

Jader Silveira (Org.)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

*Tecnologias
e Revolução
no Campo*

v. 2



uniatual
EDITORA

Jader Silveira (Org.)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

*Tecnologias
e Revolução
no Campo*

v. 2



uniatual
EDITORA

© 2026 – Uniatual Editora

www.uniatual.com.br

universidadeatual@gmail.com

Organizador

Jader Luís da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Capa: Freepik/Uniatual

Revisão: Respectiveos autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587c Ciências Agrárias: Tecnologias e Revolução no Campo - Volume 2
/ Jader Luís da Silveira (organizador). – Formiga (MG): Uniatual Editora, 2026. 108 p.: il.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-6170-006-1
DOI: 10.5281/zenodo.19411116

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia geral. 3. Multidisciplinar e Interdisciplinar. I. Silveira, Jader Luís da. II. Título.

CDD: 630.7
CDU: 631/63

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Uniatual Editora
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.uniatual.com.br
universidadeatual@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.uniatual.com.br/2026/04/ciencias-agrarias-tecnologias-e.html>



AUTORES

Alan Schreiner Padilha
Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro
Débora Sterffany Andrade de Lima
Dominique Junior Vais
Eduardo Cividini
Elisângela dos Santos Ribeiro Lima
Érika Andressa Silva
Franciana dos Santos Carvalho
Gilson Ribeiro Nachtigall
Isabele Holanda Moraes
Isabelli Macedo Custódio
Jainny Victória Ricardo Lira dos Santos
João Pedro de Andrade Paiva
Joelson Souza Isidro dos Santos
Jucelia Freitas da Silva
Julia Fantin
Kalina Lígia da Silva Holanda
Kátia Marisa Paulo Gotine
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Mayra Gislayne Melo de Lima
Nadir Paula da Rosa
Rayssa Holanda Moraes
Ronaldo Pereira da Costa
Simone da Silva Reis
Telma Rodrigues de Solza Gomes
Vanuza Santana Pereira Melo
Viviane Farias Silva

APRESENTAÇÃO

É com imenso apreço e elevada consideração pelo saber científico que apresentamos ao público leitor a obra *Ciências Agrárias: Tecnologias e Revolução no Campo*, resultado de um esforço coletivo e interdisciplinar que visa lançar luz sobre as profundas transformações que vêm moldando o cenário rural nas últimas décadas. Esta obra, rica em conteúdo e fundamentada em rigorosa pesquisa acadêmica, se propõe a discutir, com profundidade e senso crítico, a intrincada relação entre ciência, tecnologia e o desenvolvimento agrário, abordando os múltiplos impactos da inovação no campo – sejam eles econômicos, sociais, ambientais ou culturais.

A agricultura, em seu sentido mais amplo, jamais foi uma atividade estática. Desde os primeiros cultivos nas margens férteis dos grandes rios até as mais modernas lavouras geridas por sistemas de inteligência artificial, o fazer agrícola sempre esteve atrelado ao progresso humano. Contudo, nunca antes na história da humanidade se testemunhou uma aceleração tão vertiginosa e disruptiva nos processos produtivos rurais quanto aquela observada no século XXI. Nesse contexto, esta obra se insere como contribuição indispensável ao debate contemporâneo, ao apresentar uma visão sistêmica e aprofundada sobre os avanços tecnológicos que vêm impulsionando uma verdadeira revolução no campo – revolução esta que transcende os limites da produtividade e se desdobra em novos paradigmas de sustentabilidade, gestão de recursos e soberania alimentar.

Ao longo de seus capítulos, o leitor encontrará discussões que envolvem a adoção da agricultura de precisão, os impactos da biotecnologia e da genética vegetal e animal, a gestão racional dos recursos hídricos e edáficos, a mecanização agrícola com suporte de tecnologias digitais, além de reflexões sobre políticas públicas, extensão rural e os desafios da inclusão social no campo tecnológico. A proposta é, portanto, não apenas descrever as inovações, mas também problematizá-las à luz das realidades locais e globais, considerando os distintos contextos socioeconômicos que compõem o tecido agrário nacional e internacional. A obra também se debruça sobre a necessidade de formação continuada dos profissionais da área, destacando o papel das universidades,


institutos de pesquisa e centros de inovação como agentes fundamentais na promoção de um desenvolvimento rural equilibrado, ético e resiliente.

Este livro destina-se a um amplo espectro de leitores: estudantes, pesquisadores, docentes, técnicos, agricultores, formuladores de políticas públicas e todos aqueles que, de alguma maneira, se interessam pelos rumos da agricultura contemporânea. Sua leitura proporcionará não apenas o conhecimento técnico e científico necessário para a compreensão do atual estágio das ciências agrárias, mas também uma reflexão crítica sobre o papel da tecnologia como ferramenta de transformação social. Que esta obra sirva de inspiração e guia para aqueles que acreditam no poder da ciência como instrumento de progresso e justiça, e que veem no campo não apenas um espaço de produção, mas um território vivo, pulsante e fundamental para a construção de um futuro mais sustentável e solidário.

Boa leitura!

SUMÁRIO

Capítulo 1 PENETRÔMETRO DE IMPACTO E SENSORES ARDUINO NA AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE SOLOS MANEJADOS COM FRUTICULTURA EM VIDEIRA E PINHEIRO PRETO/SC	09
<i>Eduardo Cividini; Érika Andressa Silva; Gilson Ribeiro Nachtigall; Alan Schreiner Padilha</i>	
<hr/>	
Capítulo 2 DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR MINERAÇÃO DE CAULIM NO ENTORNO DO RIO DOS QUINTOS, EQUADOR - RN	26
<i>Joelson Souza Isidro dos Santos; Maria Sallydelândia de Farias Araújo; Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro; Luciano Marcelo Fallé Saboya; João Pedro de Andrade Paiva; Mayra Gislayne Melo de Lima; Viviane Farias Silva</i>	
<hr/>	
Capítulo 3 POPULAÇÃO URBANA EM ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS NA ZONA RURAL DE SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS - PB	42
<i>Isabele Holanda Moraes; Rayssa Holanda Moraes; Jainny Victória Ricardo Lira dos Santos; Isabelli Macedo Custódio; Maria Sallydelândia de Farias Araújo; Mayra Gislayne Melo de Lima; Kalina Lígia da Silva Holanda</i>	
<hr/>	
Capítulo 4 PROMOVENDO A SUSTENTABILIDADE POR MEIO DO CONTROLE DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE COM ARDUINO	57
<i>Dominique Junior Vais; Elisângela dos Santos Ribeiro Lima; Simone da Silva Reis; Vanuza Santana Pereira Melo; Telma Rodrigues de Solza Gomes; Ronaldo Pereira da Costa; Franciana dos Santos Carvalho; Jucelia Freitas da Silva</i>	
<hr/>	
Capítulo 5 EFICÁCIA DE MÉTODOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DE <i>Bradysia spp.</i> (DIPTERA: SCIARIDAE) EM MUDAS DE MORANGUEIRO	78
<i>Julia Fantin; Érika Andressa Silva; Gilson Ribeiro Nachtigall; Nadir Paula da Rosa</i>	
<hr/>	
Capítulo 6 DINÂMICA TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRIBUTÁRIO DA BACIA DO AÇUDE DE BODOCONGÓ: ESTUDO DE CASO DA UFCG	90
<i>Débora Sterffany Andrade de Lima; Maria Sallydelândia de Farias Araújo; Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro; Mayra Gislayne Melo de Lima; Joelson Souza Isidro dos Santos; João Pedro de Andrade Paiva; Kátia Marisa Paulo Gotine</i>	
<hr/>	
AUTORES	105



Capítulo 1
PENETRÔMETRO DE IMPACTO E SENSORES ARDUINO NA
AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE SOLOS MANEJADOS
COM FRUTICULTURA EM VIDEIRA E PINHEIRO PRETO/SC

Eduardo Cividini
Érika Andressa Silva
Gilson Ribeiro Nachtigall
Alan Schreiner Padilha

**PENETRÔMETRO DE IMPACTO E SENSORES ARDUINO NA AVALIAÇÃO
DA COMPACTAÇÃO DE SOLOS MANEJADOS COM FRUTICULTURA EM
VIDEIRA E PINHEIRO PRETO/SC**

Eduardo Cividini

*Graduando em Agronomia, discente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira,
eduardocividini05@gmail.com*

Érika Andressa Silva

*Doutora em Ciência do Solo, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira,
erika.silva@ifc.edu.br*

Gilson Ribeiro Nachtigall

*Doutor em Ciências Agrárias, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira,
gilson.nachtigall@ifc.edu.br*

Alan Schreiner Padilha

*Mestrado em Engenharia Florestal, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus
Videira, alan.padilha@ifc.edu.br*

RESUMO

A fruticultura desempenha papel estratégico na agricultura brasileira, destacando-se pelo seu impacto econômico e social, especialmente em pequenas propriedades rurais. Em Santa Catarina, a atividade é fortemente associada à agricultura familiar, com destaque para a produção de videiras e pessegueiros na região do Alto Vale do Rio do Peixe. No entanto, a compactação do solo constitui um dos principais entraves ao desenvolvimento dessas culturas, afetando negativamente o crescimento radicular e o aproveitamento hídrico. Diante disso, este

estudo teve como objetivo avaliar a resistência à penetração (RP) do solo e correlacioná-la com o teor de umidade em áreas de cultivo de frutíferas nos municípios de Videira e Pinheiro Preto/SC. Foram selecionadas oito propriedades rurais, sendo quatro com videiras e quatro com pessegueiros. Em cada uma, foram determinados quatro pontos de amostragem, com coletas de dados de RP e umidade do solo em profundidades de 20 e 40 cm. Para a medição da RP, utilizou-se um penetrômetro de impacto, e para a umidade, um sensor de baixo custo desenvolvido com base na plataforma Arduino. Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com aplicação de ANOVA e testes de comparação de médias Tukey e Scott-Knott (5%). Foi possível identificar níveis de resistência a penetração elevados em todas as propriedades analisadas, em especial na profundidade de 40 cm. Os dados de umidade se relacionaram diretamente aos níveis de RP encontrados. O estudo demonstrou altos níveis de compactação nos pomares estudados, sendo a principal causa, provavelmente, o tráfego de máquinas em condições de umidade de solo inadequadas. Os resultados deste estudo evidenciam a nítida necessidade de intervenção a fim de reduzir e prevenir o aumento da compactação do solo, para assim proporcionar maior produtividade e rentabilidade para a fruticultura regional.

Palavras-chave: Resistência à penetração do solo. *Vitis vinifera* L. *Prunus persica* (L.) Batsch

ABSTRACT

Fruit farming plays a strategic role in Brazilian agriculture, standing out for its economic and social impact, especially on small rural properties. In Santa Catarina, this activity is strongly associated with family farming, with a particular emphasis on the production of grapevines and peach trees in the Alto Vale do Rio do Peixe region. However, soil compaction constitutes one of the main obstacles to the development of these crops, negatively affecting root growth and water utilization. Given this context, this study aimed to evaluate soil penetration resistance (PR) and correlate it with moisture content in fruit cultivation areas in the municipalities of Videira and Pinheiro Preto, SC. Eight rural properties were selected: four with grapevines and four with peach trees. In each property, four sampling points were determined, collecting PR and soil moisture data at depths of 20 and 40 cm. For PR measurement, an impact penetrometer was used, and for moisture, a low-cost sensor developed based on the Arduino platform. Data were analyzed using a completely randomized design, applying ANOVA and Tukey and Scott-Knott mean comparison tests (5%). It was possible to identify high levels of penetration resistance in all analyzed properties, especially at the 40 cm depth. The moisture data were directly related to the PR levels found. The study demonstrated high levels of compaction in the studied orchards, with the primary cause likely being machinery traffic under inadequate soil moisture conditions. The results of this study evidence a clear need for intervention to reduce and prevent the increase of soil

compaction, thereby providing greater productivity and profitability for regional fruit farming.

Keywords: Soil penetration resistance. *Vitis vinifera* L. *Prunus persica* (L.) Batsch

INTRODUÇÃO

A fruticultura representa um dos principais pilares da economia agrícola brasileira. Em função da diversidade de condições climáticas presentes no território nacional, é possível o cultivo de uma ampla gama de espécies frutíferas (PEREIRA; GOMES; GIANEZINI, 2021). Essa atividade possui expressiva relevância socioeconômica, gerando emprego e renda, especialmente em pequenas propriedades rurais, devido à elevada demanda por mão de obra nos pomares (DA SILVA, 2019).

Em Santa Catarina, o cenário da fruticultura acompanha a diversidade observada em âmbito nacional, destacando-se pela predominância da agricultura familiar. O estado apresenta produção significativa tanto de espécies adaptadas ao clima temperado quanto àquelas oriundas de regiões tropicais (MORAES, 2023).

A região do Alto Vale do Rio do Peixe, composta por municípios como Videira, Tangará e Pinheiro Preto, é caracterizada por elevada produção de frutas, especialmente uvas e pêssegos. Tais culturas possuem grande importância regional, contribuindo não apenas para o setor produtivo, mas também para o desenvolvimento de atividades correlatas, como o turismo rural (SOARES; JUNIOR, 2009; EPAGRI, 2022).

O cultivo de frutíferas exige solos com boas condições físicas e químicas, imprescindíveis para o alcance de altos níveis de produtividade e qualidade (COLLARES et al., 2006). Contudo, a compactação do solo configura-se como um dos principais entraves ao pleno desenvolvimento das culturas perenes (VILAS BOAS, 2010). Essa condição é caracterizada pelo aumento da densidade do solo, da resistência à penetração e da microporosidade, bem como pela redução da porosidade total e da macroporosidade (STEFANOSKI et al., 2013).

Entre os principais fatores relacionados à compactação do solo, destaca-se o tráfego intenso de máquinas agrícolas utilizado nas operações de manejo, como pulverizações e adubações, especialmente nas entrelinhas (PETRY, 2014). Embora práticas como a subsolagem possam ser empregadas para mitigação da compactação, sua

aplicação em pomares é limitada devido à concentração do sistema radicular das frutíferas nas camadas superficiais do solo (FRANCETTO et al., 2014).

A resistência à penetração (RP) constitui um dos principais indicadores utilizados na avaliação da compactação do solo, sendo fortemente influenciada pelo teor de umidade (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001; PETRY, 2014). Valores elevados de RP podem restringir o crescimento da parte aérea das plantas e comprometer a partição de fotoassimilados entre as raízes e os demais órgãos vegetativos (TORMENA et al., 2002).

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar os níveis de compactação do solo por meio da resistência à penetração, correlacionando-os com o teor de umidade do solo em áreas cultivadas com pessegueiro e videira nos municípios de Videira e Pinheiro Preto, SC. Os resultados obtidos buscam subsidiar estratégias de manejo visando à mitigação da compactação e ao aumento da produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção frutícola.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas experimentais

Este estudo foi desenvolvido nos municípios de Videira e Pinheiro Preto, Santa Catarina, localizados no meio oeste catarinense, clima temperado, e altitude média de 750 m acima do nível do mar (ALVARES et al., 2013). Para realizar a coleta de dados foram selecionadas 8 propriedades rurais com cultivo de frutíferas (4 cultivadas com videiras e 4 cultivadas com pessegueiros), nas quais, foram escolhidos ao acaso 4 pontos (perfis de solo - por propriedade), para coleta de dados de resistência a penetração (RP) e umidade. O solo das propriedades rurais é classificado como Cambissolo Háplico (SANTOS et al., 2018).

Desenvolvimento do sensor de umidade do solo

Conforme descrito por Cividini, Silva e Nachtigall (2025), o sensor de umidade é constituído de duas partes: um datalogger que registra os dados e uma haste que é inserida no solo para obtenção dos valores. Nesta haste, existe um par de eletrodos para cada profundidade (10, 20, 30, 40, 50 e 60 cm) que realiza leituras da resistividade do solo a passagem da corrente elétrica.

O datalogger é composto por um microcontrolador Arduino que processa os dados recebidos a partir dos eletrodos. O microcontrolador Arduino foi programado para enviar um sinal, de um eletrodo para o outro, em todas as profundidades. O sinal recebido, exibido em bytes, corresponde ao teor de água presente na amostra. Os eletrodos foram fabricados em placas de cobre de 2 cm² e fixados em uma haste confeccionada a partir de um material isolante. As portas do microcontrolador destinadas a energização foram conectadas aos eletrodos através de cabos com seção de 0,25 mm.

