA

**CONSTRUÇÃO E USO DE SONDAS DE UMIDADE DE BAIXO
CUSTO PARA MONITORAMENTO DE ÁGUA NO SOLO**

Trabalho de Curso defendido e APROVADO em 08 / 08 / 2025 pela banca examinadora constituída pelos membros:


Dra. SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA
IF Goiano – Campus Iporá


Dr. ISAAC DE MATOS PONCIANO
Universidade Estadual de Goiás- Campus Palmeiras de Goiás


Dra. VANESSA GRAH PONCIANO - Orientadora
IF Goiano – Campus Iporá

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

R672c ROCHA, VICTOR GABRIEL SANTOS
CONSTRUÇÃO E USO DE SONDAS DE UMIDADE DE
BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA ÁGUA NO
SOLO / VICTOR GABRIEL SANTOS ROCHA. Iporá 2025.
23f. il.
Orientadora: Prof^ª. Dra. Vanessa de Fátima Grah Ponciano.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0502201 -
Bacharelado em Agronomia - Iporá (Campus Iporá).
1. Arduino. 2. Bioinsumos. 3. Irrigação. 4. Neossolo litólico
distrófico. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS IPORÁ

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 08 dias do mês de AGOSTO do ano de dois mil e VINTE e CINCO, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do acadêmico **VICTOR GABRIEL DOS SANTOS ROCHA**, do Curso de Bacharelado em Agronomia, matrícula 2020105200240341, cuja monografia intitula-se “**CONTRUÇÃO E USO DE SONDAS DE UMIDADE DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DE ÁGUA NO SOLO**”. A defesa iniciou-se às 13 horas e 35 minutos, finalizando-se às 14 horas e 45 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho aprovado com média 10 no trabalho escrito, média 10 no trabalho oral apresentando assim, média aritmética final de 10 pontos, estando apte para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) acadêmico(a) deverá fazer a entrega da versão final corrigida em formato digital (Word e PDF) acompanhado do termo de autorização para publicação eletrônica (devidamente assinado pelo autor), para posterior inserção no Sistema de Gerenciamento do Acervo e acesso ao usuário via internet Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

VANESSA GRAH PONCIANO
(Presidente da Banca)

ISAAC DE MATOS PONCIANO
(Banca Examinadora)

SILVIA SANIELLE COSTA DE OLIVEIRA
(Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre estar ao meu lado, somente ele sabe o quão foi difícil chegar até aqui, mas com sua proteção ele pode me conceder saúde, força e perseverança para concluir esta etapa tão desafiadora da minha vida.

À minha mãe, minha rainha. Seu amor incondicional, sua presença constante e seus sacrifícios diários foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Mãe, cada conquista minha até o momento carrega um pedaço do seu esforço e da sua dedicação, só a senhora sabe o quanto se esforçou para que eu pudesse estar aqui (Foram anos acordando as 4:00 da manhã todos os dias, sem horário para chegar em casa). Obrigado por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei, por cada palavra de apoio, por cada “eu te amo meu lindo”, por cada puxão de orelha, tudo isso fez com que me tornasse o homem que sou hoje. Esta vitória também é sua. Obrigado por tudo!!!

Agradeço a “Princesa do meu amor”, minha companheira de vida, que caminhou ao meu lado em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis. Seu apoio, e sua fé em mim me manteve firme diante dos obstáculos. Você segurou minha mão quando eu pensei em desistir, comemorou cada pequena vitória e nunca deixou de me lembrar do quanto eu sou capaz. Ter você ao meu lado foi essencial para tornar esta jornada mais leve e possível. E não posso deixar de destacar a importância de seus pais em minha vida, quero deixar o meu agradecimento ao Ademes, e a Denise por serem essas pessoas maravilhosas, que me acolheram, tornando mais fácil suportar a distância da minha família. Obrigado por tudo!

À minha família, meus avós, em especial minha tia Dete e tio Walter, obrigado por sempre estar me apoiando, e cuidando de mim como se fosse um filho, todos vocês fazem parte do homem que sou e das minhas vitórias. Ao meu primo e companheiro de casa, você é o cara, mais do que um primo, um irmão, nunca mediu esforços para me ajudar. Crescemos juntos, vivemos, e com fé em Deus iremos vencer mais essa etapa juntos. Obrigado meu irmão, pelo o apoio e as vezes que chorou comigo.

Ao meu pai, quero agradecer ao senhor pelo o apoio e por acreditar na minha capacidade. Pai o senhor não sabe o quanto é importante na minha vida, independente de tudo, independente da distância, o senhor também faz parte dessa vitória. Obrigado pela a oportunidade de poder trabalhar junto ao senhor todo esse tempo, isso fez com que pudéssemos nos aproximar mais ainda.

Aos meus amigos, colegas e primos, pelas conversas, apoio, auxílio, troca de experiências, todos vocês fazem parte dessa vitória. Quero deixar uma mensagem em especial para nossa republica (republica que cada integrante mora em uma casa diferente), obrigado pela a amizade e companheirismo de vocês, espero poder seguir com essa amizade por toda a vida.

À minha orientadora, que me deu a oportunidade de trabalhar ao seu lado em vários projetos, e confiou na minha capacidade. Aos professores do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação acadêmica.

Ao final, deixo um agradecimento especial à Unidade de Transferência e Tecnologia do CEBIO do IF Goiano Campus Iporá, ao Instituto Federal Goiano pelo auxílio técnico e financeiro para a condução desse experimento. Ao Grupo de Pesquisa em Água e Energias Renováveis pelo auxílio técnico disponibilizado para o desenvolvimento dessa pesquisa. E por fim, ao laboratório Maker Guará, por nós disponibilizar os equipamentos necessários, e na partilha dos conhecimentos, dando total apoio ao projeto.

Construção e uso de sondas de umidade de baixo custo para monitoramento da água no solo

Resumo

A adoção de tecnologias acessíveis, como Arduino e sensores de umidade, possibilita o manejo eficiente da irrigação, reduzindo desperdícios de água e energia, aumentando a produtividade e favorecendo a sustentabilidade na agricultura. O presente trabalho teve como objetivo construir e testar um sensor resistivo de umidade do solo, acoplado a um sistema Arduino, como alternativa de baixo custo para o monitoramento contínuo da água no solo em Neossolo Litólico Distrófico. Inicialmente, foram realizados testes de calibração em laboratório, utilizando vasos com diferentes densidades do solo e condutividades elétricas simuladas. Os sensores HD-38 foram conectados ao microcontrolador Arduino e os dados de umidade foram comparados com a perda de massa dos vasos. Os dados foram ajustados via regressão linear, obtendo-se um modelo com coeficiente de determinação (r^2) de 0,96. Após a calibração, as sondas foram instaladas em campo, em área cultivada com melancia, sendo testadas sob quatro tratamentos: Testemunha, *Leonardita australiana*, *Bacillus aryabhatai* e a combinação de ambos bioinsumos. As leituras foram coletadas automaticamente a cada hora, ao longo de outubro a dezembro de 2024. A análise estatística dos dados revelou diferenças significativas entre os tratamentos, com destaque para o desempenho do *Bacillus aryabhatai* em períodos secos e da Leonardita em irrigação. As sondas apresentaram bom desempenho em detectar variações de umidade mesmo sob condições ambientais diversas, comprovando sua eficiência quando calibradas adequadamente. O sistema desenvolvido demonstrou ser viável de forma técnica e economicamente, além de promissor para uso por pequenos produtores e em pesquisas experimentais.