Os eletrodos destinados a leitura do sinal foram conectados às portas do microcontrolador através de cabos com seção de 0,25 mm e passam por resistores para evitar ruídos no sinal. Para cada profundidade e tipo de cultivo, os gráficos de calibração dos sensores foram elaborados com 32 pontos, correspondentes a 4 propriedades com 8 repetições cada. Desses, 16 pontos referem-se aos perfis nos quais foi realizada a análise de resistência do solo à penetração (RP), e os outros 16 são pontos aleatórios dentro das propriedades. Nos mesmos locais em que a umidade foi aferida com o sensor, foram coletadas amostras de solo, acondicionadas em latinhas metálicas lacradas, para posterior determinação da umidade pelo método da estufa. No laboratório, as latinhas com solo úmido foram pesadas e levadas à estufa a 105 °C por 24 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e novamente pesadas para a obtenção da massa seca do solo. A umidade do solo foi determinada a partir da equação 1 (Eq.1):

$$U (g/g) = \frac{MU - MS}{MS}$$

Em que MU = massa úmida (g); MS = massa seca (g)

Os valores de umidade obtidos pelos dois métodos foram plotados em gráficos no software Microsoft Excel. No eixo x, foram representados os valores obtidos pelo método da estufa enquanto no eixo y, representados os valores obtidos pelo sensor de Arduino. No mesmo software foram criados modelos matemáticos lineares correlacionando os valores obtidos pelos dois métodos para todos os dados de cada profundidade e tipo de cultivo.

Coleta de dados de RP nas propriedades rurais

Para as medidas de resistência à penetração do solo (RP) foi utilizado o penetrômetro de impacto modelo Stolf et al. (1983). Neste tipo de penetrômetro um peso de 4 kgf é liberado de uma altura de 40 cm e ao chocar-se com o fixador da haste graduada, o sistema, através da ponteira cônica, penetra no solo a uma profundidade x do estado inicial.

A penetração por impacto é lida na haste graduada do penetrômetro e os resultados são fornecidos em impactos/dm (número de impactos necessários para perfurar um decímetro de solo). As especificações do penetrômetro utilizado são: modelo IAA/PLANALSUCAR/STOLF com as seguintes características: massa de 4 kg com impacto em curso de queda livre de 0,40 m; cone com 0,0128 m de diâmetro, área de 1,29 cm² e ângulo sólido de 30°; e haste com diâmetro aproximado de 0,01 m.

Este equipamento tem como princípio a penetração de uma haste ao longo do perfil do solo mediante uma força que provém do impacto de um êmbolo, que compõem o equipamento, o qual é derrubado de uma altura constante. Para obtenção da resistência mecânica a penetração (RP) com este equipamento, de acordo com a metodologia proposta por Stolf (1991), deve -se aplicar a seguinte equação (Eq. 2):

$$\text{Eq.2 } RP = (5,6 + 6,89 \times ((N/(D-A) \times 10) \times 0,0981))$$

Onde: RP a resistência mecânica do solo à penetração (MPa); N o número de impactos efetuados para a obtenção da leitura; e A e D = leituras anteriores (A) e posteriores (D) da realização dos impactos (cm).

Neste trabalho avaliou-se a compactação do solo em áreas de frutíferas, as quais possuem cultivo de pessegueiros e videiras. Para tanto, nas 8 propriedades que aceitaram participar do projeto foram coletadas informações de RP e umidade, em 4 repetições, nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade. Os dados de RP foram tabulados na planilha de Stolf e gráficos (RP x profundidade) foram gerados em Microsoft Excel (Figura 2).

Análises estatísticas

Na avaliação da RP, considerou-se delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições x 4 propriedades e 2 camadas de solo (20, 40 cm), para cada espécie frutífera (Videira e Pessegueiro), num total de 64 informações de RP. Com o auxílio de programas

estatísticos, para comparação dos dados de RP, considerando interação propriedade e profundidade, realizaram-se análises de variância e quando pertinente, aplicou-se o teste de Tukey ou Scott-Knott (5%).

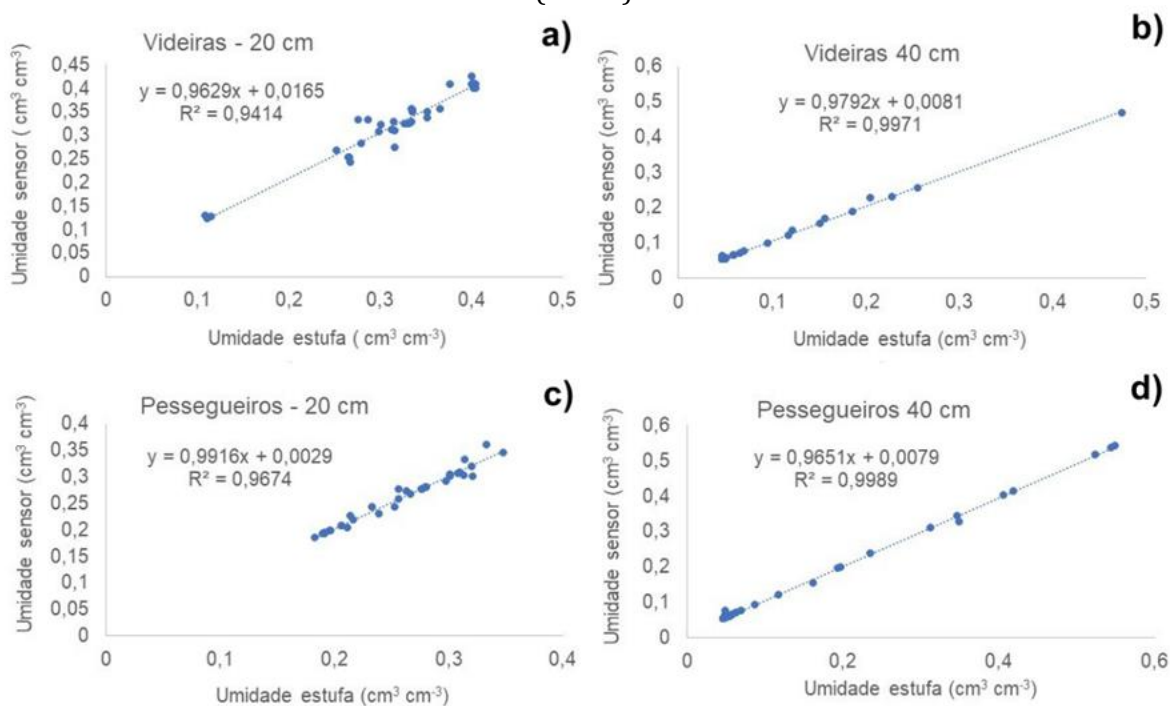
Os valores de umidade obtidos pelos métodos da estufa e sensores de Arduino foram submetidos ao teste de comparação de médias Scott-Knott a 5%, utilizando-se o programa Infoestat@.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calibração do sensor utilizado para coleta de dados de umidade

Os gráficos apresentados na figura 1 representam os valores de umidade do solo obtidos por sensores com os valores determinados pelo método padrão de estufa, nos dois cultivos (Videiras e Pessequeiros) e nas duas profundidades (20 cm e 40 cm).

Figura 1 – Gráfico da calibração do sensor utilizando o método da estufa em laboratório como referência: a) Videiras (20 cm); b) Videiras (40 cm); c) Pessequeiros (20 cm) e d) pessequeiros (40 cm).



Fonte: dados da pesquisa (2026).

De forma geral, os dados obtidos por sensores de umidade demonstraram forte concordância com os dados obtidos pelo método de estufa em todas as situações testadas ($R^2 > 0,94$). Nas condições estudadas verificou-se que os sensores de Arduino

desenvolvidos e calibrados são eficientes e confiáveis para monitoramento da umidade do solo.

Umidade do solo obtidas com sensores Arduino nas áreas de videira e pessegueiro

Os dados de umidade nas áreas de vitivinicultura tiveram diferença significativa entre as camadas de 20 e 40 cm, sendo menores nas camadas mais profundas. Os valores de umidade do solo apresentaram interação entre propriedades e profundidade, por este motivo foi realizado o desdobramento para ambos os fatores conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 –Dados médios de umidade das áreas de vitivinicultura, com o desdobramento entre propriedades e profundidades.

Propriedade	Umidade (cm ³ /cm ³)	
	20 cm	40 cm
P1	0,38 A a	0,049 B a
P2	0,20 A d	0,049 B a
P3	0,27 A c	0,049 B a
P4	0,312 A b	0,047 B a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott (5%). **Fonte:** dados da pesquisa (2025).

Observou-se que, em todas as propriedades analisadas, a camada de 40 cm apresentou menor teor de umidade, sem diferenças significativas entre as quatro propriedades. Por outro lado, na profundidade de 20 cm, os maiores valores de umidade foram registrados na Propriedade 1, seguidos pelas Propriedades 4, 3 e 2, respectivamente (Tabela 1).

Os dados de umidade coletados nas áreas cultivadas com pessegueiro não apresentaram interação significativa entre profundidade e propriedade. As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios de umidade e os resultados dos testes estatísticos aplicados.

Tabela 2 – Valores médios de umidade para cada propriedade com cultivo de pessegueiro.

Propriedade	Umidade (cm ³ /cm ³) ^{ns}
P1	0,18 A
P2	0,17 A
P3	0,19 A
P4	0,17 A

ns: não significativo **Fonte:** dados da pesquisa (2025).

Tabela 3 – Valores médios de umidade para cada profundidade das áreas de pessegueiro.

Profundidade (cm)	Umidade (cm³/cm³)
20	0,29 A
40	0,07 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). **Fonte:** dados da pesquisa (2025).

Conforme apresentado na Tabela 2, no momento da realização dos ensaios de resistência à penetração (RP), os solos das propriedades cultivadas com pessegueiros apresentavam umidades médias semelhantes. No entanto, os valores médios de umidade por profundidade, indicados na Tabela 3, revelam que a camada de 20 cm apresentava maior teor de umidade em comparação à camada de 40 cm.

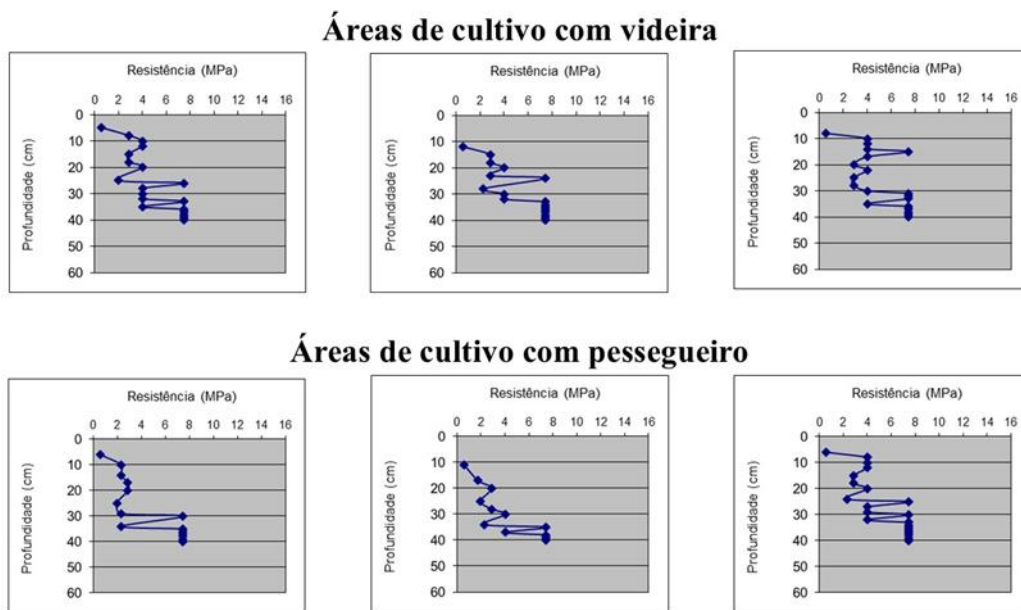
De forma geral, ao analisar os valores de umidade do solo nas duas culturas estudadas, observa-se que, em ambas, os teores de água foram considerados baixos, especialmente na camada mais profunda (40 cm). A ocorrência de teores de umidade superiores nas camadas superficiais em comparação às camadas inferiores foi atribuída a chuvas anteriores à coleta, cujos volumes ou duração foram insuficientes para que a umidade penetrasse até as camadas mais profundas do solo (SERAFIM et al., 2013).

Esse padrão é frequentemente observado em glebas de Cambissolo, cujas características físicas dificultam a redistribuição da água no perfil do solo (OTTONI FILHO, 2003; MENEZES et al., 2009). Além disso, a condição de umidade na camada superficial foi agravada pelo déficit hídrico verificado no período que antecedeu a coleta, marcado por 21 dias consecutivos sem precipitação e temperaturas médias próximas a 40 °C, o que intensificou a perda de umidade no solo.

Resistência a penetração das áreas de videira e pessegueiro

Inicialmente, de posse dos dados de número de impactos e profundidade de penetração, obtidos em campo com o uso do penetrômetro de impacto, realizou-se a tabulação na planilha proposta por Stolf (1991). Essa etapa resultou nos valores de resistência à penetração do solo (RP), além da geração dos gráficos de RP em função da profundidade (Figura 2). Abaixo, apresentam-se três exemplos de gráficos representativos para cada cultura analisada.

Figura 2 – Gráficos de RP em função da profundidade gerados com a planilha de Stolf.



Fonte: dados da pesquisa (2025).

Os gráficos da figura 2 possuem a resistência a penetração no eixo x, a qual é mensurada em MPa, e a profundidade do perfil do solo apresentada no eixo y (cm). Ao analisar os gráficos, observa-se uma maior resistência à penetração nas camadas mais profundas do solo, com valores que chegam a 7 MPa. No entanto, mesmo nas camadas superficiais (até 20 cm), os níveis de resistência à penetração (RP) frequentemente superam 2 MPa, o que já é considerado prejudicial ao desenvolvimento das plantas (STEFANOSKI et al., 2013).

A literatura apresenta tabelas que classificam o solo conforme os níveis de resistência à penetração. A Tabela 4 é um exemplo, dividida em seis classes que variam de resistência extremamente baixa a extremamente alta.

Tabela 4 – Classificação dos valores de RP.

Classe	Resistência a penetração (MPa)
Extremamente pequena	<0,01
Muito baixa	0,01 a 0,1
Intermediária	0,1 a 2
Alta	2 a 4
Muito alta	4 a 8
Extremamente alta	>8

Fonte: Adaptadas de Soil Survey Staff (1993), citado por Campos, 2024.

Os dados de resistência à penetração nas propriedades cultivadas com videiras apresentaram interação significativa tanto para a variável "propriedade" quanto para a variável "profundidade". Por essa razão, foi realizado o desdobramento de ambos os fatores. A Tabela 5 apresenta os valores médios de resistência à penetração (RP), bem como a comparação entre as diferentes profundidades e propriedades, obtida por meio da aplicação de teste estatístico.

Tabela 5 – Valores médios de resistência a penetração nas áreas com cultivo de videira.

Propriedade	Resistência a penetração (MPa)	
	20 cm	40 cm
P1	2,68 A a	.6,59 B a
P2	4,87 A b	7,45 B a
P3	2,77 A a	7,45 B a
P4	3,49 A ab	7,45 B a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Fonte: dados da pesquisa (2025).

É possível notar em todas as áreas cultivadas com videiras uma maior RP na camada de 40 cm (Tabela 5). Quando se trata dos valores de RP das propriedades cultivadas com pessegueiros, verificou-se não haver interação entre propriedade e profundidade. Nas tabelas 6 e 7 estão apresentados os valores médios de RP para as propriedades e profundidades respectivamente.

Tabela 6 – Valores médios de resistência a penetração para as propriedades com cultivo de pessegueiros.

Propriedade	Resistência a penetração (MPa)
P1	5,44 a
P2	5,49 a
P3	5,58 a
P4	5,58 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%) **Fonte:** dados da pesquisa (2025).

Tabela 7 – Valores médios de resistência a penetração para as profundidades das áreas de pessegueiro.

Profundidade (cm)	Resistência a penetração (MPa)
20	4,04 a
40	7,02 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%) **Fonte:** dados da pesquisa (2025).

Ao analisar os valores médios de resistência à penetração (RP) de cada propriedade (Tabela 6), observa-se uma semelhança entre eles, todos considerados muito elevados conforme as classes de resistência apresentadas na Tabela 4. Por outro lado, os valores médios de RP em cada profundidade nas áreas com pessegueiros (Tabela 7) apresentam diferenças significativas, sendo que a camada de 40 cm registra níveis de resistência mais altos em comparação à camada de 20 cm.

De modo geral, pode-se afirmar que todos os valores médios de resistência à penetração (RP) obtidos nas áreas cultivadas com videiras e pessegueiros se enquadram nas categorias de alta ou muito alta resistência, conforme a classificação proposta por Vilas Boas (2010). Segundo Tormena et al. (2002), valores elevados de RP podem limitar o desenvolvimento da parte aérea das plantas e comprometer a alocação de carboidratos entre o sistema radicular e os demais órgãos vegetativos.

De acordo com Stefanoski et al. (2013), o aumento da resistência à penetração é um indicativo de compactação do solo, a qual reduz a infiltração de água e a aeração, além de dificultar o crescimento do sistema radicular. Isso afeta diretamente a disponibilidade de água e nutrientes, bem como a interceptação radicular, que depende do crescimento adequado das raízes (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER, 2001).

Cabe salientar que alguns produtores das propriedades analisadas relataram a necessidade de realizar tratamentos culturais, como pulverizações, mesmo em momentos de alta umidade do solo, devido à elevada incidência de pragas e doenças nos pomares. No entanto, o tráfego de máquinas sob essas condições contribuiu significativamente para a compactação do solo (STEFANOSKI et al., 2013; PETRY, 2014).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os achados de Petry (2014), que também observou altos níveis de compactação em pomares de pessegueiro por meio da resistência à penetração, sendo o tráfego de máquinas em solos excessivamente úmidos apontado como uma das principais causas. Vilas Boas (2010) destaca ainda que a compactação do solo é um dos principais problemas em pomares, uma vez que o cultivo de frutíferas perenes dificulta a adoção de práticas de manejo para sua mitigação. Essa observação é reforçada por Francetto et al. (2014), que constataram aumento significativo da compactação em um estudo de dois anos realizado em área cultivada com videiras.

Segundo Albuquerque, Sangoi e Ender (2001), a densidade e a resistência à penetração do solo estão diretamente relacionadas ao teor de umidade, o que torna

essencial a análise conjunta desses parâmetros. Ao se avaliar os dados médios de RP em conjunto com os teores médios de umidade obtidos pelo sensor acoplado ao penetrômetro de impacto, observa-se coerência entre os resultados. A umidade do solo apresentou relação inversa com os valores de RP, o que se explica pelo fato de que a umidade reduz a coesão entre as partículas do solo. Assim, em solos mais secos, as partículas se encontram mais próximas, tornando-se mais difíceis de serem separadas por forças externas (SILVEIRA et al., 2010).

Observou-se menor teor de umidade nas camadas mais profundas (Tabelas 1 e 3), onde os valores de RP foram significativamente mais elevados (Tabelas 5 e 7). Esse comportamento está de acordo com os achados de Oliveira, Severiano e Mello (2007), que afirmam que a resistência à penetração tende a diminuir quando o solo apresenta umidade próxima à capacidade de campo. Em linha semelhante, Assis (2009) verificou que solos com menor teor de umidade apresentaram maiores valores de resistência à penetração, reforçando a relação entre esses dois fatores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se níveis elevados de resistência a penetração nas áreas com cultivo de videiras, bem como naquelas cultivadas com pessegueiros, sendo que a camada de 40 cm apresentou valores mais elevados de RP quando comparados aos encontrados na camada de 20 cm.

O tráfego de máquinas em condições de umidade inadequadas para realização de tratamentos culturais nos pomares, é uma das possíveis causas da compactação apontada pela RP.

A utilização de um sensor Arduino acoplado ao penetrômetro de impacto revelou-se eficaz para a coleta de dados de umidade, que, por sua vez, apresentou relação direta com os níveis de resistência à penetração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Pró-Reitoria de Extensão, Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROEPP - IFC) pelo apoio essencial, por meio da concessão de bolsas e recursos financeiros para o desenvolvimento dos projetos integrados no edital 55/2024.

Agradecemos aos produtores rurais do município de Videira e Pinheiro Preto/ SC, que nos receberam e apoiaram, tornando possível a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 717-723, 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/vMcctCf3qRKJ4BD94qJzpSr/?lang=pt> Acesso em 14 fev. 2026.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASSIS, R. L. D.; LAZARINI, G. D.; LANÇAS, K. P.; CARGNELUTTI FILHO, A. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 558-568, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/eagri/a/7K3zRKFkjSqTYBTfMZDTMND/?format=html&lang=pt> Acesso em 14 fev. 2026.

CAMPOS, A.G. de et al. Resistência à penetração como indicadora de alterações estruturais no solo decorrentes de implementos para manejo do solo. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138563/1/Resistencia-penetracao.pdf> Acesso em: 24 dez. 2025.

CIVIDINI, E.; SILVA, É. A.; NACHTIGALL, G. R. Penetrômetro de impacto e sensores Arduino na avaliação da compactação de solos manejados com pastagens em Videira SC. In: CIÊNCIAS DO SOLO: estratégias inovadoras para gestão e sustentabilidade. Guarujá: **Editora Científica Digital**, 2025. p. 117-132.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1663-1674, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/PYRp8m87wwYD9STQVrqGzBp/?lang=pt> Acesso em 14 jan. 2026.

DA SILVA, I. D. A fruticultura e sua importância econômica, social e alimentar. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019. Disponível em:

https://www.fatecourinhos.edu.br/anais_sintagro/index.php/anais_sintagro/article/view/19 Acesso em 14 jan. 2026.

EPAGRI. Produção de pêssego cresce em Santa Catarina. 2022. Disponível em:

<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2022/01/19/producao-de-pessego-cresce-em-santa-catarina/>. Acesso em: 07 jan. 2026.

FRANCETTO, T. R., LEINDECKER, J. A., DAGIOS, R. F., & DE OLIVEIRA, Z. B. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações na densidade do solo e porosidade total de um Argissolo vermelho em área sob videira. In: **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola-CONBEA**, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Tiago-Francetto/publication/272491658_Trafego_de_maquinas_agricolas_e_alteracoes_na_densidade_do_solo_e_porosidade_total_de_um_argissolo_vermelho_em_area_sob_videira/links/54e631050cf2cd2e028dc065/Trafego-de-maquinas-agricolas-e-alteracoes-na-densidade-do-solo-e-porosidade-total-de-um-argissolo-vermelho-em-area-sob-videira.pdf. Acesso em 12 jan.2026.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha - Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v.37, p.175-184, 2009. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr82/cap07.pdf> Acesso em 22 jan.2025.

MORAES, Pedro Bobsin de. **Estudo de mercado da fruticultura no Estado de Santa Catarina**. [S. l.]: [s. n.], 2023.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 265–270, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/YFCpVQwh7rrVQmjnkG6964s/?lang=pt> Acesso em 14 fev. 2026.

OTTONI-FILHO, T. B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.211-222, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/R5crbyczQkgPFSWX3tbbr3P/> Acesso em 22 jan. 2026.

PEREIRA, L. L.; GOMES, N. V.; GIANEZINI, M. Desenvolvimento da fruticultura no sul de Santa Catarina: um panorama da produção entre os anos de 2005 e 2015. In: Agricultura e agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável. São Paulo: **Editora Científica Digital**, 2021. p. 150-164. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210906058.pdf> Acesso em 14 jan. 2026.

PETRY, H. B. **Distribuição de raízes de porta-enxertos de pessegueiros afetada pela acidez e compactação do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. 90p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. (E-book: il. color.)

SILVEIRA, D. D. C., MELO FILHO, J. F. D., SACRAMENTO, J. A. A. S. D., & SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 659–667, 2010. Disponível em:


<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3Z9fBswQhKSG6hcQZmC5z3K/?lang=pt> Acesso em 14 jan. 2026.

SOARES, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, L. C. de. Breve diagnóstico da produção de uva e vinho em Santa Catarina. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, v.3, 2009, Blumenau. **Anais...** Blumenau: [s.n.], 2009. Disponível em: <https://www.apec.org.br/anais/iii-eeec/anais/15-EEC%202009.PDF> Acesso em 18 jan.2026.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kqq4dHBX4yfnxwWFTpqBVzb/?format=html&lang=pt> Acesso em 14 dez. 2025.


TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. D.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 795-801, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/ZxpYXqGgigrYJbKyg3cJNrv/> Acesso em 14 dez. 2025.

VILAS BOAS, Ivan Faria. Influência de diferentes sistemas produtivos nas características físicas e químicas do solo e da água. 2010.



Capítulo 2
DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR
MINERAÇÃO DE CAULIM NO ENTORNO DO RIO DOS
QUINTOS, EQUADOR - RN

Joelson Souza Isidro dos Santos
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro
Luciano Marcelo Fallé Saboya
João Pedro de Andrade Paiva
Mayra Gislayne Melo de Lima
Viviane Farias Silva



**DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR MINERAÇÃO DE
CAULIM NO ENTORNO DO RIO DOS QUINTOS, EQUADOR - RN**

Joelson Souza Isidro dos Santos

*Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joelsonisidro700@gmail.com*

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

*Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, sallydelandia@gmail.com*

Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro

*Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
anna.rebsil@gmail.com*

Luciano Marcelo Fallé Saboya

*Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande – UFCG, Doutor em Engenharia Agrícola, lsaboya@hotmail.com*

João Pedro de Andrade Paiva

*Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joaopapaiva020@gmail.com*

Mayra Gislayne Melo de Lima

*Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
mayramelo.ufcg@live.com*

Viviane Farias Silva

Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

RESUMO

O estudo realizado na cidade de Equador, no estado do Rio Grande do Norte, investigou os efeitos do rejeito de caulim em uma área de aproximadamente 2 km² ao longo do Rio dos Quintos a jusante do açude dos Mamões. O objetivo principal do estudo foi avaliar a degradação ambiental causada pelo acúmulo de rejeitos de caulim, gerados a partir da extração e beneficiamento do mineral, ao longo do leito do Rio dos Quintos e de riachos próximos, além de identificar a composição da vegetação natural presente na região. O levantamento realizado indicou a predominância de espécies adaptadas a ambientes degradados e solos alterados, com destaque para a palma conhecida popularmente como gogoia (Palma da caatinga). A espécie foi registrada em toda a extensão estudada, demonstrando grande resistência às condições de estresse hídrico e à presença contínua de rejeitos minerais. Os resultados sugerem que o acúmulo de caulim impacta a regeneração natural das áreas ribeirinhas, alterando a estrutura do solo e influenciando a dinâmica da vegetação, favorecendo espécies mais tolerantes à degradação. Além disso, a presença generalizada da gogoia indica seu papel potencial como espécie-chave para estratégias de reflorestamento e recuperação ecológica da região, podendo contribuir para a estabilidade do solo e a manutenção do ecossistema local.

Palavras-chave: Conservação do solo, Impacto Ambiental, Manejo do solo, *tacina inamoena*.

ABSTRACT

The study, conducted in the city of Equador, in the state of Rio Grande do Norte, investigated the effects of kaolin tailings in an area of approximately 2 km² along the Quintos River, downstream of the Mamões Reservoir. The main objective of the study was to assess the environmental degradation caused by the accumulation of kaolin tailings, generated by the extraction and processing of the mineral, along the bed of the Quintos River and nearby streams, in addition to identifying the composition of the natural vegetation present in the region. The survey indicated the predominance of species adapted to degraded environments and altered soils, particularly the palm known popularly as gogoia (Caatinga palm). This species was recorded throughout the studied area, demonstrating great resilience to water stress conditions and the continuous presence of mineral tailings. The results suggest that kaolin accumulation impacts the natural regeneration of riverside areas, altering soil structure and influencing vegetation dynamics, favoring species more tolerant to degradation. Furthermore, the widespread presence of gogoia indicates its potential

role as a key species for reforestation and ecological recovery strategies in the region, potentially contributing to soil stability and the maintenance of the local ecosystem.

Keywords: Soil Conservation, Environmental Impact, Soil Management, *tacina inamoena*.

INTRODUÇÃO

A exploração e o beneficiamento do caulim no Brasil estão concentrados em duas grandes regiões: o Seridó nordestino (Rio Grande do Norte e Paraíba), com depósitos primários associados a pegmatitos, e a região de Capim-Ipixuna (PA), onde ocorrem depósitos sedimentares de grande porte (Almeida et al., 2018). Em ambos os contextos, a geração de rejeitos finos é um dos principais problemas ambientais relacionados à atividade. Esses resíduos, quando dispostos sem controle técnico, provocam a compactação e o empobrecimento do solo, comprometendo suas propriedades físico-químicas e dificultando a regeneração natural da vegetação (Sousa et al., 2021).

No Nordeste, em municípios como Equador (RN) e Junco do Seridó (PB), estudos apontam que os rejeitos de caulim acumulados a céu aberto favorecem processos de erosão, assoreamento e alteração do pH do solo, devido às impurezas associadas, como óxidos de ferro e titânio (Pereira, 2022). Além disso, o beneficiamento do caulim utiliza grandes volumes de água, e o descarte de rejeitos minerais nos rios e riachos aumenta a turbidez, altera parâmetros físico-químicos da água e compromete a biodiversidade aquática. Em alguns casos, partículas finas e minerais associados ao caulim podem acumular-se nos leitos fluviais, prejudicando comunidades ribeirinhas que utilizam a água para abastecimento, irrigação e pesca (Santos et al., 2019).

Nesse cenário, o município de Equador (RN), inserido na microrregião do Seridó, se destaca por possuir sua economia fortemente vinculada à extração mineral de caulim, realizada em grande parte por garimpos de pequena escala (Silva, 2017). Contudo, essa atividade, apesar de relevante para a geração de renda local, tem resultado em áreas degradadas, especialmente pela ausência de planejamento e de tecnologias adequadas de beneficiamento. Os impactos mais recorrentes incluem a remoção da cobertura vegetal nativa da Caatinga, o processo de erosão acelerada, a geração de poeira mineral, além da disposição inadequada dos rejeitos em encostas e margens de cursos d'água, ocasionando assoreamento e alteração da qualidade da água (Sousa, 2021).

Um estudo conduzido no Sítio Galo Branco, área de garimpo em Equador, identificou que a exploração artesanal tem causado não apenas a degradação física do solo, mas também riscos à saúde ocupacional dos trabalhadores, devido à exposição à poeira e à ausência de equipamentos de proteção (Pereira, 2022). Como resposta a esse contexto, autores como Sousa (2021) propõem a elaboração de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), sugerindo práticas como a recomposição topográfica das cavas, o reaproveitamento dos rejeitos e o reflorestamento com espécies nativas da Caatinga. Esses estudos de caso demonstram a urgência da integração entre mineração, gestão ambiental e políticas públicas, a fim de compatibilizar a exploração do caulim com a sustentabilidade socioambiental no Seridó potiguar.

Nesse contexto o reflorestamento em áreas degradadas pela mineração de caulim surge com alternativa devendo priorizar espécies pioneiras e secundárias iniciais, capazes de se estabelecer em solos pobres em nutrientes e com baixa capacidade de retenção de água. Logo o estudo na área afetada pelo rejeito de caulim pode representar uma alternativa sustentável, capaz de mitigar impactos ambientais da mineração, reduzir o passivo ambiental e contribuir para a restauração ecológica de áreas degradadas.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi descrever as atividades referente a realização de um diagnóstico ambiental da área do entorno do Rio Dos Quintos localizado no município de Equador – RN.