Palavras-chave: arduino; bioinsumos; irrigação; Neossolo litólico distrófico.

Construction and use of low-cost moisture probes for soil water monitoring

Abstract

*The adoption of accessible technologies, such as Arduino and moisture sensors, enables efficient irrigation management, reducing water and energy waste, increasing productivity, and promoting sustainability in agriculture. This study aimed to build and test a resistive soil moisture sensor, coupled with an Arduino system, as a low-cost alternative for continuous soil water monitoring in Dystrophic Litholic Neosols. Initially, calibration tests were performed in the laboratory using pots with different soil densities and simulated electrical conductivities. The HD-38 sensors were connected to the Arduino microcontroller, and moisture data were compared with the pots' mass loss. The data were fitted using linear regression, resulting in a model with a coefficient of determination (r^2) of 0.96. After calibration, the probes were installed in the field, in an area cultivated with watermelon, and tested under four treatments: control, Australian Leonardite, *Bacillus aryabhatai*, and a combination of both bioinputs. Readings were collected automatically hourly from October to December 2024. Statistical analysis of the data revealed significant differences between treatments, particularly the performance of *Bacillus aryabhatai* in dry periods and Leonardite in irrigation. The probes performed well in detecting moisture variations even under diverse environmental conditions, demonstrating their effectiveness when properly calibrated. The developed system proved to be technically and economically viable, as well as promising for use by smallholder farmers and in experimental research.*

Keywords: arduino; bioinputs; irrigation; Dystrophic lithic neosol.

SUMÁRIO

1	Introdução	5
2	Método da pesquisa	6
2.1	Calibração da sonda em Laboratório	6
2.2	Aplicação da sonda a campo	7
2.3	Área experimental e tratamentos	7
2.4	Coleta e análise de dados	8
3	Resultados e discussões	8
3.1	Ajuste da equação de calibração dos sensores resistivos	8
3.2	Análise dos dados a campo	9
4	Conclusão	15
5	Referências	15
6	Apêndices	16

1 Introdução

A agricultura moderna enfrenta desafios crescentes no manejo eficiente da água, recurso cada vez mais escasso devido às mudanças climáticas, ao aumento da demanda e à má gestão hídrica. Segundo o relatório da FAO (2021), a irrigação já é responsável por 72% de toda a captação de água doce, sendo urgente a adoção de práticas mais sustentáveis e tecnológicas para garantir a segurança hídrica.

De acordo com o Atlas Irrigação, publicado pela ANA em 2021, o Brasil possui 8,5 milhões de hectares (Mha) equipados para irrigação, 35% destes de fertirrigação com água de reúso (2,9 Mha) e 65% com irrigação de água de mananciais (5,5 Mha). Considerando a grande dinâmica do uso da água para a agricultura irrigada, é fundamental o constante monitoramento de indicadores para subsidiar a gestão pública e privada dos recursos hídricos utilizados nessa atividade (ANA, 2024). Tais dados reforçam a importância de desenvolver soluções tecnológicas que aliem eficiência hídrica à produtividade agrícola.

Durante o manejo da cultura, é essencial monitorar constantemente a umidade do solo, para garantir um manejo racional da água, tanto para estabelecer o momento de irrigar quanto para estabelecer a lâmina de água a ser aplicada, como também, condições ótimas para o crescimento das plantas (Gutierrez & Neves, 2021).

Além da água, outro fator de relevância no manejo irrigado é o gasto energético associado ao bombeamento e à distribuição da água. Sistemas ineficientes de irrigação não apenas desperdiçam recursos hídricos, mas também elevam significativamente o consumo de energia elétrica, impactando diretamente os custos de produção. Segundo um estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas. Com isso, tecnologias de monitoramento, como sensores de umidade integrados a sistemas automatizados, permitem otimizar a frequência e a duração da irrigação, reduzindo simultaneamente o gasto energético e os impactos ambientais, reforçando a importância de soluções inteligentes e sustentáveis para o campo.

Como alternativa, existem alguns métodos para estimar a umidade do solo, como: TDR, sondas de capacitância, sondas de nêutrons, tensiômetros manuais e automáticos, entre outros. Entretanto, esses equipamentos geralmente têm um custo inicial elevado e exigem um conhecimento técnico aprofundado, o que dificulta sua adoção pelos agricultores com recursos limitados.

Nesse sentido, o Arduino se destaca como uma ferramenta versátil e de fácil programação, amplamente utilizada em projetos de automação agrícola devido ao seu custo acessível, compatibilidade com diversos sensores e capacidade de operar em tempo real. A missão do Arduino é permitir que qualquer pessoa melhore sua vida por meio de tecnologias digitais e eletrônicas acessíveis. A Arduino projeta, fabrica e oferece suporte a dispositivos eletrônicos e softwares, permitindo que pessoas em todo o mundo acessem facilmente tecnologias avançadas que interagem com o mundo físico (ARDUINO, 2022).

O Arduino trata-se de uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar e relativamente baratas (ARDUINO, 2025). Aliado a isso, o avanço da agricultura digital tem promovido a integração de tecnologias para o monitoramento em tempo real. Dispositivos de baixo custo, como os sensores resistivos de umidade, permitem coletar dados precisos e automatizar processos de irrigação, contribuindo significativamente para a economia de água e a otimização da produção agrícola. Quando bem aplicadas, essas tecnologias possibilitam não apenas a redução do desperdício hídrico, mas também o aumento da eficiência produtiva das culturas.

Além disso, estudos recentes dizem que essa abordagem não apenas otimiza o uso da água, mas também garante que as plantas recebam a quantidade ideal de irrigação. Além disso, a automação permite um monitoramento mais eficaz das condições ambientais, como temperatura e umidade, possibilitando ajustes em tempo real (ALVES *et al.*, 2024). Isso reforça a importância de desenvolver e aplicar soluções tecnológicas compatíveis com as necessidades do campo, especialmente aquelas de fácil replicação por pequenos e médios produtores.

O objetivo do trabalho foi construir e testar um sensor resistivo de umidade do solo acoplado a um sistema Arduino, instalado em um Neossolo Litólico distrófico, como alternativa de baixo custo para o monitoramento contínuo da umidade.

2 Método da pesquisa

2.1 Calibração da sonda em Laboratório

Antes da aplicação dos sensores de umidade no solo a campo, foi realizada uma etapa de calibração em laboratório da Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá (16°25' 29" S, 51°09'04" W e altitude de 584 m). Utilizaram-se vasos cilíndricos de PVC (12 cm de altura e 10 cm de diâmetro), com drenagem na base e manta geotêxtil para evitar a perda de solo. O solo utilizado foi um Neossolo Litólico Distrófico (EMBRAPA, 2018), coletado na fazenda escola, preparado com secagem ao sol, peneiramento e homogeneização.