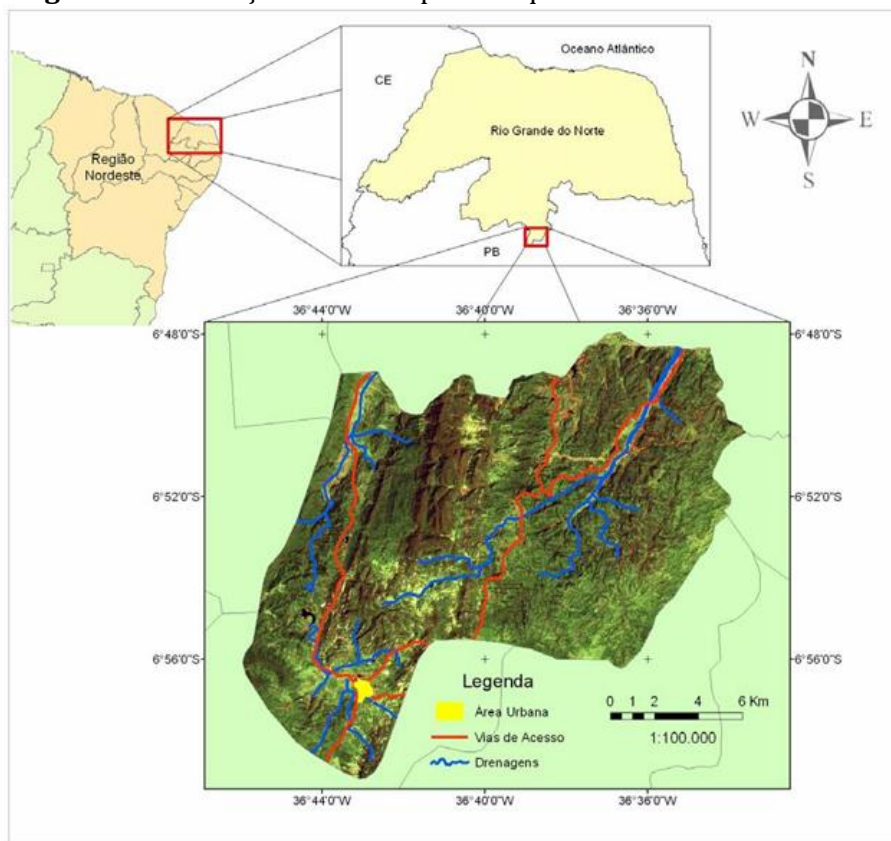
MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização Geral da Área

O município de Equador, localizado no extremo sul do estado do Rio Grande do Norte, integra a microrregião do Seridó Oriental e faz limite com o estado da Paraíba, sendo vizinho de municípios como Parelhas (RN) e Junco do Seridó (PB). Sua área territorial é de aproximadamente 264 km², com população estimada em torno de 6 mil habitantes (IBGE, 2022).

O relevo é marcado por serranias residuais e inselbergs graníticos, inseridos no Domínio da Província Borborema, notadamente no Complexo Seridó, caracterizado por rochas metamórficas e corpos pegmatíticos. O clima é semiárido quente e seco, com chuvas concentradas entre fevereiro e maio, e longos períodos de estiagem, enquadrando-se no bioma Caatinga (Beltrão, 2005).

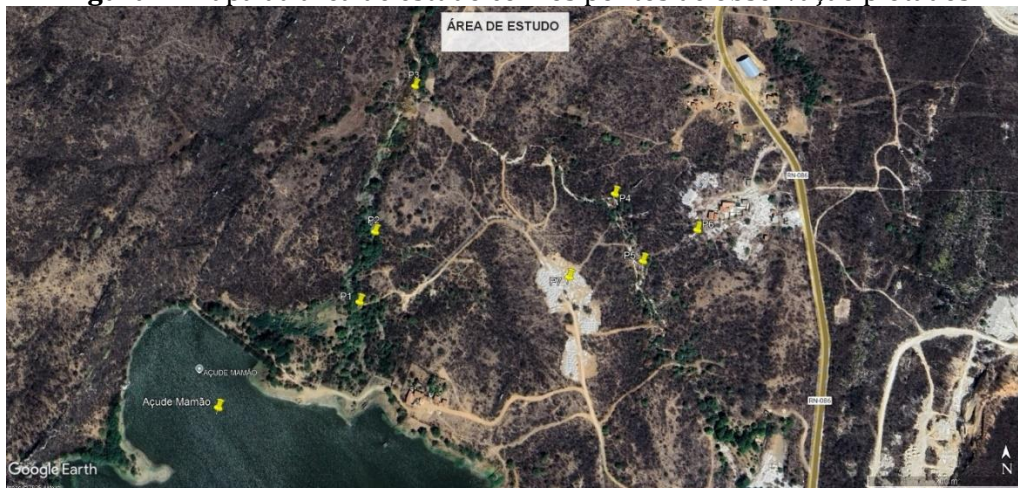
Figura 1. Localização do município de Equador no Rio Grande do Norte.



Fonte: Sousa et al. (2021).

A identificação da área ambiental de 2 km² foi realizada por meio da combinação de técnicas de geoprocessamento, revisão bibliográfica e levantamento em campo. Inicialmente, procedeu-se à delimitação da área de estudo a partir de imagens de satélite de alta resolução disponibilizadas pelo Google Earth Pro, com posterior georreferenciamento com o GPS portátil Jiaming 66S. Esse procedimento possibilitou a demarcação poligonal correspondente ao recorte espacial abaixo na Figura 2.

Figura 1. Mapa da área de estudo com os pontos de observação plotados



Fonte: Google Earth (2025).

Os pontos plotados na Figura 2 acima foram escolhidos em campo de acordo com a observação do pesquisador, as coordenadas geográficas estão na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos plotados.

Ponto	Coordenadas	
	Latitude	Longitude
P1	6°54'47.85"S	36°44'20.02"O
P2	6°54'44.10"S	36°44'19.37"O
P3	6°54'35.65"S	36°44'17.49"O
P4	6°54'42.20"S	36°44'6.70"O
P5	6°54'45.90"S	36°44'5.42"O
P6	6°54'44.33"S	36°44'2.54"O
P7	6°54'46.72"S	36°44'9.25"O

Realização do diagnóstico ambiental da área do entorno do canal

O diagnóstico da área de estudo foi realizado através de uma abordagem prática baseada em observação direta e registro fotográfico, contando apenas com a presença do pesquisador e de cooperado da Comine que auxiliou no acesso à área. A metodologia adotada permitiu uma avaliação inicial eficiente das condições da vegetação na área e as erosões, sem a necessidade de equipamentos complexos ou grande equipe de trabalho.

Inicialmente, foi realizada uma visita de reconhecimento em setembro de 2025, quando percorremos toda a área. Durante a visita, identificamos visualmente a principal fonte contaminante do rio a jusante do açude dos Mamões, registrando fotograficamente os danos e identificando a vegetação presente. As observações foram anotadas em caderno de campo, incluindo características gerais da área e pontos específicos de interesse.

A análise das condições do local incluiu a observação do tipo de solo exposto e verificação da presença de vegetação remanescente. Essas observações permitiram compreender os principais fatores causadores da degradação na área, considerando que a exposição do solo e a perda da cobertura vegetal estão diretamente relacionadas à intensificação de processos erosivos (Neves *et al.*, 2024).

A documentação dos resultados foi feita através da organização de um álbum fotográfico com as imagens coletadas, contendo a caracterização geral da área, descrição dos tipos de erosão encontrados, análise das prováveis causas e sugestões preliminares para contenção dos processos erosivos. Esse tipo de abordagem metodológica é

amplamente recomendada em estudos diagnósticos, pois permite integrar informações visuais e descritivas para análise ambiental.

Esta abordagem mostrou-se adequada para um diagnóstico inicial, permitindo identificar claramente os principais pontos críticos de erosão e a vegetação ainda presente. Os resultados obtidos servirão como base para futuras intervenções e para o planejamento de ações de recuperação da área degradada, em consonância com recomendações técnicas para reabilitação do solo e revegetação de áreas impactadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vegetação da Caatinga desempenha papel fundamental na manutenção da biodiversidade, abrigando espécies e fornecendo recursos essenciais para a fauna. Além disso, apresenta importância socioeconômica, pois fornece madeira, lenha, forragem, frutos nativos e plantas medicinais utilizadas pelas comunidades locais. Também exerce funções ecológicas cruciais, como a proteção do solo contra erosão, a manutenção do ciclo hidrológico e o estoque de carbono, contribuindo para o equilíbrio climático regional (Moura *et al.*, 2020).

A vegetação ciliar exerce funções ecológicas essenciais, como a proteção contra erosão, a regulação térmica do ambiente aquático e o fornecimento de habitat para fauna silvestre (Silva *et al.*, 2017). No entanto, no Seridó, a mineração de caulim tem intensificado processos de assoreamento e contaminação do solo, resultando na substituição da flora nativa por espécies pioneiras e invasoras, menos exigentes em termos de qualidade ambiental (Demartelaere *et al.*, 2022). Na tabela 2 é possível ver as espécies encontradas na área em estudo durante a visita de campo.

Tabela 2. Vegetação observada nos pontos de observação

Local	Vegetação encontrada
P1	Algodão, mamão, jerimum, capim, palma forrageira
P2	Algaroba, Jurema – preta, mamona, gogóia
P3	Algaroba, Jurema – preta, gogóia, faveleira
P4	Algaroba, gogóia
P5	Algaroba, gogóia, marmeleiro, jurema – preta
P6	Algaroba, gogóia, jurema – preta, xiquexique
P7	Sem vegetação aparente.

Segundo estudos realizados, espécies típicas da Caatinga como *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta) e *Piptadenia stipulacea* vêm sendo gradualmente substituídas por vegetação rala, composta por herbáceas resistentes, devido à compactação do solo e à deposição de rejeitos (Sousa, 2021). Essa alteração compromete não apenas a biodiversidade local, mas também a capacidade de regeneração natural das margens dos rios.

Pela tabela 2 acima é possível observar a gogoia (palmatoria miúda) em toda extensão da área estudada. Essa planta apresenta grande importância ecológica, econômica e social para as regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, adaptando-se a condições de baixa disponibilidade hídrica e solos de baixa fertilidade (Silva *et al.*, 2017). O seu fruto é utilizado principalmente como alimento para o gado, especialmente durante períodos de seca, devido ao seu alto teor de água e fibras, que contribuem para a nutrição animal. Além disso, é consumido por populações humanas em algumas regiões, sendo aproveitado na alimentação, na produção de doces, compotas e em usos medicinais tradicionais (Santos *et al.*, 2018).

Em locais impactados pelo rejeito de minério, a presença de *T. inamoena* pode contribuir para a estabilização do solo, redução da erosão e manutenção da biodiversidade local. Além disso, a introdução controlada de *T. inamoena* em áreas mineradas permite a integração de estratégias ecológicas e socioeconômicas, pois a espécie também pode ser utilizada na produção de doces, geleias e outros produtos alimentícios, agregando valor econômico às comunidades locais.

A produção de doces e geleias à base de gogoia gera renda complementar para famílias rurais, sobretudo em áreas de agricultura familiar, contribuindo para a manutenção do emprego e a permanência no campo. Além disso, a transformação do fruto em produtos industrializados ou artesanal agrega valor ao recurso natural, permitindo que pequenas propriedades obtenham retorno financeiro maior do que a venda do fruto in natura (Silva *et al.*, 2018). Estudos apontam que a perspectiva econômica de espécies nativas, como a gogoia, está diretamente ligada à capacidade de atender nichos de mercado que valorizam produtos regionais e sustentáveis. Produtos como geleias, doces cristalizados e compotas têm potencial de inserção em mercados gourmet e turísticos, ampliando o leque de oportunidades comerciais para produtores locais (NE9, 2025).

Na Figura 3, observa-se a presença de uma cicatriz erosiva de grandes proporções, que atravessa a área de forma transversal. Esse tipo de erosão, de caráter intenso,

promove a fragmentação do solo e dificulta a regeneração natural da vegetação de cobertura. Além disso, compromete os fluxos naturais de água e reduz a capacidade de infiltração do solo, intensificando o escoamento superficial e potencializando o processo erosivo na região.

Figura 2. Erosão as margens do rio no ponto 2



Fonte: Acervo pessoal (2025).

A disposição inadequada de rejeitos nos locais de exploração provoca a lixiviação de partículas sólidas, que acabam sendo transportados pelo escoamento superficial para rios e riachos próximos (Santos *et al.*, 2019). A contaminação a montante ocorre quando os rejeitos acumulados em áreas de mineração situadas acima do ponto de captação do rio liberam sedimentos e substâncias químicas, que entram na correnteza durante eventos de chuva ou por percolação de água (Costa *et al.*, 2020). O ponto 3 foi onde inicialmente encontrou-se o rejeito de caulim no leito do rio (Figura 4).

Figura 3. Primeira aparição do rejeito de caulim ao longo do leito do Rio dos Quintos no ponto 3.



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Os rejeitos minerais, ricos em partículas finas e em alguns casos associados a metais pesados, tendem a se acumular nos corpos hídricos, afetando a biodiversidade aquática. O aumento da turbidez reduz a penetração de luz e limita a fotossíntese de organismos autótrofos, enquanto os sedimentos comprometem habitats bentônicos e o ciclo de vida de espécies de peixes (Franco *et al.*, 2025). Na Figura 5 é possível observar o leito do rio totalmente contaminado com o rejeito de caulim, prejudicando tanto o solo como a qualidade da água.

Figura 4. Leito do rio contaminado com resíduo de caulim



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Estudos apontam que o transporte de resíduos sólidos por rios está diretamente associado à precariedade na gestão do saneamento básico e à ausência de políticas públicas efetivas de coleta seletiva e reciclagem (Silva *et al.*, 2020). O processo de quebra de quartzo, por exemplo, geralmente realizado de forma artesanal, pode provocar assoreamento e deposição de sedimentos a jusante, alterando a morfologia fluvial. Esse processo compromete habitats aquáticos, causa perda de biodiversidade e pode afetar atividades de pesca e abastecimento humano (Almeida *et al.*, 2018). Embora o quartzo seja quimicamente estável e não libere elementos tóxicos em grande escala, sua extração está frequentemente associada à mobilização de partículas finas e poeira de sílica (Figura 6). Essa poeira, além de contribuir para a degradação da qualidade da água, representa risco ocupacional para trabalhadores expostos, que podem desenvolver doenças respiratórias como a silicose (Dias *et al.*, 2024).

Figura 5. O ponto 7 é mais elevado local onde os minérios de quartzo são trabalhados para a construção civil gerando rejeitos



Fonte: Acervo pessoal (2025).

No município de Equador, a erosão fluvial está associada principalmente à retirada da cobertura vegetal das margens, ao pisoteio animal e ao manejo inadequado dos rejeitos de mineração, em especial do caulim, que contribuem para o assoreamento e para a turbidez da água. A disposição inadequada de rejeitos de mineração é um dos principais fatores de degradação ambiental em áreas mineradas.

Quando cursos d'água, como riachos ou córregos, passam pelo meio de pilhas de rejeitos, a situação se torna crítica, pois há contato direto da água com os resíduos minerais, favorecendo a contaminação física, química e biológica (Santos *et al.*, 2019). Além disso, a passagem do riacho pelo meio da pilha aumenta o risco de assoreamento a jusante, modificando a morfologia do leito e contribuindo para enchentes e erosão (Melo *et al.*, 2018). A situação evidencia a necessidade de planejamento adequado do manejo de rejeitos, instalação de sistemas de contenção e monitoramento contínuo da qualidade da água.

Alguns pontos apresentam maior intensidade de contaminação. As empresas de beneficiamento de minério estão em parcerias com universidades e empresas privadas para um uso sustentável do rejeito. Enquanto isso não acontece as áreas próximas a essas empresas que por questões logísticas também está nas partes mais altas da rede de drenagem como no ponto cinco e seis apresenta altos índices de contaminação na Figura 7.