Cada vaso recebeu uma quantidade igual de solo, e os sensores de umidade resistivos HD-38 foram conectados a um sistema montado com Arduino, utilizando linguagem C++. A leitura dos sensores foi armazenada em cartão micro SD, enquanto os vasos eram pesados diariamente para comparar a variação da umidade com a variação da resistência elétrica dos sensores (Figura 1).

Figura 1 – Sistema experimental em laboratório, realizado na fazenda escola do If goiano campus ipora, com sensores resistivos HD-38 conectados ao microcontrolador Arduino Mega 2560 para leitura da umidade do solo em vasos contendo Neossolo Litólico Distrófico, durante a fase de calibração com diferentes densidades e condutividades elétricas.



Fonte: Próprio autor.

Foram realizados testes com diferentes condições de densidade do solo (1,2 e 1,5 g.cm⁻³) e condutividade elétrica da água, utilizando cloreto de potássio diluído para simular níveis de salinidade (0,0; 0,5; 1,26 e 1,5 dS.m⁻¹). Após a saturação das amostras, os vasos foram deixados secando naturalmente, e os dados de peso e leitura dos sensores foram correlacionados por meio de planilha no Excel, utilizando regressão linear, obtendo então uma curva de calibração. Por fim, os parâmetros de ajuste foram determinados por meio do algoritmo de Levenberg-Marquardt, reconhecido por sua eficiência em treinar redes neurais e ajustar modelos não lineares, proporcionando rápida convergência e menor erro quadrático médio (LOUKI et al., 2023). O coeficiente de determinação (r²) entre os dados medidos e estimados foi obtido a partir da planilha eletrônica do Excel, garantindo elevada correlação e robustez do modelo frente às variações de densidade e condutividade elétrica observadas nos ensaios.

$$\theta_v = \left[\left(\frac{\theta_{cc} - \theta_r}{S_r - S_{cc}} \right) + \beta \right] \cdot \left(\frac{1}{(a \cdot EC^2 + b \cdot EC + c) + (d \cdot T^2 + e \cdot T + f)} \right) \quad (1)$$

Em que: θ_{cc} é a umidade volumétrica na capacidade de campo (m³.m⁻³); θ_r é a umidade volumétrica no limite inferior de interesse do monitoramento (m³.m⁻³); S_{cc} é a leitura do sensor associado à capacidade de

campo da amostra (mV); Sr é a leitura do sensor associado ao limite inferior de umidade desejada (mV); EC é a condutividade elétrica da água de irrigação ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$); T – temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$); β , a (0.0637066), b (0), c (0.2457541), d (8.375E-05), e (0.008839), f (0.304576) – parâmetros de ajuste do modelo.

2.2 Aplicação da sonda a campo

Após testes realizados em laboratório e a calibração finalizada, as sondas foram instaladas a campo com o mesmo tipo de solo da calibração. O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2024. Segundo a classificação de Koppen, o clima é do tipo AW, Savana, com uma estação seca no inverno.

Utilizou-se o mesmo sistema montado em laboratório, composto pelo hardware (placa com microcontrolador Arduino mega 2560), adaptador micro SD, micro SD, sensores resistivos HD-38 e baterias de 14 volts. A fim de abranger uma maior área de análise e tratamentos, foram instaladas 12 sondas ao microcontrolador, seguindo os mesmos parâmetros da calibração, se diferenciando somente na programação, onde foram ajustados os códigos para um maior número de sensores e coletas automáticas de dados por hora.

As sondas foram instaladas na cultura da melancia após seu estabelecimento (Figura 2), foi instalado o microcontrolador Arduino ao centro da área experimental, com auxílio de um poste de eucalipto com aproximadamente 1,0 m de altura acima da superfície do solo.

Figura 2 – Disposição do microcontrolador Arduino Mega 2560 no centro da área de cultivo da melancia na fazenda escola do If goiano campus iporá. Fixado em estrutura de madeira, realizando leituras horárias de umidade em tempo real a partir de sondas HD-38 instaladas próximas as plantas de melancia em diferentes tratamentos com bioinsumos.



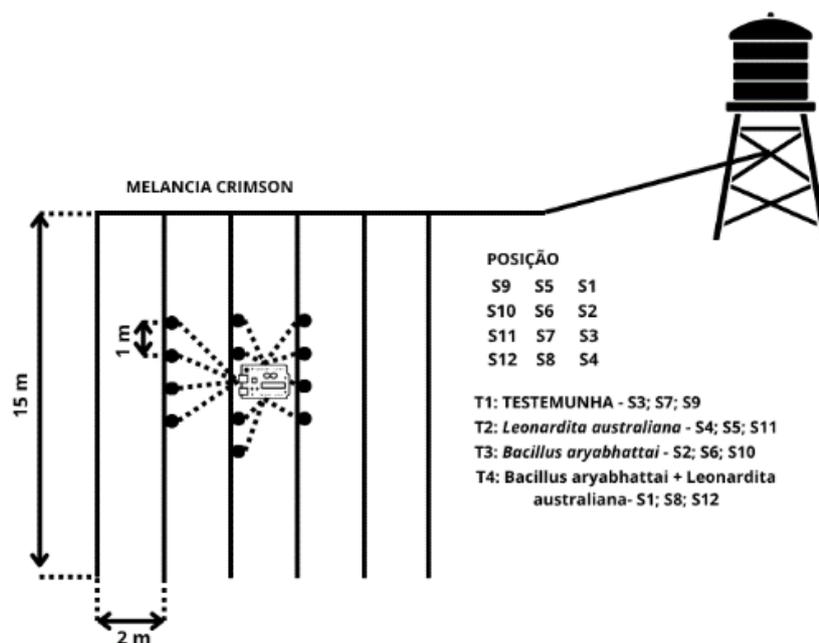
Fonte: Próprio autor.

2.3 Área experimental e tratamentos

Quanto aos tratamentos utilizados foram propostos dois bioinsumos, *Leonardita australiana* e *Bacillus aryabhatai*, produzido pelo Centro de excelência em bioinsumos (Cebio) do próprio campus. O experimento foi disposto em quatro tratamentos, sendo eles: T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* - Alga; T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*. Os sensores foram divididos por sorteio, sendo três em cada tratamento, sendo eles: T1- S3/S7/S9; T2 – S4/S5/S11; T2 – S2/S6/S10; T4 – S1/S8/S12 (S= sensores).

A área experimental foi composta por seis linhas de melancia, da cultivar crimson sweet, com espaçamento de 1,0 x 2,0 m, entre plantas e entre linhas. Para estabelecimento da bordadura as duas linhas de cada extremidade e as plantas das extremidades de cada linha foram excluídas. Dentro dos blocos os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente por sorteio de acordo com os tratamentos propostos. Para aplicação das lâminas de irrigação, foi utilizado o sistema por gotejamento. Foi instalada uma linha lateral por fileira de planta, cada uma com 15 m de comprimento e espaçada em 2,0 m conforme a Figura 3. O manejo da irrigação consistiu em irrigações diárias.