Figura 6. (A) Pilha de rejeito dentro do riacho e (B) riacho contaminado com rejeito no ponto 5



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Do ponto de vista socioambiental, a degradação da qualidade da água compromete o abastecimento humano, a irrigação agrícola e o uso para dessedentação animal nas regiões afetadas. Em comunidades ribeirinhas, que dependem diretamente dos rios para subsistência, os impactos da mineração de caulim se tornam ainda mais evidentes, refletindo em perda de biodiversidade e conflitos pelo uso da água (Melo *et al.*, 2018). Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de tecnologias de beneficiamento mais limpas, além do tratamento adequado dos rejeitos e a recuperação de áreas degradadas. A gestão integrada dos recursos hídricos e a fiscalização ambiental são medidas indispensáveis para mitigar os impactos da mineração de caulim sobre o rio Dos Quintos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado no município de Equador, Rio Grande do Norte, permitiu identificar a influência dos rejeitos de caulim na qualidade ambiental dos riachos e do Rio dos Quintos, em uma área de aproximadamente 2 km². Os resultados apontaram que a disposição inadequada dos rejeitos oriundos da mineração tem contribuído para o carreamento de partículas finas para os corpos hídricos, promovendo alterações nas características físico-químicas da água, assoreamento e impactos negativos. Dessa forma, ressalta-se a necessidade da adoção de medidas mitigadoras, como o monitoramento contínuo da qualidade da água, o manejo adequado dos rejeitos e a recuperação das áreas degradadas por meio de práticas de reflorestamento e técnicas de engenharia ambiental. Tais estratégias são essenciais para reduzir os impactos da mineração de caulim e garantir maior sustentabilidade às atividades produtivas e aos recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. M.; SILVA, F. T.; LUZ, A. B. da. Estudo de beneficiamento do caulim do Seridó com uso de hidrociclone. 2018. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2167/3/Estudo%20de%20beneficiamento.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.
- BELTRÃO, B. A. Diagnóstico do município de Equador, Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil, 2005. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16959/1/rel_equador.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.
- COSTA, A. P. da S.; GOMES, M. de L.; PEREIRA, R. A.; BARROS, L. H. Impactos ambientais da disposição de rejeitos da mineração em corpos hídricos. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 45-60, 2020.
- DEMARTELAERE, A. C. F.; FEITOSA, S. S.; LEO, F. A. N.; COSTA, B. P.; DEUS, A. S.; CAMARA, Y. P.; SILVA, T. P. P.; SOUZA, J. B.; MATA, T. C.; LORENZETTI, E.; SILVA, E. S.; COUTINHO, P. W. R.; GOMES, A. R.; SILVA, L. H. P.; GOMES, E. S.; NASCIMENTO, T. F.; CÂNDIDO, A. O.; SILVA, M. C. T. Revisão bibliográfica: impactos em áreas nativas da caatinga causadas pelas atividades econômicas e as técnicas de reflorestamento. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 25285-25306, 2022.
- DIAS, L. L. O.; MOI, G. P.; FERREIRA, A. P.; SILVA, A. M. C. Prevalência e fatores associados aos sintomas respiratórios em região de grande atividade de mineração: inquérito epidemiológico. *Revista Foco*, v. 17, n. 9, p. e6283-e6283, 2024.

FRANCO, P. C.; FERREIRA, J. D. P. L.; HALL, P. B. J.; ABRÃO, S. A. S.; TEODORO, P. L. J.; FERREIRA, R. V.; PELLI, A. Qualidade da água e resposta da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um reservatório urbano raso: implicações para a gestão ecológica de um parque de uso contemplativo. *Revista de Geopolítica*, v. 16, n. 5, p. e761-e761, 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades@ – Equador (RN)*. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/equador>.

NE9. Planta típica da Caatinga surpreende em receitas de geleias. NE9 Nordeste, Agência NE9. Disponível em: <https://ne9.com.br/planta-tipica-da-caatinga-esta-sendo-transformada-em-gelia-entenda/>. Acesso em: 28 set. 2025.

MELO, J. B.; FREITAS, A. L.; OLIVEIRA, P. H. Mineração e degradação dos recursos hídricos: estudo de caso em áreas de exploração de caulim no Nordeste brasileiro. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, n. 1, p. 77-92, 2018.

MOURA, M. S. B. de; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUTO, J. S.; SILVA, T. G. da; GONÇALVES, G. G.; SANTOS, D. C. Vegetação da Caatinga e serviços ecossistêmicos: potencialidades e desafios para o semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 4, p. 1445-1460, 2020.

NEVES, L. Z.; RODRIGUES, L. M.; DOS SANTOS, J. D.; DE MORAIS, M. S.; DE JESUS FRANÇA, L. C.; MUCIDA, D. P. Uso do índice de vegetação na avaliação da dinâmica da vegetação e sua correlação com processos erosivos. *Revista Espinhaço*, 2024.

PEREIRA, H. L. Contexto produtivo do caulim de Galo Branco (Equador-RN): riscos ocupacionais, impactos ambientais e ações para melhoria técnica. *Holos*, v. 8, n. 38, p. 1-18, 2022.

SANTOS, M. C.; NASCIMENTO, E. L.; SOUTO, F. J. Mineração de caulim e seus efeitos sobre os recursos hídricos superficiais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 3, p. 1210-1225, 2019.

SANTOS, M. C.; MELO, C. H.; PEREIRA, A. L. Potencial alimentar e econômico dos frutos da palma (*Opuntia* spp.) na Caatinga. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 1, p. 15-27, 2018.

SILVA, A. B.; SOUZA, R. H.; GOMES, L. F. Resíduos sólidos urbanos e impactos nos corpos hídricos: desafios para a gestão ambiental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 5, p. 2250-2264, 2020.

SILVA, F. L. A extração do caulim no município de Equador – RN: implicações ambientais e sociais. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/31203/1/ExtracaoCaulimmunicipio_Silva_2017.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

SILVA, P. H.; LIMA, F. C.; ALMEIDA, R. J. Adaptabilidade e importância socioeconômica da palma na Caatinga brasileira. *Cadernos de Agropecuária Sustentável*, v. 12, n. 2, p. 88-98, 2017.

SILVA, R. M.; MEDEIROS, E. P.; COSTA, J. A. Incremento de biomassa em culturas anuais sob aplicação foliar de caulim. *Scientia Agraria*, v. 19, n. 4, p. 77-85, 2018.

SOUSA, A. P. F.; FARIAS, C. G.; PASQUALI, M. A. B.; MOURA, I. B. A.; ARAÚJO, S. M. S.; FERREIRA, D. D. A. Aproveitamento do caulim e proposta para recuperação da área minerada no Sítio Galo Branco, Equador, RN. *Research, Society and Development*, v. 10, p. e219101724179, 2021.



Capítulo 3
POPULAÇÃO URBANA EM ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS
NA ZONA RURAL DE SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS - PB

Isabele Holanda Morais

Rayssa Holanda Morais

Jainny Victória Ricardo Lira dos Santos

Isabelli Macedo Custódio

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Mayra Gislayne Melo de Lima

Kalina Lígia da Silva Holanda



**POPULAÇÃO URBANA EM ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS NA ZONA
RURAL DE SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS - PB**

Isabele Holanda Morais

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Rayssa Holanda Morais

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Jainny Victória Ricardo Lira dos Santos

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Isabelli Macedo Custódio

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

*Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, sallydelandia@gmail.com*

Mayra Gislayne Melo de Lima

*Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
mayramelo.ufcg@live.com*

Kalina Lígia da Silva Holanda

*Especialista em Gestão Escolar e Licenciada em História, Universidade Federal da Paraíba
e Universidade Vale do Acaraú, kalina.scfv@gmail.com*

RESUMO

Com esta pesquisa objetivou-se analisar o perfil dos moradores da zona urbana de São José dos Cordeiros – PB que desenvolvem atividades agropecuárias na zona rural, buscando compreender sua contribuição para a economia local e a agricultura familiar. A pesquisa, de caráter quali-quantitativo, bibliográfico e de campo, envolveu a aplicação de questionários a 10% da população urbana, totalizando 360 residências. Os resultados revelaram uma predominância de pessoas com 46 anos ou mais, com maior participação feminina (68%) e prevalência de solteiros. Quanto à escolaridade, a maioria possui o ensino fundamental incompleto, e as principais fontes de renda são o trabalho autônomo e a aposentadoria. Observou-se que 46,79% das famílias possuem algum integrante atuando na agricultura, embora apenas 35,88% participem de associações do setor. As principais atividades desenvolvidas envolvem o cultivo de feijão e milho e a criação de bovinos, práticas típicas da agricultura familiar no semiárido. De modo que, é possível concluir que a permanência dessa população no campo depende do incentivo à sucessão rural, da valorização do agricultor e da adoção de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da produção sustentável.

Palavras-chave: Agricultura familiar, população urbana, atividades rurais, desenvolvimento local, semiárido.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the profile of urban residents of São José dos Cordeiros – PB who engage in agricultural activities in rural areas, seeking to understand their contribution to the local economy and family farming. The study, which was qualitative and quantitative, bibliographic, and field-based, involved the application of questionnaires to 10% of the urban population, totaling 360 households. The results revealed a predominance of individuals aged 46 and over, with greater female participation (68%) and a prevalence of single individuals. Regarding education, most respondents had not completed elementary school, and the main sources of income were self-employment and retirement benefits. It was observed that 46.79% of families had at least one member involved in agriculture, although only 35.88% participated in sector associations. The main activities developed include the cultivation of beans and corn and cattle raising, which are typical practices of family farming in the semi-arid region. Thus, it is possible to conclude that the permanence of this population in rural areas depends on encouraging rural succession, valuing farmers, and implementing public policies aimed at strengthening sustainable production.

Keywords: Family farming, urban population, rural activities, local development, semi-arid region.

INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), o Brasil é um dos países com maior crescimento na produtividade agrícola mundial. Entre 2006 e 2010, o rendimento das atividades rurais nacionais aumentaram de 4,28%, desempenho superior ao observado em países como China (3,25%), Chile (3,08%) e Japão (2,86%). Conforme destaca a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), esse avanço é resultado de um processo histórico de transformação, no qual o país deixou de ser importador de alimentos para consolidar-se como um dos principais exportadores e fornecedores globais do setor.

Um dos principais fatores que responsáveis por essa mudança foi a incorporação de tecnologias no campo. Segundo Lima et al. (2022) a modernização tecnológica da agricultura teve papel decisivo no aumento da produtividade, sendo responsável por aproximadamente 59% do valor bruto da produção nacional entre 1975 e 2015, enquanto o fator trabalho representou 25% e a terra 16%.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024) revelam ainda a expressiva contribuição da agricultura familiar na economia rural, que em 2017 empregava 66,3% dos trabalhadores brasileiros em atividades do setor agropecuário. Dentre esses produtores, 81% atuavam como proprietário das terras, predominando indivíduos com idade superior a 55 anos de idade. Além disso, o levantamento apontou que 45,8% dos estabelecimentos pertenciam a produtores que se autodeclararam pardos, 43,4% brancos e 8,9% pretos, evidenciando a diversidade e a relevância social desse segmento agrícola para o país (IBGE, 2024).

No contexto nordestino, o fortalecimento da agricultura requer políticas públicas voltadas à inovação, difusão tecnológica e à ampliação dos canais de comercialização. É fundamental que tais ações ultrapassem as práticas assistencialistas, priorizando estratégias sustentáveis, como o plantio em curva de nível, a rotação de culturas e a proteção de encostas, medidas essenciais que reduzem os impactos ambientais e promovem maior equilíbrio produtivo (Lima et al., 2022).

O município de São José dos Cordeiros, no estado da Paraíba, insere-se nesse cenário e apresenta particularidades que merecem atenção, em especial no que se refere produtores que residem na zona urbana, mas que exercem atividades na zona rural. Uma vez que, a análise dessa realidade por contribuir para o delineamento de políticas públicas

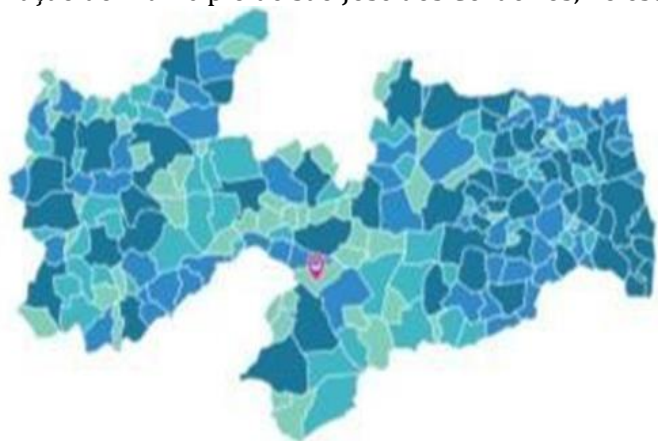
na região que venham a contemplar os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), especialmente os relacionados à erradicação da pobreza, à fome zero e agricultura sustentável, ao trabalho decente e crescimento econômico, bem como à promoção de comunidades sustentáveis.

Nesse contexto, objetivou-se com esta pesquisa analisar o perfil dos residentes da zona urbana de São José dos Cordeiros – PB que exercem atividades agropecuárias na zona rural, buscando compreender suas características socioeconômicas e a importância de sua atuação para o desenvolvimento local.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em um município brasileiro do estado da Paraíba denominado de São José dos Cordeiros, que está inserido no polígono das secas, nas coordenadas geográficas 7°23'26" de latitude Sul e 36°48'30" de longitude Oeste (Figura 1). O município que está localizado na Região Geográfica Imediata de Sumé, possui área territorial de 418 km² e população estimada em 3.618 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 9,54 hab./km² (IBGE, 2024).

Figura 1. Localização do município de São José dos Cordeiros, no estado da Paraíba.



Fonte: IBGE (2024).

O clima predominante no município é o Bsh (semiárido quente), com chuvas de verão. A pluviometria média anual é de aproximadamente 554,5 mm, apresentando distribuição irregular, com cerca de 78% das chuvas concentradas em quatro meses. A vegetação característica é a do tipo Caatinga do Sertão e a temperatura média anual é de aproximadamente 24°C (Mascarenhas, 2005).

O município possui relevo que varia de suavemente ondulado a ondulado, destacando-se a presença das serras de São Gonçalo (670 m), das Almas (780 m), do Viveiro, da Pelada, Serrote do Pico, do Salão e da Roca, que delimitam os altos cursos dos riachos São Gonçalo e Bonfim. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2006), predominam na área os Neossolos e Luvisolos, característicos de regiões semiáridas, rasos e de baixa fertilidade natural.

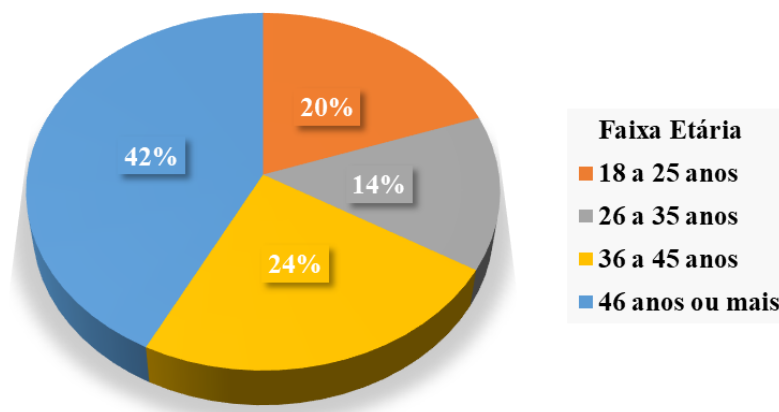
Com relação ao método adotado para obtenção dos dados, a pesquisa possui caráter quali-quantitativo, com abordagem bibliográfica e de campo. Para sua execução, a pesquisa foi dividida em duas etapas:

- a) Diagnóstico de município: Levantamento de dados secundários sobre a agricultura familiar na Paraíba, obtidos a partir de consultas ao banco de dados do IBGE e a artigos científicos relacionados ao tema;
- b) Levantamento e caracterização da população urbana com atividades agropecuárias: Aplicação de um questionário estruturado a 10 % da população urbana, correspondendo a 360 residências, visando identificar o perfil socioeconômico dos moradores e suas atividades produtivas no setor agropecuário.