Figura 3 - Esquema da área de cultivo de melancia, com demarcação das seis linhas plantadas, posicionamento das sondas HD-38 por tratamento (T1 a T4) e dimensões da área.



Fonte: Próprio autor.

2.4 Coleta e análise de dados

Conforme programação utilizada, os dados foram coletados de forma automática a cada hora e armazenados em um micro SD. As leituras fornecidas pela entrada analógica eram entre 0 e 1024 (leitura do sensor), dessa forma, sendo necessário que os dados sejam inseridos na base de dados para obtenção de Teta (θ). A cada dois dias os dados foram descarregados de forma manualmente na base de dados criada a partir dos resultados da calibração, podendo então obter o resultado da transformação dos valores em Teta (θ). Por fim, foi possível analisar todos os dados de forma descritiva, portanto não foi utilizado análise estatística.

3 Resultados e discussões

3.1 Ajuste da equação de calibração dos sensores resistivos

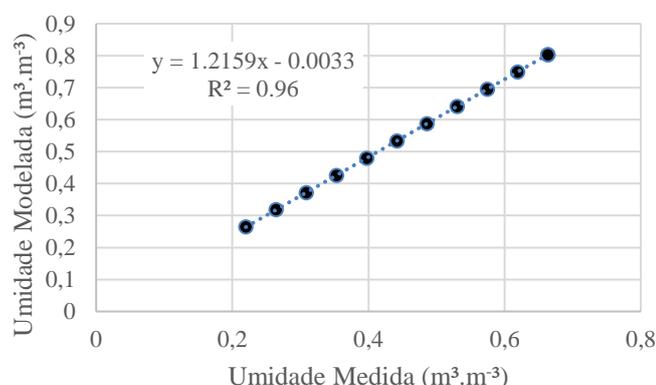
A etapa de calibração dos sensores resistivos HD-38 revelou-se essencial para a obtenção de dados confiáveis de umidade do solo em tempo real. A calibração foi realizada considerando dois fatores cruciais

que influenciam diretamente a leitura dos sensores: a densidade do solo e a condutividade elétrica da solução.

O modelo matemático ajustado obteve um coeficiente de determinação (r^2) de 0,96 (Gráfico 1), indicando excelente correlação entre os valores registrados pelos sensores e a umidade do solo. Esse resultado está alinhado com estudos que destacam a importância de calibrar sensores resistivos para solos específicos, considerando fatores como densidade e condutividade elétrica (Bogena et al., 2017). A equação gerada incorporou, além da leitura do sensor, parâmetros de ajuste que levam em consideração a condutividade elétrica da solução do solo, temperatura e parâmetros do solo, o que reforça a robustez do modelo frente a variações ambientais. Confirmando que, mesmo sendo um sensor de baixo custo e baixa resolução, o HD-38 pode alcançar níveis aceitáveis de precisão, desde que devidamente calibrado para as condições locais de solo e manejo.

Além disso, a calibração possibilitou o desenvolvimento de uma base de dados específica, usada para converter automaticamente os dados brutos dos sensores (valores entre 0 e 1024 da entrada analógica) em valores reais de umidade, facilitando a automação do monitoramento. Dessa forma, a precisão alcançada reforça a viabilidade de sensores resistivos em aplicações práticas, desde que calibrados adequadamente para as condições locais (Bogena et al., 2017). Esse aspecto é particularmente relevante em sistemas de baixo custo, que buscam acessibilidade para pequenos produtores, conforme destacado em estudos sobre agricultura digital (Wolfert et al., 2017).

Gráfico 1 – Relação linear entre a leitura dos sensores HD-38 e os valores reais de umidade volumétrica do solo com densidade de $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$, mostrando a equação de calibração obtida após testes laboratoriais com controle de condutividade elétrica e densidades.



Fonte: Próprio autor.

Apesar da desvantagem inerente a precisão dos sensores, e as respostas serem mascaradas pela variação da temperatura e condutividade elétrica da solução do solo (CHOWDHURY et al. 2022; KASHYAP & KUMAR, 2021) foi possível obter dados válidos para uma possível implantação em áreas de irrigação, entretanto se faz necessária a coleta de mais dados com diferentes condutividades e temperaturas para chegarmos em uma melhor calibração.

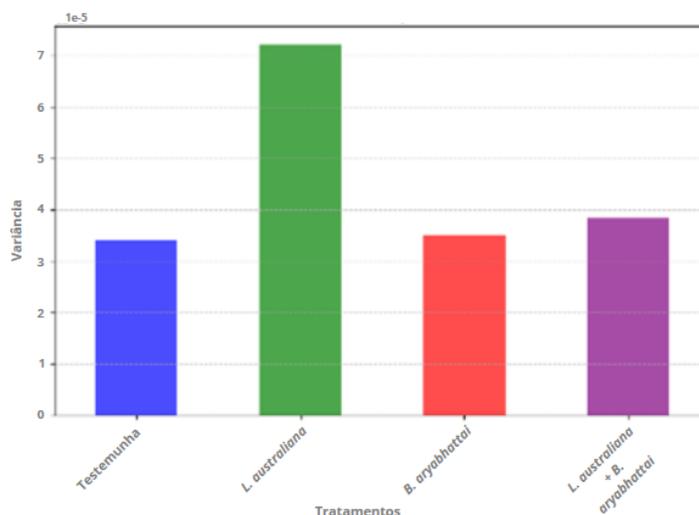
3.2 Análise dos dados a campo

A análise de variância (ANOVA) foi realizada e os resultados indicam que há uma diferença significativa entre as médias dos grupos ($F = 4.51$, $p = 0.0037$). O tratamento com algas apresentou a maior variabilidade entre as repetições (Gráfico 2), indicando maior dispersão nos dados coletados, que foi ocasionado pela Sonda 5, que estava com muitos problemas de contato.

Essa variabilidade pode estar relacionada à heterogeneidade na aplicação do bioinsumo ou a variações nas propriedades do solo, como apontado em estudos sobre a aplicação de condicionadores

orgânicos (Lal, 2004). A análise sugere que a *Leonardita australiana* pode ter alterado a estrutura do solo, afetando a retenção hídrica de forma menos uniforme em comparação com outros tratamentos.

Gráfico 2 – Resultado da análise estatística (ANOVA) das médias de umidade do solo por tratamento, com destaque para a variabilidade entre sensores e a dispersão de dados provocada por falhas de leitura na Sonda 5, do tratamento com alga. T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* (Alga); T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.



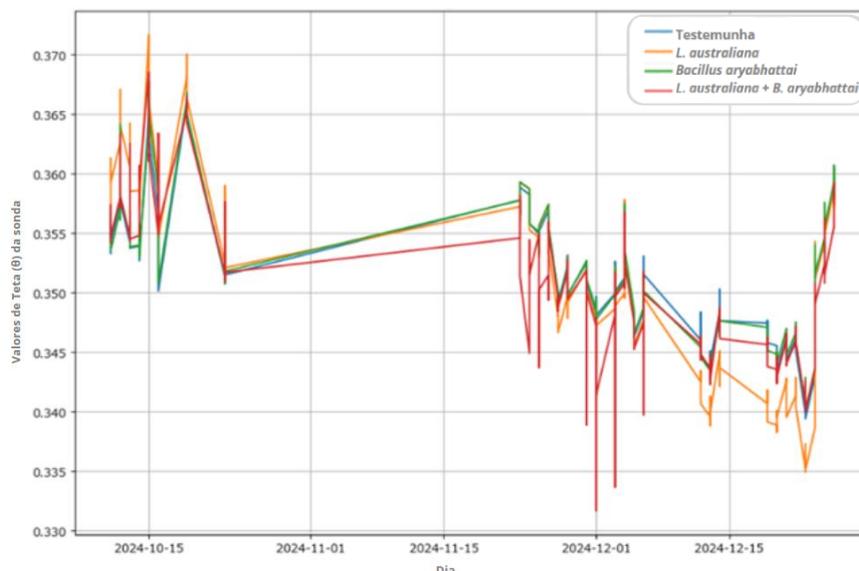
Fonte: Próprio autor.

Em análise da tendência temporal dos tratamentos (Gráfico 3), foi possível observar que no início do experimento, todos os tratamentos apresentaram valores relativamente semelhantes, seguindo paralelamente com as flutuações.

Os tratamentos com *B. aryabhatai* e *Leonardita australiana* + *B. aryabhatai* demonstraram maior estabilidade na fase intermediária do experimento (novembro a início de dezembro), embora o tratamento combinado apresente quedas repentinas em alguns pontos. Esses resultados corroboram estudos que destacam a capacidade de microrganismos como o *Bacillus aryabhatai* em melhorar a retenção hídrica em solos sob estresse hídrico (Ngumbi & Kloepper, 2016).

Já o tratamento sem bioinsumo mostrou comportamento mais uniforme, com uma tendência de leve declínio nos valores a partir de dezembro, provavelmente devido à ausência de bioinsumos. Essa tendência reflete ao período chuvoso ao fim de novembro e começo de dezembro.

Gráfico 3 – Variação da umidade do solo ao longo de três meses de monitoramento contínuo (outubro a dezembro de 2024), evidenciando o comportamento médio dos tratamentos com e sem bioinsumos diante das oscilações climáticas naturais e da irrigação. T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* (Alga); T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.

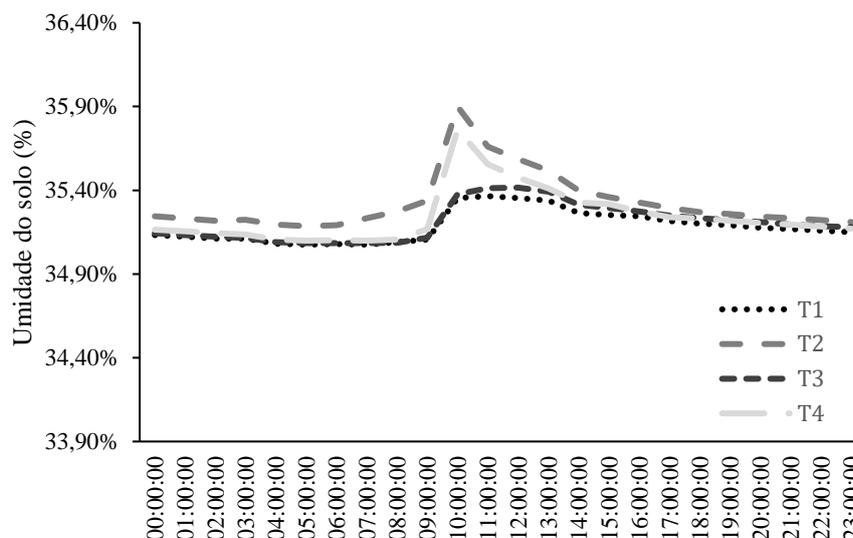


Fonte: Próprio autor.

A partir do estudo destes dados, destacou-se três dias em particular que forneceram dados que ressaltam a mudança das leituras com as variações da umidade do solo devido ao clima, a saber: úmido, seco e com irrigação. Dessa forma, estes dados são demonstrando a fim de se observar meticulosamente como as sondas se comportando nestas variações para cada tipo de tratamento a saber: T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* - Alga; T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.

No período de irrigações constantes, destacou-se o dia 23/10 (Gráfico 4), onde foi realizado uma irrigação de 2:30 horas, possibilitando verificar que em todos os tratamentos houve um aumento da porcentagem de umidade neste período de rega. Vale ressaltar que o tratamento à base de '*Leonardita australiana* - T2', obteve uma maior média de umidade (35.90%), mostrando um bom rendimento da capacidade de retenção de água, que corrobora com resultados observados por Ponciano et al. (2022), que diz que o uso de adubos orgânicos pode melhorar significativamente a retenção hídrica em Neossolos Litólicos, devido ao aumento da matéria orgânica e ao condicionamento físico do solo. Esse efeito pode ser atribuído ao aumento da matéria orgânica, que melhora a estrutura do solo e sua capacidade de armazenamento de água (Rawls et al., 2003).

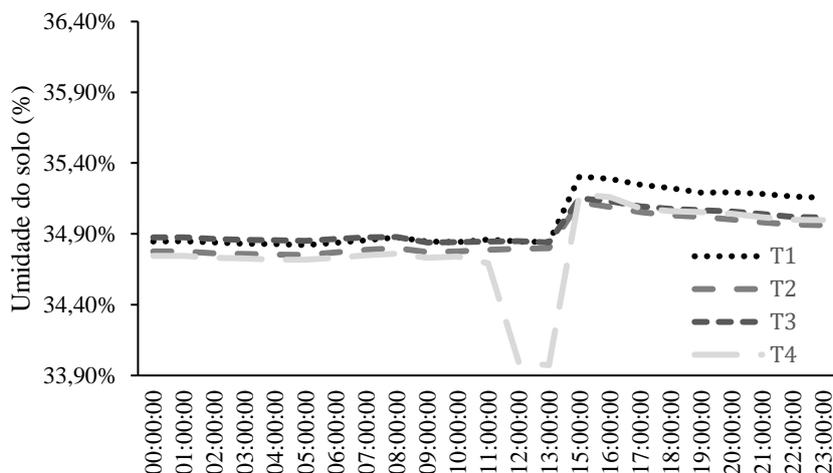
Gráfico 4 – Alterações na umidade do solo observadas após irrigação com duração de 2h30 no dia 23/10, destacando a maior retenção hídrica no tratamento com *L. australiana* (T2), atribuída ao efeito condicionador do bioinsumo. T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* (Alga); T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.



Fonte: Próprio autor.

Após longo período de chuvas, do dia 23/11 ao dia 06/12, foi estimado um valor de 141,6 mm de precipitação acumulada, acarretando então em alterações visíveis após o fim deste período (Gráfico 5), podendo verificar que o tratamento sem bioinsumo (Testemunha) - T1 apresentou a maior média de umidade (35,31%) e o menor desvio padrão (0.0033), entretanto não obteve grande diferença dos demais tratamentos. Dessa forma, em condições de alta umidade do solo, os bioinsumos tiveram efeito menos pronunciado. Essa observação está alinhada com estudos que indicam que os benefícios de condicionadores orgânicos são mais evidentes em condições de déficit hídrico (Lal, 2004).