RESULTADOS

Ao analisar o perfil dos entrevistados, observa-se na Figura 2 que na faixa etária predominam as pessoas com 46 anos ou mais (42,50%), indicando o envelhecimento da população de São José dos Cordeiros – PB. Em contraste, as faixas etárias mais jovens, de 18 a 25 anos (19,64%) e de 26 a 35 anos (13,93%), apresentam menor participação, o que pode indicar uma possível migração para áreas urbanas em busca de novas oportunidades. Já o grupo intermediário, de 36 a 45 anos (23,93%), manteve presença significativa. Esses dados apontam para um processo de envelhecimento da população do município, que pode comprometer a renovação do setor agrícola. Diante disso, torna-se fundamental a adoção de políticas públicas voltadas à permanência dos jovens no campo, por meio de capacitação, acesso facilitado a crédito e incentivo ao uso de tecnologias inovadoras, garantindo a continuidade e sustentabilidade das atividades agropecuárias no município.

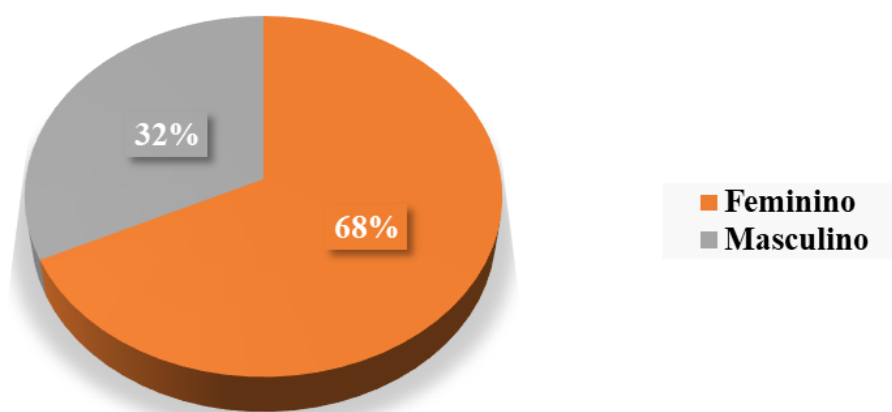
Figura 2. Faixas etárias dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros - PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Com relação aos dados referentes ao sexo dos participantes, apresentados na Figura 3, há uma predominância do público feminino, que representa 68% dos entrevistados, enquanto os homens correspondem 32%. Essa diferença significativa pode estar relacionada a diversos fatores, como maior disponibilidade ou interesse das mulheres em participar da pesquisa, além de refletir uma possível predominância feminina na população urbana do município de São José dos Cordeiros - PB.

Figura 3. Sexo dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.

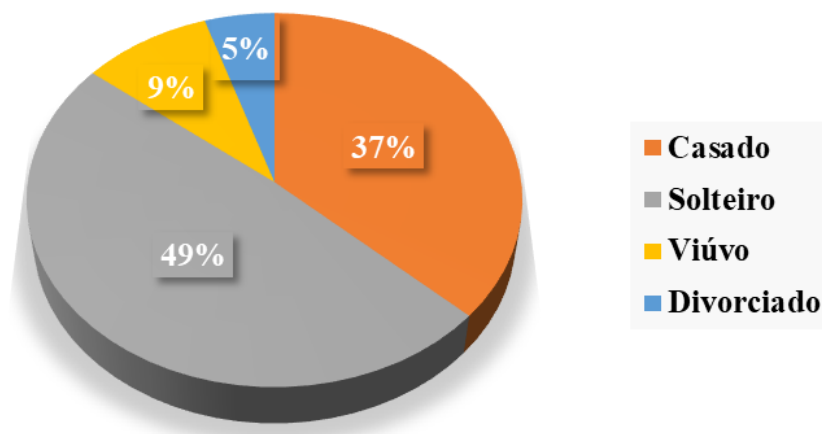


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados referentes ao estado civil dos entrevistados (Figura 4), mostram que a maioria é solteira, correspondendo a 48,93% do total. Dado que pode indicar uma tendência de adiamento do casamento ou a opção de não formalizar uniões. Em seguida, observou-se que 36,79% dos participantes são casados, mostrando que, demonstrando que embora o casamento ainda seja uma prática presente, deixou de ser predominante

em todos os grupos. Apenas 9,29% são viúvos e 5% são divorciados, percentuais baixos e sugerem menor incidência de separações ou perdas de cônjuges entre os entrevistados.

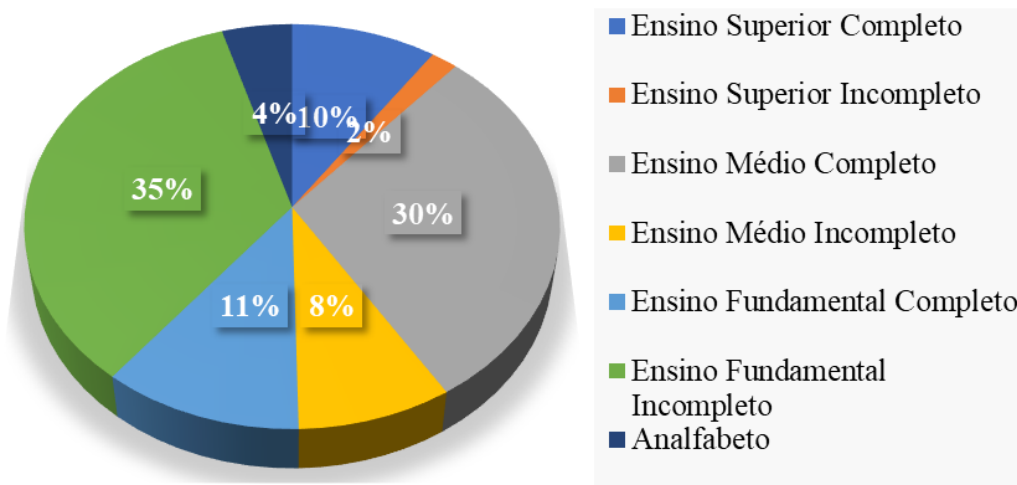
Figura 4. Estado Civil dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados referentes ao nível de escolaridade dos entrevistados, apresentados na Figura 5, evidenciam uma grande diversidade educacional. A maioria dos participantes (34,64%) ainda não concluíram o Ensino Fundamental Incompleto, o que pode refletir limitações no acesso à educação básica. Observa-se que 29,64% concluíram o Ensino Médio e somente 9,64% possuem Ensino Superior completo, percentual ainda reduzido diante das possíveis barreiras financeiras e estruturais que dificultam a continuidade aos estudos. Além disso, apenas 11,07% concluíram o Ensino Fundamental, enquanto 8,57% não finalizaram o Ensino Médio, o que também pode ser um indicativo de problemas relacionados à continuidade escolar. Ressalta-se também que 4,64% dos entrevistados são analfabetos e 1,79% possuem Ensino Superior Incompleto, evidenciando que, apesar dos avanços educacionais, ainda persistem desafios relacionados à escolarização, sobretudo entre as pessoas de maior idade ou residentes em área com limitação na infraestrutura educacional.

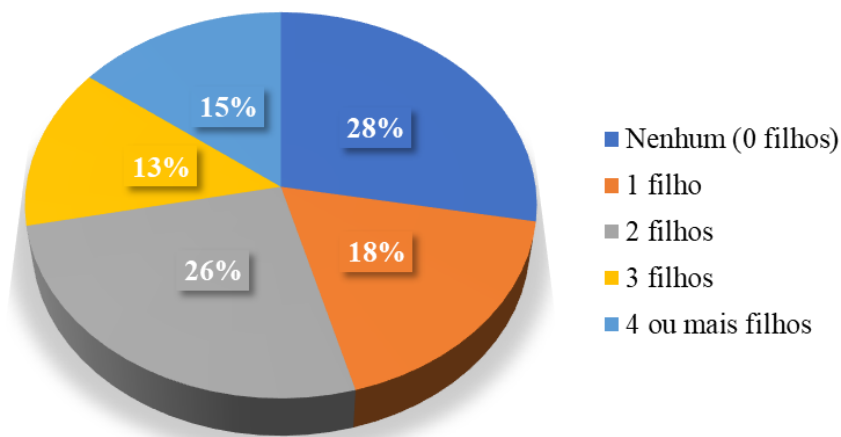
Figura 5. Nível de Escolaridade dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise da Figura 6, que representa a quantidade de filhos dos entrevistados, revela que a maior parte dos entrevistados não possuem filhos (27,86%), seguida por 26,07% com dois filhos. Além disso, 17,86% têm um filho, 13,57% possuem três filhos e 14,64% têm quatro ou mais filhos. Esses dados apontam para uma predominância de pessoas sem filhos, possivelmente devido a fatores econômicos, escolhas pessoais ou mudanças no estilo de vida. A presença significativa de famílias com até dois filhos reforça a atual tendência de núcleos familiares menores, enquanto o grupo com três ou mais filhos, embora menos representativo, indica a permanência de valores culturais e familiares que favorecem famílias mais numerosas.

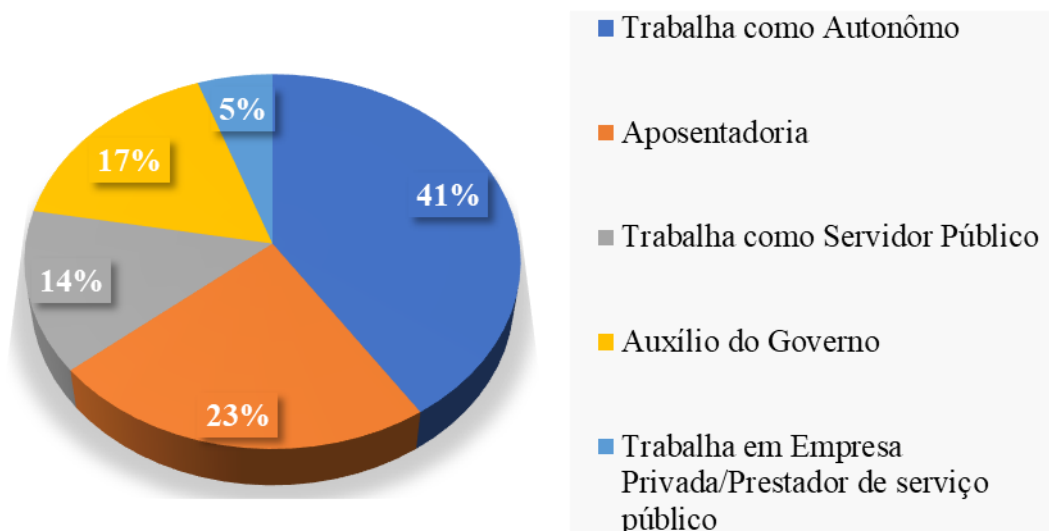
Figura 6. Quantidade de filhos dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 7 apresenta as principais fontes de renda dos entrevistados, podendo ser ressaltado que a maioria (40,71%) atua de forma autônoma, o que demonstra uma preferência por atividades independentes ou empreendimentos próprios. Em seguida, observa-se que 23,21% possui a aposentadoria como sua principal fonte de renda, demonstrando que parte expressiva da amostra é formada por pessoas que já atingiram a idade de se aposentar ou dependem desse benefício. Ademais, pode-se verificar que 16,79% recebem algum tipo de auxílio do governo, o que revela a presença de indivíduos em situação de vulnerabilidade social. Dos entrevistados, 13,93% trabalham como servidores públicos, o que aponta para uma parcela da população com maior estabilidade profissional. Por fim, 5,36% exercem atividades em empresas privadas ou como prestadores de serviço público, representando o grupo menos numeroso. Dessa forma, percebe-se que uma diversidade nas fontes de renda, com destaque para o trabalho autônomo e a aposentadoria, mas também há uma parcela significativa que depende de programas sociais.

Figura 7. Principal fonte de renda dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.

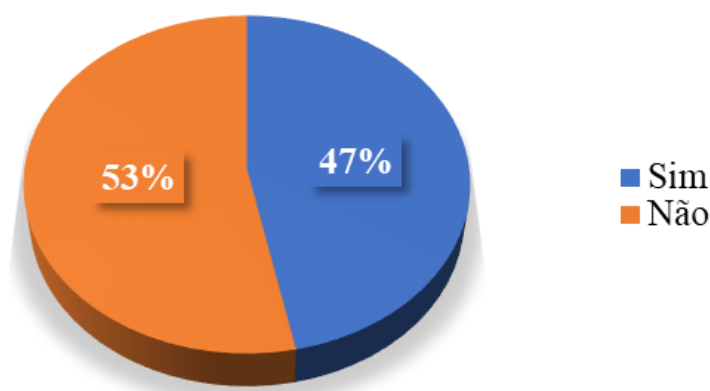


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Sobre a presença de trabalhadores na agricultura entre os entrevistados, observa-se na Figura 8 que 46,79% das residências possuem ao menos uma pessoa envolvida nessa atividade, enquanto a maioria, 53,21%, não mantém qualquer vínculo com o setor agrícola. Esse resultado indica que embora a agricultura ainda desempenhe um papel relevante em determinadas famílias, ela deixou de ser a principal fonte de trabalho para grande parte da População de São José dos Cordeiros - PB. A redução de trabalhadores

nesse segmento pode estar associada à diversificação das fontes de renda, ao crescimento do setor de comércio e serviços, bem como ao aumento do número de pessoas que dependem de auxílios governamentais. Dessa forma, compreende-se que, embora a agricultura ainda seja presente no contexto local, vem havendo reduções significativas em sua representatividade econômica e social, em geral nas áreas urbanas ou em processo de desenvolvimento.

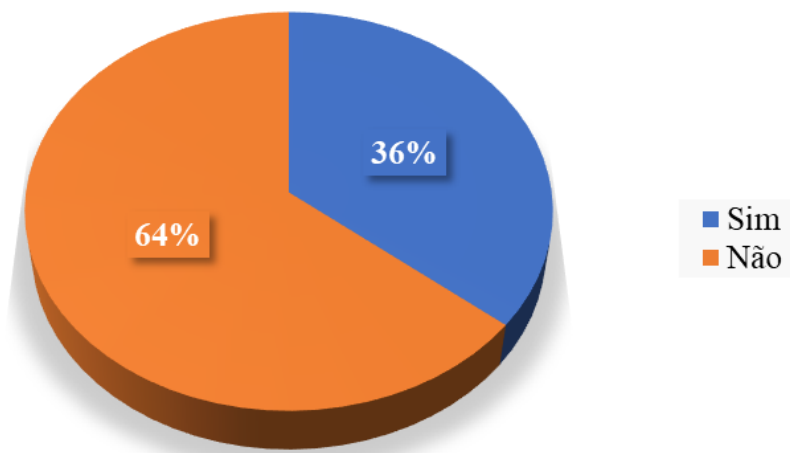
Figura 8. Presença de Trabalhadores na Agricultura nas residências dos participantes da pesquisa realizada em São José dos Cordeiros – PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 9 apresenta dados sobre a participação de trabalhadores da agricultura em organizações relacionadas à agricultura familiar. Observa-se que 35,88% dos entrevistados afirmaram participar de alguma entidade desse tipo, enquanto a maioria, 64,12%, não possui nenhum vínculo com essas organizações. Esses resultados indicam que, embora exista um grupo de trabalhadores envolvidos em associações ou cooperativas, uma parcela significativa ainda permanece à margem dessas estruturas. Ressalta-se que a participação em organizações é fundamental para o fortalecimento da agricultura familiar, visto que favorece o compartilhamento de experiências, o acesso a informações e a busca por melhores condições de trabalho e produção. Dessa forma, constata-se que, embora haja algum nível de engajamento coletivo, a maioria dos trabalhadores rurais do município ainda atua de forma individual ou sem apoio institucional.

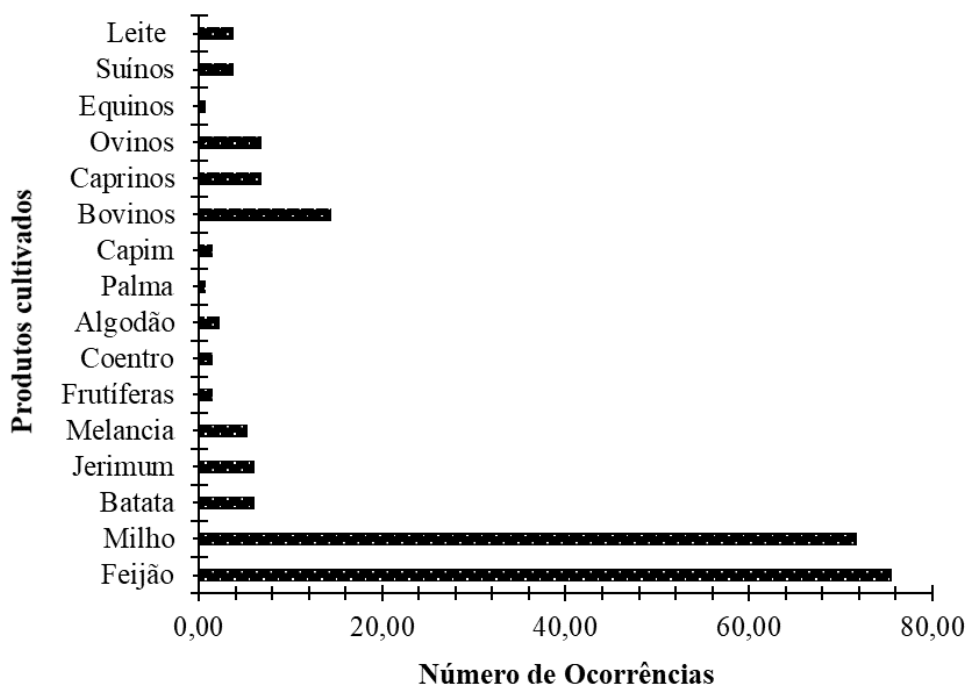
Figura 9. Percentual dos Trabalhadores da Agricultura que participam de uma ou mais organizações na agricultura familiar.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na Figura 10 podem ser observados os principais produtos cultivados e os tipos de criação de animais realizados pelos entrevistados que atuam na agricultura, evidenciando uma diversidade de atividades agrícolas. Entre os cultivos, destacam-se o feijão (75,57%) e o milho (71,76%), que se sobressaem como as culturas mais representativas, refletindo sua relevância tanto para o consumo alimentar como para a economia local. Outros produtos, como batata, jerimum e melancia, aparecem em proporções menores, variando entre 5% e 10%, enquanto as frutíferas, o coentro e a palma são cultivados por apenas 2% dos entrevistados. No que se refere à criação de animais, observa-se predominância da criação de bovinos (14,50%), possivelmente voltada à produção de carne ou leite. Já a criação de caprinos, ovinos, equinos e suínos são mencionadas por um número reduzido de entrevistados, variando de 0,5% a 7%. Esses resultados demonstram que a agricultura familiar local mantém um perfil diversificado, com predominância de cultivos alimentares básicos e presença complementar da pecuária, reforçando a importância dessas atividades para a subsistência e geração de renda das famílias rurais.

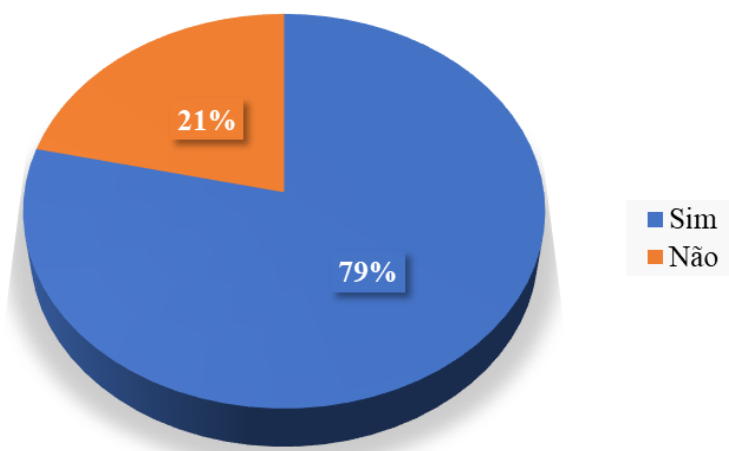
Figura 10. Principais produtos cultivados e espécies animais criadas por entrevistados ou familiares que atuam na agricultura.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 11 apresenta informações sobre a posse de propriedade rural entre os entrevistados ou membros de suas famílias que trabalham na agricultura. Verifica-se que a maioria expressiva (78,63%) afirmou possuir propriedade rural, enquanto apenas 21,37% declararam não ter terra própria. Esses dados evidenciam que grande parte dos trabalhadores do setor agrícola tem acesso à terra, fator essencial para o desenvolvimento de suas atividades e para a segurança produtiva e econômica das famílias. A posse da terra proporciona maior autonomia sobre os processos produtivos, favorecendo o planejamento, o investimento e o aumento da renda. Por outro lado, a minoria que não possui propriedade rural (20%) pode estar relacionada ao trabalho como arrendatário ou à utilização de terras de terceiros, o que limita sua estabilidade e independência. Assim, observa-se que a posse da terra representa um elemento central para a consolidação da agricultura familiar e o fortalecimento do meio rural no município de São José dos Cordeiros – PB.

Figura 11. Percentual de Entrevistados ou Membros da Família envolvidos na Agricultura com propriedade rural própria.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em síntese, os resultados evidenciam a diversidade socioeconômica e produtiva dos entrevistados, destacando a importância da agricultura familiar no município de São José dos Cordeiros – PB. Observa-se que, embora muitos ainda mantenham vínculo com o setor agrícola, há uma tendência de diversificação das fontes de renda e redução da dependência exclusiva da atividade rural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa foi possível compreender de forma ampla o perfil socioeconômico e produtivo dos moradores de São José dos Cordeiros – PB, destacando uma predominância de pessoas com 46 anos ou mais, com maior participação feminina e prevalência de solteiros. Quanto à escolaridade, a maioria possui o ensino fundamental incompleto, e as principais fontes de renda são o trabalho autônomo e a aposentadoria. Observou-se que 46,79% das famílias possuem algum integrante atuando na agricultura, embora apenas 35,88% participem de associações do setor. As principais atividades desenvolvidas envolvem o cultivo de feijão e milho e a criação de bovinos, práticas típicas da agricultura familiar no semiárido. De modo que, é possível concluir que a permanência dessa população no campo depende do incentivo à sucessão rural, da valorização do agricultor e da adoção de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da produção sustentável.

REFERÊNCIAS

AQUINO, J. R.; ALVES, M.O.; VIDAL, M. F. Agricultura familiar no Nordeste do Brasil: um retrato atualizado a partir dos dados do censo agropecuário 2017. *Revista Econ. NE, Fortaleza*, v. 51, suplemento especial, p. 31-54, agosto, 2020.

BEZERRA, G.J.; SCHLINDWEIN M.M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil* *Revista interações*.2017

CASTRO, C. N. A agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. IPEA. *Boletim regional, urbano e ambiental*. jul.-dez. 2013

EMBRAPA. VII Plano Diretor da Embrapa: 2020–2030 / Embrapa. – Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA [EMBRAPA]. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira*. Brasília: EMBRAPA, 2018.

FAO/INCRA. Projeto de cooperação técnica INCRA/FAO. *Novo retrato da agricultura familiar. O Brasil redescoberto*. Brasília, 2000.

IBGE. Agricultura familiar. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/11_00_Texto.pdf. Acesso em 20 de maio de 2024.

IBGE/SIDRA. Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censoagropecuario-2017>>. Acesso em 12 de junho de 2024.

GUILHOTO, J. J. M.; SILVEIRA, F. G.; CAMPOLINA, B.; ICHIHARA, S. M. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus estados. 2007, Anais. São Paulo: ANPEC, 2007. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/473198>> Acesso em: 10 jun. 2024.

TARGINO, I.; MORREIRA. Agricultura familiar na Paraíba: perfil com base no censo agropecuário de 2017e. *Rev. Econ. NE, Fortaleza*, v. 51, suplemento especial, p. 133-154, agosto, 2017.

LAL, R. Soil science and the carbon civilization. *Soil Science Society of America Journal*, Sept. 2007.


LIMA, G. C.; CAMPUS, K. C.; ALVES, A. G. M. Índice de Modernização Agrícola na região Nordeste. *Revista Interações* v. 23, n. 2, p. 347-362, 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Notícias. Brasil lidera produtividade agropecuária mundial. Publicado em 12/05/2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-lidera-productividade-agropecuaria-mundial>. Acesso em: 10 jun. 2024.



Capítulo 4
PROMOVENDO A SUSTENTABILIDADE POR MEIO DO
CONTROLE DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE COM ARDUINO

Dominique Junior Vais
Elisângela dos Santos Ribeiro Lima
Simone da Silva Reis
Vanuza Santana Pereira Melo
Telma Rodrigues de Solza Gomes
Ronaldo Pereira da Costa
Franciana dos Santos Carvalho
Jucelia Freitas da Silva



**PROMOVENDO A SUSTENTABILIDADE POR MEIO DO CONTROLE DE
IRRIGAÇÃO INTELIGENTE COM ARDUINO**

Dominique Junior Vais

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Elisângela dos Santos Ribeiro Lima

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Simone da Silva Reis

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Vanuza Santana Pereira Melo

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Telma Rodrigues de Solza Gomes

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Ronaldo Pereira da Costa

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Franciana dos Santos Carvalho

Faculdade Futura (ICETEC)

Jucelia Freitas da Silva

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

RESUMO

O estudo tem por objetivo geral desenvolver um sistema de controle de irrigação inteligente baseado em Arduino para otimizar a gestão dos recursos hídricos e melhorar a qualidade e a quantidade dos cultivos. Quanto a sua metodologia, consiste num estudo do tipo bibliográfico, explicativo, de natureza qualitativa, tendo como local de implementação uma escola situada no município de Primavera do Leste, no estado do Mato Grosso. O desenvolvimento do sistema de controle de irrigação inteligente se deu mediante a realização de um projeto, o qual contou com a realização de 3 bolsistas e 25 alunos participantes, todos matriculados na Escola Estadual Cremilda de Oliveira Viana. O decurso do projeto contou com aulas teóricas e práticas, resultando num sistema inteligente de irrigação, sendo a plataforma Arduino o principal eixo estruturante deste sistema. Assim, foi possível disseminar boas práticas de eficiência hídrica, além de fazer com que os estudantes participantes ampliassem sua gama de conhecimentos sobre meio ambiente, sustentabilidade e necessidade do uso consciente da água, não somente na agricultura, mas também nos demais segmentos de atuação.

Palavras-chave: Controle de irrigação inteligente. Educação para a sustentabilidade. Uso correto da água.

ABSTRACT

The study aims to develop a smart irrigation control system based on Arduino to optimize water resource management and improve the quality and quantity of crops. Regarding its methodology, it is a bibliographic, explanatory study of a qualitative nature, with its implementation taking place at a school located in the municipality of Primavera do Leste, in the state of Mato Grosso. The development of the smart irrigation control system was carried out through a project involving three scholarship holders and 25 participating students, all enrolled at Escola Estadual Cremilda de Oliveira Viana. The project included theoretical and practical classes, resulting in a smart irrigation system, with the Arduino platform serving as the main structural axis of this system. Thus, it was possible to disseminate good practices in water efficiency and enable participating students to expand their knowledge of the environment, sustainability, and the need for the conscious use of water, not only in agriculture but also in other fields of activity.

Keywords: Intelligent irrigation control. Education for sustainability. Correct use of water.

INTRODUÇÃO

O setor agrícola é um dos pilares da economia global e a irrigação é uma parte crítica deste setor. No entanto, o uso inadequado ou o desperdício de água na irrigação pode levar a problemas graves, como escassez hídrica e danos ambientais (Moreira; Gonçalves; Porciúncula, 2022). Para resolver este problema, é necessário um sistema de

controle de irrigação inteligente que possa garantir uma distribuição equilibrada e eficiente de água nas culturas (Alves, 2021).

Neste projeto, os alunos do ensino fundamental e médio tiveram a oportunidade de desenvolver um sistema de controle de irrigação inteligente usando o Arduino (Falcão *et al.*, 2024). Este sistema permite que os alunos monitorem as condições climáticas, como a umidade do solo, e usem essas informações para controlar a quantidade de água que é fornecida às plantas. Ao trabalhar neste projeto, os alunos aprendem sobre tecnologias avançadas, como sensores e microcontroladores, e verão como elas podem ser usadas para resolver problemas reais no mundo real (Brasil, 2018).

Este projeto é uma oportunidade rica para que os alunos aprendam sobre tecnologia e desenvolvimento de projetos, além de aprender sobre a importância da eficiência hídrica e dos cuidados com o meio ambiente (Arranja, 2021; Lima, 2020). No laboratório MAKER, é importante fornecer aos estudantes uma educação prática e envolvente que os ajude a desenvolver habilidades valiosas para o futuro. O projeto de controle de irrigação inteligente com o Arduino foi excelente oportunidade para isso, pois permite que os estudantes apliquem conhecimentos teóricos em uma situação real e desenvolvem habilidades importantes como programação, solução de problemas e trabalho em equipe (Castro; Doneli, 2023).

Em resumo, o projeto de controle de irrigação inteligente com o Arduino é uma oportunidade valiosa para os estudantes desenvolverem habilidades práticas e sensibilizarem-se sobre questões ambientais, tornando a educação mais significativa (Ausubel, 2003). Sabe-se que um dos pontos críticos para o futuro da humanidade diz respeito a disponibilidade de água potável para as próximas gerações, o que reitera a necessidade da eficiência hídrica nos segmentos de atuação em que a água é utilizada, como, por exemplo, a Agricultura (Santos *et al.*, 2022).

O objetivo geral do estudo é desenvolver um sistema de controle de irrigação inteligente baseado em Arduino para otimizar a gestão dos recursos hídricos e melhorar a qualidade e a quantidade dos cultivos

SUSTENTABILIDADES E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Um dos temas que mais estão em voga na sociedade contemporânea diz respeito a sustentabilidade. Segundo Ferrão (2017), uma das razões que justificam isto diz respeito ao elevado grau de severidade das ações antrópicas sobre o meio ambiente nos últimos

três séculos. Martin (2022) advoga a favor de um grande repensar a respeito de como se dá o processo de produção de riquezas no mundo, em especial no que se refere a como se dá a interface entre homem e natureza.

Os impactos das ações humanas sobre o meio ambiente foram tantos que já se cogita a existência de uma nova era geológica denominada como Antropoceno (Ferrão, 2017). Os efeitos deste fenômeno englobam desde a emissão de gases do efeito estufa, aquecimento global e desmatamentos (Silveira, 2018). Isto ajuda a explicar o porquê do protagonismo da sustentabilidade no contexto atual, o que se reflete em determinados segmentos, tais como Administração, Contabilidade e Direito, por exemplo (Sartori; Latrônico; Campos, 2014).

Esta primazia da sustentabilidade também é justificada perante uma mudança de paradigma a respeito das causas ambientais. Consoante Cerdotes e Bühring (2022), ao longo de uma parte significativa do século XX, havia a cristalização da seguinte ideia: a natureza possui uma capacidade infinita de fornecer matéria-prima para atender as necessidades humanas, o que não corresponde à realidade.

Além disso, eventos históricos como, por exemplo, a Convenção de Estocolmo de 1972, o Relatório de Brundtland (1987) e a Eco-92 realizada no Rio de Janeiro em 1992 já questionavam as formas de interação entre natureza e homem, numa dimensão em que o crescimento econômico para acontecer não resultasse em reveses para o meio ambiente (Dallagnezze, 2022).

Sobre as semelhanças e diferenças entre as palavras sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, os autores Feil e Schreiber (2017, p.667) explanam o seguinte:

[...] “sustentável” tem a incumbência pelas soluções à deterioração do sistema ambiental humano com auxílio da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade mensura o nível de qualidade deste sistema com intuito de avaliar o seu grau de distância em relação ao sustentável. O desenvolvimento sustentável atua com estratégias para aproximar o nível de sustentabilidade ao sistema humano sustentável.

A sustentabilidade se reflete na gestão pública, uma vez que os governantes lidam com o desafio constante de ser eficiente e fazer uso assertivo dos recursos disponíveis (Brasil, 1998). Já a iniciativa privada busca no atendimento das demandas sustentáveis uma forma de robustecer sua marca junto às partes interessadas, de maneira que isto gere uma impressão positiva junto aos potenciais parceiros e clientes (Barbieri, 2022).