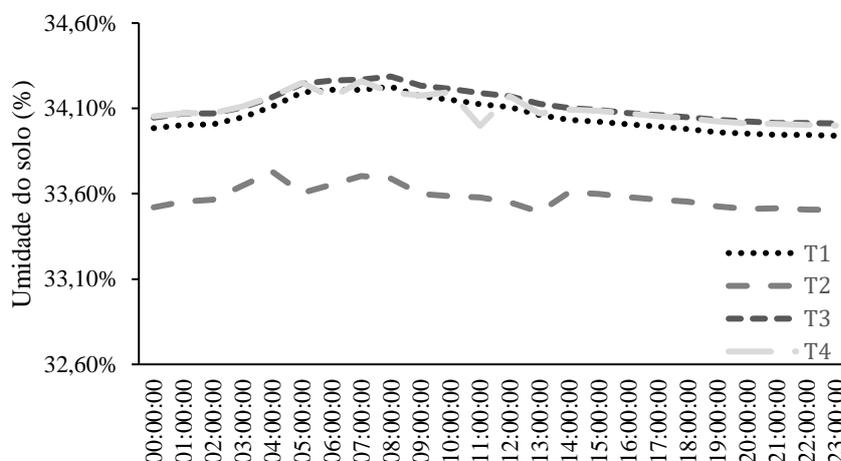
Gráfico 5 – Níveis de umidade do solo registrados após 13 dias de chuvas acumuladas (141,6 mm), com destaque para o tratamento sem bioinsumo (T1) que apresentou maior média e menor variação, evidenciando o menor efeito dos bioinsumos em condições de saturação hídrica. T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* (Alga); T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.



Fonte: Próprio autor.

Em contrapartida, após o período chuvoso, foi seguido de um período seco, obtendo-se somente 5,0 mm de chuva acumulada, onde foi finalizado no dia 23/12, podendo ser observado alterações visíveis dos dados por tratamento (Gráfico 6). O tratamento à base de *Bacillus aryabhatai* proporcionou maior média de umidade (34,29%) e menor desvio padrão (0,0020). Esses resultados confirmam o que Lima (2021) constatou em seus estudos, onde os microrganismos são capazes de hidratar as raízes e a microbiota do solo, fazendo com que respondam melhor à escassez de água.

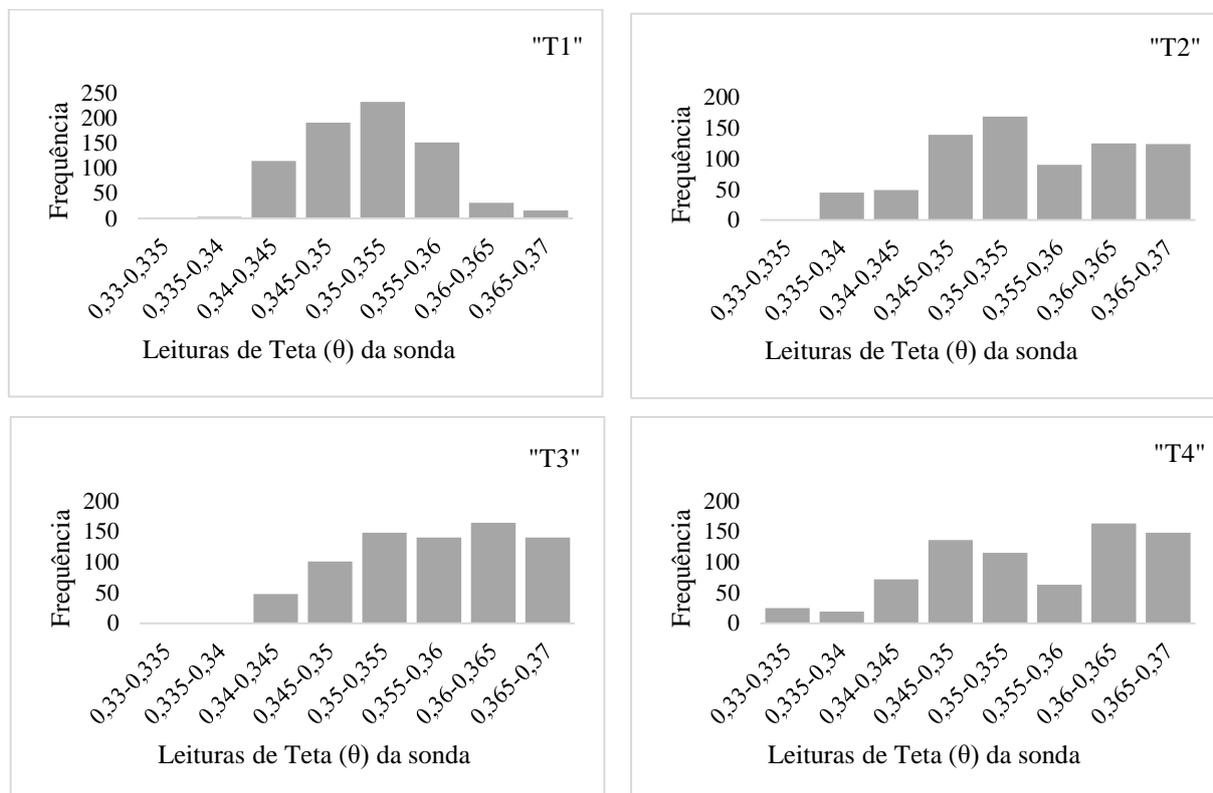
Gráfico 6 – Variação da umidade do solo ao final de um período seco com apenas 5 mm de precipitação acumulada, destacando a superioridade do *Bacillus aryabhatai* (T3) na retenção de água em condições de estresse hídrico. T1 – Testemunha; T2 - *Leonardita australiana* (Alga); T3 - *Bacillus aryabhatai*; T4 - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.



Fonte: Próprio autor.

Os gráficos de frequência (Gráfico 7), foram construídos a partir dos dados coletados desde o início do experimento, dessa forma, com os inúmeros dados disponíveis permitiu uma análise detalhada do comportamento da umidade no solo.

Gráfico 7 – Distribuição de frequência das leituras de umidade do solo registradas pela a plataforma Arduino por tratamento ao longo de todo o experimento, permitindo avaliar padrões de estabilidade, retenção hídrica com e sem aplicação de bioinsumos e a eficiência dos sensores HD-38. “T1” – Testemunha; “T2” - *Leonardita australiana* (Alga); “T3” - *Bacillus aryabhatai*; “T4” - *Leonardita australiana* + *Bacillus aryabhatai*.



Fonte: Próprio autor.

Ao observar os dados, fica evidente que as sondas, mesmo sendo de baixo custo, foram eficientes em registrar variações importantes entre os tratamentos, o que só foi possível graças ao processo de calibração realizado anteriormente. Essa etapa foi essencial para que os valores obtidos refletissem, de fato, as condições reais de umidade do solo durante o período de monitoramento.

No tratamento sem bioinsumos - T1, por exemplo, a maior parte das leituras se concentrou na faixa de 0,345 a 0,355, totalizando 424 registros nos dois intervalos com maior frequência. Esse padrão sugere que, na ausência de condicionadores ou microrganismos, o solo apresentou certa regularidade nos níveis de umidade, o que pôde ser bem acompanhado pelas sondas.

Já no tratamento com *Leonardita* (T2), os dados ficaram mais distribuídos entre diferentes faixas de umidade, o que pode indicar uma menor estabilidade na retenção de água, entretanto obteve uma boa resposta nos períodos de rega, conforme indicado no gráfico 4. O uso das sondas permitiu identificar essa variação com clareza, o que seria difícil de perceber em coletas manuais esporádicas.

Por outro lado, os tratamentos que incluíram o *Bacillus aryabhatai* (T3 e T4) mostraram maior frequência de registros em faixas mais elevadas de umidade, especialmente entre 0,36 e 0,365. Esse comportamento reforça a hipótese de que o uso de microrganismos pode contribuir para uma melhora da retenção de água no solo.

Portanto, além de avaliar os efeitos dos tratamentos na umidade do solo, os gráficos ajudam a mostrar como o sistema de monitoramento foi capaz de coletar dados de forma contínua, para a obtenção de mudanças reais no ambiente de forma precisa. Isso comprova que, mesmo com recursos limitados, é possível construir ferramentas úteis para o manejo da irrigação e tomada de decisões em campo.

Os resultados observados reforçam a viabilidade de sistemas baseados em Arduino para monitoramento em tempo real, especialmente em contextos de agricultura familiar (Pivoto et al., 2019). Sugere-se a continuidade dos testes com diferentes solos e bioinsumos, a fim de aprimorar os modelos de calibração e ampliar a aplicabilidade do sistema.

4 Conclusão

A construção e calibração de sensores resistivos de umidade acoplados ao sistema Arduino demonstraram ser uma alternativa viável de baixo custo para o monitoramento da umidade do solo em tempo real com base nos resultados obtidos.

5 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021. 130 p. ISBN 978-65-88101-10-0.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas Irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-irrigacao-atualiza-area-irrigada-total-no-brasil-em-8-2-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 21 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual 2024. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ALVES, B. O. et al. Automação de irrigação e controle de temperatura para estufas. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Meio Ambiente) – Etec Prof. Dr. José Dagnoni, Centro Paula Souza, Santa Bárbara d'Oeste, 2024.

ARDUINO. What is Arduino? Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/about/#what-is-arduino>. Acesso em: 24 jun. 2025.

BOGENA, H. R.; HUISMAN, J. A.; SCHILLING, B.; WEUTHEN, A.; VEREECKEN, H. Effective calibration of low-cost soil water content sensors. *Sensors*, v. 17, n. 1, p. 208, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s17010208>. Acesso em: 28 jul. 2025.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Estudo de otimização energética: setor irrigação – pivô central. Belo Horizonte, 1993. 22 p. Relatório desenvolvido pela CEMIG em parceria com a UFV.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. — 5. ed., rev. e ampl. — Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point: synthesis report 2021. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb7654en>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GUTIERRES, M. I. .; NEVES, E. . A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO ATRAVÉS DE SENSORES PARA OTIMIZAR A IRRIGAÇÃO NAS CULTURAS. *ENCICLOPEDIA BIOSFERA*, [S. l.], v. 18, n. 35, 2021. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3819>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ISMAILOV, A. S.; JORAYEV, Z. B. Study of Arduino microcontroller board. *Science and Education Scientific Journal*, v. 3, n. 3, 2022.

KASHYAP, B.; KUMAR, R. Sensing methodologies in agriculture for soil moisture and nutrient monitoring. *IEEE Access*, v. 9, 2021. Disponível em: DOI:10.1109/ACCESS.2021.3052478.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1097396>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LIMA, E. (2021, 27 de abril). Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas. *Embrapa Meio Ambiente*.

LOUKI, HICHEM; OMEIRI, AMAR; MERABET, LEILA. Optimized ANN-fuzzy MPPT controller for a stand-alone PV system under fast-changing atmospheric conditions. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, v. 12, n. 4, p. 1960-1981, 2023. DOI: <https://doi.org/10.11591/eei.v12i4.5099>.

NGUMBI, E.; KLOEPPER, J. Bacterial-mediated drought tolerance: Current and future prospects. *Applied Soil Ecology*, v. 105, p. 109-125, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.04.009>. Acesso em: 28 jul. 2025.

PIVOTO, D.; WAQUIL, P. D.; TALAMINI, E.; FINOCCHIO, C. P. S.; CORTE, V. F. D.; MORES, G. V. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 22, n. 4, p. 571-588, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>. Acesso em: 28 jul. 2025.

PONCIANO, V. F. G.; PONCIANO, I. M.; VALICHESKI, R. R.; OLIVEIRA, S. S. C.; CRUZ, S. J. S.; VIEIRA FILHO, W. C. Retenção da água no solo sob diferentes adubos verdes como cobertura vegetal em Neossolo Litólico Distrófico. *Ciência Agrícola*, v. 20, n. 2, p. 1-9, 2022.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, v. 116, n. 1-2, p. 61-76, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332573270_Factors_influencing_the_adoption_of_smart_farming_by_Brazilian_grain_farmers. Acesso em: 28 jul. 2025.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M.-J. Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>. Acesso em: 28 jul. 2025.

6 Apêndices

- I. Normas da Revista
Revista Principia

Diretrizes aos Autores

A **Revista Principia** recebe **trabalhos originais e inéditos**, redigidos em **Língua Portuguesa ou Inglesa**, que não estejam em avaliação para publicação em outro periódico. Para garantir a qualidade e integridade do processo editorial, os autores devem observar atentamente as diretrizes abaixo.

Os tipos de artigos a serem submetidos e com possibilidade de publicação na Revista Principia são (ver formatação e modelo no item 3 adiante):

- **Artigos originais** oriundos de pesquisa científica;
- **Artigos de revisão**, com pelo menos um dos autores com o título de Doutor, que serão incluídos quando solicitados a especialistas pelo Editor-Chefe e/ou Editor Associado ou submetidos por especialistas (esses serão avaliados de acordo com a Política Editorial da Revista Principia). Ressaltamos a necessidade de incluir uma visão crítica dos autores, inserindo seus trabalhos no tema e avaliando-os em relação ao estado da arte sobre o tema abordado. **Serão avaliados apenas artigos de revisão sistemática e integrativa nas temáticas que estão no escopo da Revista Principia;**
- **Relatos de casos** (aplicados apenas na área de Medicina Veterinária);
- **Na área de Educação e Ensino**, são especialmente bem-vindos artigos que apresentem **análises críticas dos objetos de estudo, devidamente fundamentadas, com contribuições consistentes para o avanço teórico e prático da área, de acordo com o escopo da Revista Principia.**

1. Condições para submissão

a. Trabalhos previamente publicados em anais de congressos ou como monografias institucionais devem ser submetidos em versão expandida com acréscimo mínimo de 30% de conteúdo original, incluindo novos resultados e conclusões. Essa condição deve ser explicitada no manuscrito e na carta ao editor. O não cumprimento poderá resultar na rejeição do trabalho;

b. Caso seja identificada a publicação do mesmo conteúdo em outro veículo após a aprovação na Revista Principia, o trabalho será retirado sumariamente, com menção ao ocorrido, usando os procedimentos da COPE;

c. Seguindo recomendações da SciELO, a Revista Principia aceita submissões de artigos derivados de teses e dissertações, desde que atendam aos seguintes critérios:

- **Reformulação substancial:** o manuscrito deve ser elaborado a partir da pesquisa original, apresentando uma nova estrutura e abordagem que atendam ao formato de artigo científico, evitando a simples transcrição ou redução do texto da tese ou dissertação;
- **Indicação da origem:** na carta ao editor, o autor deve informar que o artigo é derivado de uma tese ou dissertação, incluindo detalhes como título, autor, instituição e ano de defesa. Essa informação deverá constar como nota, se o trabalho for aprovado pelo Corpo Editorial da Revista Principia, conforme modelo da Revista Principia;
- **Originalidade e ética:** é imperativo que o artigo apresente conteúdo original e não tenha sido publicado anteriormente em outros periódicos. A submissão deve estar em conformidade com as diretrizes éticas de publicação científica, evitando qualquer forma de autoplagiarismo.

d. Traduções de trabalhos já publicados não são aceitas. Caso identificadas, as submissões serão rejeitadas;

e. Caso um trabalho já aprovado para publicação seja posteriormente identificado como conteúdo integralmente publicado em um repositório institucional, periódico ou anais de congresso, ele será imediatamente retirado da revista, com menção ao ocorrido, seguindo os procedimentos da COPE;

f. Declaração de Ciência das Diretrizes: os autores devem assinar e submeter uma declaração de ciência das diretrizes, confirmando que leram e concordam com as normas da Revista Principia e que o manuscrito será publicado sob a licença Creative Commons. Informações sobre o modelo neste link;

g. Parecer Ético (se aplicável): caso a pesquisa envolva seres humanos e/ou animais, é obrigatória a inclusão do parecer do comitê de ética em pesquisa;

h. A submissão deve incluir uma carta de apresentação (cover letter) com os elementos descritos no modelo de carta. Atenção: Leia as recomendações sobre a sugestão de avaliadores.

2. Processo de submissão

a. Os trabalhos devem ser submetidos exclusivamente por meio do sistema eletrônico da Revista Principia: Enviar Submissão;

b. O autor deve se cadastrar no sistema e incluir o ORCID, email, filiação e país nos metadados da submissão, bem como dos demais coautores;

c. O manuscrito deve ser enviado em formato PDF, sem qualquer identificação de autoria (direta ou indireta), incluindo a remoção de informações nas Propriedades do Arquivo., garantindo a avaliação duplo-cega;

d. Trabalhos que não seguirem as instruções de formatação serão automaticamente rejeitados.

e. O não cumprimento dos prazos ou das solicitações de ajustes pela equipe editorial poderá resultar no arquivamento do trabalho, sem garantia de publicação.

3. Formatação do manuscrito

A formatação deve seguir rigorosamente o modelo de artigo da Revista Principia (Não utilizamos modelos em LaTeX ou equivalente). Abaixo, destacamos os principais pontos:

3.1. Estrutura geral

- **Número máximo de autores:** 6 (todos devem assinar a declaração de autoria; não é permitido acréscimo posterior).
- **Número de páginas:**
 - Artigos originais e de revisão: 12 a 18 páginas.
 - Relatos de caso (apenas Medicina Veterinária): 8 a 18 páginas.
- **Formato da página:** A4, orientação vertical.
- **Margens:** superior = 3,5 cm; inferior = 2 cm; direita e esquerda = 2,5 cm.
- **Espaçamento:** Simples entre linhas e parágrafos (0 pt antes e depois).

- **Recuo:** 1 cm na primeira linha do parágrafo.

3.2. Fonte e estilo

- **Fonte:** Times New Roman, conforme detalhado no Quadro 1.

Item	Tamanho	Estilo
Título do artigo	12	Negrito
Resumo/Abstract	11	Normal/Itálico
Títulos das seções e subseções	11	Negrito e numerado
Corpo do texto	11	Normal
Títulos de figuras, tabelas e quadros	10	Normal
Corpo de tabelas e quadros	10	Normal
Notas de rodapé e fontes	8	Normal

3.3. Elementos textuais

- **Título do artigo:** máximo de 50 palavras, com apenas a primeira letra maiúscula (exceto em casos específicos).
- **Resumo/Abstract:** 200 a 300 palavras.
- **Palavras-chave/Keywords:** 3 a 5 termos, em ordem alfabética e letras minúsculas (exceto em casos específicos).
- **Referências:** devem seguir a ABNT NBR 6023/2018, incluindo apenas fontes citadas no texto.
- **Citações e notas:** seguir ABNT NBR 10520/2023 e ABNT NBR 14724/2011, respectivamente.
- **Ilustrações e tabelas:** devem estar em formato editável (.docx) e seguir ABNT NBR 6022/2018 e Normas de Apresentação Tabular do IBGE. São uma forma não discursiva de apresentar informações; nelas, os dados numéricos se destacam como informação central.
- **Ilustrações:** São figuras, quadros, gráficos, etc. As figuras contidas no manuscrito devem estar no formato *.jpg ou *.png (resolução mínima de 300 dpi).
- **Equações matemáticas:** centralizadas, numeradas sequencialmente e editáveis (não como figuras).

4. Recomendações aos autores

O Comitê Editorial da Revista Principia recomenda aos autores que sigam as diretrizes abaixo ao submeterem seus manuscritos:

a. Referências bibliográficas

- Priorizar referências publicadas nos últimos sete anos, preferencialmente em revistas científicas, teses, dissertações e livros;
- Para trabalhos em inglês, dar preferência a referências também em inglês, com algumas exceções justificadas em português;
- Sempre utilizar o DOI (quando disponível) ou o link primário da publicação (revista, tese, dissertação, legislação etc.), evitando bases como ResearchGate;
- Citar o nome completo do periódico referenciado, evitando abreviações;
- Não citar preprints, trabalhos em avaliação ou materiais didáticos como notas de aula, slides e apostilas.

b. Formatação do texto e equações

- Variáveis matemáticas devem estar em itálico ao longo do texto e nas equações.
- Equações devem ser editáveis e numeradas sequencialmente.

c. Estrutura do manuscrito

- Sempre incluir um texto introdutório antes de cada seção e subseção do trabalho.

Outras orientações podem ser encontradas no modelo da Revista Principia.

5. Políticas editoriais e modelo de artigo

Para mais detalhes, consulte:

- Políticas Editoriais da Revista Principia (veja na aba superior da Revista Principia);
- Modelo de Artigo para Submissão.

6. Contato

Em caso de dúvidas, entre em contato com a equipe editorial pelo e-mail: revistaprincipia@ifpb.edu.br.

II. Qualis da Revista: B3