A abordagem sobre sustentabilidade implica mencionar a questão do desenvolvimento sustentável. Conforme Tachizawa e Pozo (2007), o modelo de crescimento pautado apenas na dimensão econômica gerou muitos reveses para a natureza. É nesse contexto que a ideia de desenvolvimento sustentável surge, propondo a existência da pujança econômica de maneira conciliada com as demandas sociais e ambientais (Doliveira *et al.*, 2021).

Assim, falar sobre desenvolvimento sustentável significa fazer referência a um modelo que busca o crescimento da economia sem que isso resulte em degrado ambiental (Elkington, 2001). Ferrão (2017) diz que o alcance do desenvolvimento sustentável engloba a participação dos países, os quais por meio de tratados, convenções e outros instrumentos buscam formas de redução das ações antrópicas sobre o meio ambiente. Tal necessidade se tornou mais latente com o advento do que a literatura chama de Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU.

Esta agenda foi elaborada e divulgada no ano de 2015 e sua estrutura principal contém uma lista de 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (Fernandes Neto, 2023). Conforme explanado por Barbosa *et al.* (2019, p.2):

[...] a ONU propôs o estabelecimento dos “Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM)”, que teve como marco inicial a Resolução 55/2 da Assembleia Geral da ONU. No ano de 2000, líderes mundiais se reuniram na sede das Nações Unidas em Nova York para a adoção da “Declaração do Milênio da ONU” onde tinha contido (sic) uma série de 8 objetivos globais para reduzir a pobreza extrema até o ano de 2015. [...] A partir do legado dos ODM, os países signatários da ONU reunidos em Nova York, em 2015, assumiram o compromisso com os novos objetivos do milênio para o desenvolvimento sustentável, estabelecendo 17 ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável).

Estes objetivos, os quais são conhecidos coloquialmente como ODS e que integram a Agenda 2030, tratam de questões relevantes para o futuro do planeta, como, por exemplo, o ODS 1 – Erradicação da pobreza; ODS 3 – Saúde e Bem-Estar; ODS 4 – Educação de Qualidade; ODS 6 – Água potável e saneamento; ODS 9 – Trabalho decente e crescimento econômico, e o ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes (Lavall; Olsson, 2019). O alcance destes objetivos demanda esforços coordenados, tanto da parte do poder público como também da iniciativa privada, mediante os desafios significativos voltados tanto para cuidar dos problemas do presente, bem como o envidar de políticas públicas que melhorem a vida da população (Campos; Silva; Machado, 2024; Rua, 2014).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Um dos eixos estruturantes do estudo diz respeito a pesquisa bibliográfica. Gil (2019) diz que esse tipo de pesquisa é aquele onde há a realização de consultas junto a livros, artigos e demais materiais já publicados sobre os assuntos que integram uma construção textual. É também um estudo do tipo explicativo, método este que conforme Zanella (2013) se caracteriza pelo elencar das razões que corroboram para a manifestação de determinados fenômenos, com vistas a tornar eles mais fáceis de serem comprometidos. A natureza do estudo é qualitativa, o que de acordo com Minayo (2015) implica destacar o contexto social no qual os fenômenos estudados acontecem.

O texto narra sobre um projeto intitulado “Promovendo a Sustentabilidade por meio do Controle de Irrigação Inteligente com Arduino”. Este projeto foi desenvolvido numa escola de ensino fundamental e médio situada no município de Primavera do Leste, no estado de Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil. Por meio do desenvolvimento deste projeto, buscou-se não somente conscientizar os alunos participantes, mas também promover o uso consciente da água, numa perspectiva conexa entre a teoria e a prática (Kuenzer, 2014).

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste trecho do estudo, são especificadas as atividades desenvolvidas no decurso do projeto, bem como os seus respectivos resultados e desdobramentos.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante os meses de setembro, outubro e novembro, realizamos a divulgação do projeto "Promovendo a Sustentabilidade por Meio do Controle de Irrigação Inteligente com Arduino" através de diversas plataformas, incluindo redes sociais como Instagram e WhatsApp. Foram hashtags específicas para aumentar o alcance e engajamento, conforme indicado no edital.

O projeto previa a seleção de três bolsistas, sendo que o processo de seleção foi amplamente divulgado na escola e na comunidade por meio das redes sociais (Consolação

et al., 2020). Foram realizadas entrevistas com estudantes interessados no projeto e, após um criterioso processo de avaliação, os bolsistas foram escolhidos.

Nos meses mencionados, focalizou-se na preparação da documentação necessária e na abertura de contas bancárias para os bolsistas. Também se procedeu com o planejamento detalhado do projeto, incluindo a criação de um cronograma de atividades e a realização de reuniões com os pais dos bolsistas para garantir seu envolvimento e apoio.

Nos meses de março, abril, maio, junho e julho, foram realizadas as aulas práticas do projeto. O coordenador e autor deste artigo, junto com os bolsistas selecionados, promoveu uma ampla divulgação do projeto na Escola Estadual Cremilda de Oliveira Viana (EECOV). O objetivo era trazer mais participantes para o projeto e, assim, foi criado o primeiro grupo de Robótica da escola.

A divulgação visava selecionar estudantes para um minicurso relacionado aos conhecimentos adquiridos com a execução do projeto de irrigação automatizada. Foram selecionados 25 estudantes, abrangendo desde o sexto ano do ensino fundamental até o ensino médio. A seleção foi feita por meio de entrevistas, mas todos os inscritos foram aceitos, visto que o número de candidatos correspondia ao número de vagas disponíveis.

Após a seleção dos estudantes, iniciou-se o minicurso, focado em aulas práticas de Arduino, incluindo sua história e desenvolvimento, suas aplicações e usos comuns, e a plataforma de hardware que o compõe. Aprenderam sobre os diferentes tipos de placas Arduino, como Uno, Mega e Nano, e as especificações técnicas das principais placas.

Figura 1: *Aquisição dos kits de Arduino*



Fonte: VAIS, D. COSTA, R. (2024).

O curso incluiu uma introdução detalhada à IDE do Arduino, cobrindo a instalação e configuração, além da interface e principais funcionalidades. Os estudantes também estudaram componentes básicos, como resistores, LEDs, botões, sensores e motores.

Figura 2: Aula Prática com a Placa Arduino



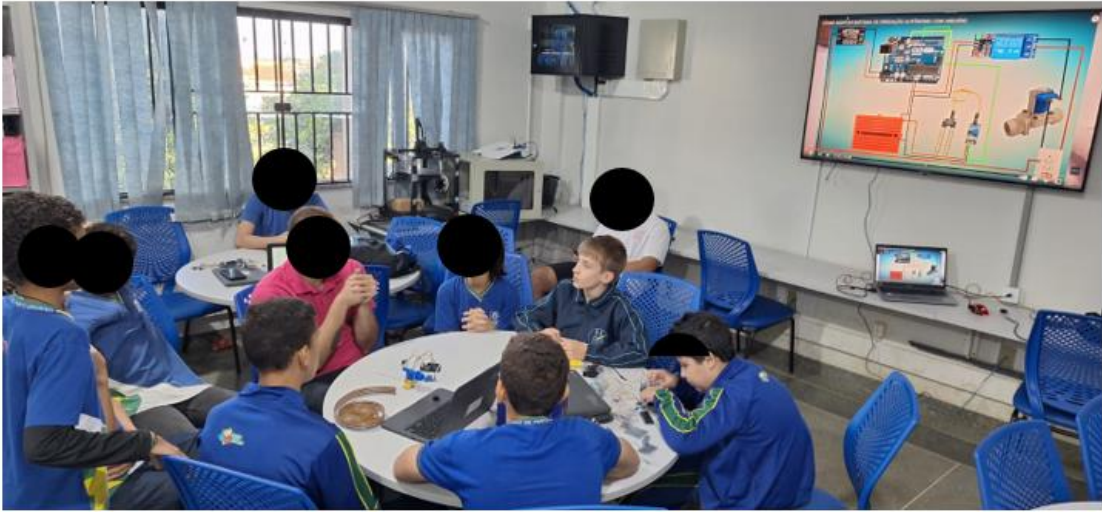
Fonte: VAIS, D. COSTA, R. (2024).

Na programação do Arduino, eles aprenderam a estrutura básica de um sketch, incluindo as funções `setup()` e `loop()`, e a sintaxe básica da linguagem de programação (Santos *et al.*, 2024). Em termos de entradas e saídas digitais, os estudantes aprenderam a leitura e escrita digital, e como manipular LEDs e botões. Eles também exploraram as entradas e saídas analógicas, incluindo a leitura analógica com `analogRead()` e a saída PWM com `analogWrite()`.

O curso aprofundou-se em sensores e atuadores, ensinando como conectar e programar sensores de luz, temperatura e distância, além de controlar motores DC e servo motores com bibliotecas específicas para controle de motores. Na comunicação, os estudantes aprenderam a enviar e receber dados via comunicação serial, utilizando o monitor serial na IDE, e os protocolos de comunicação como I2C e SPI, além da comunicação entre múltiplos dispositivos Arduino.

Os estudantes também participaram de projetos e aplicações práticas, começando com projetos básicos como o pisca-pisca (Blink) e controle de LEDs com botões. Eles avançaram para projetos intermediários, incluindo estações meteorológicas e robôs seguidores de linha, e finalmente exploraram projetos avançados, como o controle de dispositivos via Bluetooth ou Wi-Fi e sistemas de automação residencial.

Figura 3: Aula com os novos estudantes



Fonte: VAIS, D. COSTA, R. (2024).

Por fim, o curso abordou a integração do Arduino com outras tecnologias. Os estudantes aprenderam sobre o Arduino e a Internet das Coisas (IoT), incluindo a conexão com serviços web e o envio de dados para a nuvem (Reis *et al.*, 2021). Eles também exploraram a integração do Arduino com impressão 3D, controlando impressoras 3D e utilizando sensores e atuadores em projetos de impressão 3D.

Figura 4: Construção da prototipagem da horta automática



Fonte: VAIS, D: COSTA, R (2024).

Após aprenderem os conceitos teóricos e práticos sobre Arduino no laboratório, os estudantes selecionados para o projeto "Promovendo a Sustentabilidade por Meio do Controle de Irrigação Inteligente com Arduino" colocaram seus conhecimentos em

prática. Com os recursos disponibilizados pela verba do projeto, eles criaram um protótipo de sistema de irrigação automatizada no laboratório da escola.

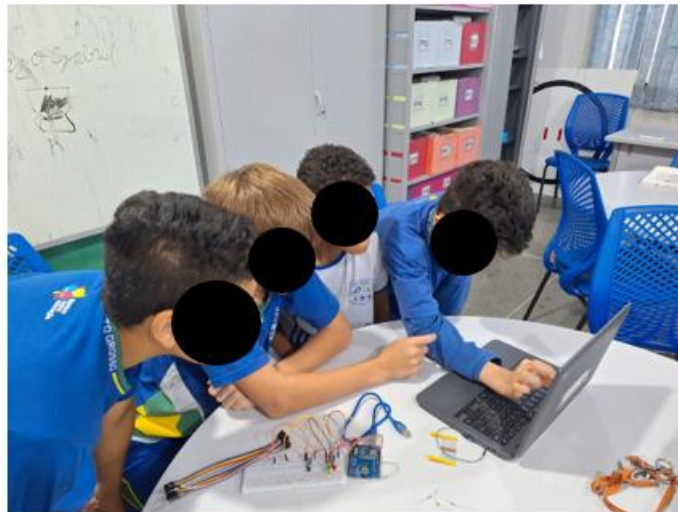
Figura 5: *Prototipagem em funcionamento*



Fonte: VAIS, D. COSTA, R. (2024).

O protótipo envolveu o uso de diversos componentes e tecnologias que os estudantes haviam aprendido durante o curso, como sensores de umidade do solo, motores para o bombeamento de água e a programação necessária para controlar todo o sistema.

Figura 6: *Aula aplicada utilizando os Chromebook*



Fonte: VAIS, D. COSTA, R. (2024).

Utilizando placas Arduino e componentes como resistores, LEDs e botões, os alunos desenvolveram um sistema funcional de irrigação automatizada (Siqueira; Ferreira, 2023).

Após a fase de desenvolvimento no laboratório, os estudantes foram para a horta da escola para implementar o sistema na prática. Na aplicação dos conhecimentos adquiridos, eles instalaram sensores de umidade no solo da horta, conectaram os motores

de bombeamento de água e configuraram o Arduino para monitorar e ajustar a irrigação automaticamente.

O resultado foi uma horta automatizada que ajusta a irrigação conforme a necessidade das plantas, promovendo um uso mais eficiente da água e demonstrando na prática os benefícios da tecnologia. Este projeto não só consolidou os conhecimentos técnicos dos estudantes, mas também contribuiu para a sustentabilidade da escola, mostrando como a tecnologia pode ser utilizada para resolver problemas reais de maneira inovadora.

Figura 7: *Visitação da Horta*



Fonte: VAIS, D: COSTA, R (2024).

O uso eficiente da água, ajustado automaticamente com base nas condições do solo, reduziu o desperdício e melhorou a saúde das plantas.

Figura 8: *Manutenção na horta escolar*



Fonte: VAIS, D: COSTA, R (2024).

Este resultado demonstra como a tecnologia pode ser aplicada para resolver problemas práticos de maneira sustentável, alinhando-se aos objetivos de promover práticas ambientais responsáveis.

Figura 9: Instalação dos irrigadores na horta



Fonte: VAIS, D: COSTA, R (2024).

O laboratório de tecnologia da escola foi atualizado e enriquecido com novos materiais e ferramentas, incluindo kits de Arduino e outros componentes eletrônicos (Bernardes; Almeida; Gomes, 2024). Além disso, a capacitação de professores e alunos no uso de novas tecnologias, como a impressora 3D e plataformas de automação, contribuiu para a melhoria das práticas pedagógicas e para a atualização dos conhecimentos técnicos dos profissionais da escola (Santos *et al.*, 2024). Esse processo de formação não só fortaleceu o ambiente educacional, como também promoveu uma abordagem mais dinâmica e inovadora no ensino.

Um dos principais resultados foi o fortalecimento da integração entre a tecnologia e as práticas educacionais na escola onde o projeto foi desenvolvido. A implementação do sistema de irrigação automatizado não apenas melhorou a gestão da horta escolar, mas também serviu como um exemplo prático de como a tecnologia pode ser aplicada para resolver problemas reais e promover a sustentabilidade (Araújo; Pedrosa, 2014; Kuenzer, 2014). Esta integração levou a um aumento no interesse dos alunos por áreas como a robótica e a programação, incentivando a formação de novos grupos de estudo e projetos relacionados à tecnologia.

A adaptação dos sensores e atuadores ao sistema de irrigação automatizado apresentou desafios técnicos, especialmente no ajuste dos parâmetros para garantir a precisão na irrigação. Além disso, houve dificuldades na integração dos componentes de hardware com o software de programação do Arduino, exigindo ajustes e testes contínuos. Mas, conforme Silva (2019), o aprimoramento de protótipos exige a realização de testes de confiabilidade, com vistas a tornar estes artefatos notabilizados pela sua qualidade e eficiência (Slack; Chambers; Johnston, 2009).

RESULTADOS ALCANÇADOS

O projeto "Promovendo a Sustentabilidade por Meio do Controle de Irrigação Inteligente com Arduino" alcançou resultados significativos, alinhados com os objetivos propostos inicialmente. Os alunos participantes desenvolveram habilidades técnicas avançadas em eletrônica, programação e automação (Lima; Cardoso, 2024). Através de aulas teóricas e práticas, aprenderam a utilizar a plataforma Arduino para criar e programar sistemas de irrigação automatizada. Este conhecimento foi aplicado na construção e implementação de protótipos funcionais, proporcionando uma experiência de aprendizado aplicada e significativa (Ausubel, 2003).

O projeto proporcionou uma capacitação significativa para os alunos envolvidos. Além de desenvolverem competências técnicas, os alunos foram capacitados em habilidades de resolução de problemas, trabalho em equipe e comunicação científica (Andrade, 2016). Eles foram responsáveis por documentar e apresentar seus trabalhos, o que contribuiu para seu desenvolvimento acadêmico e profissional. A capacitação também incluiu o uso de tecnologias de impressão 3D (Lira, 2021) para criar componentes personalizados, ampliando ainda mais o leque de habilidades adquiridas.

O projeto resultou em melhorias notáveis na infraestrutura da Escola Estadual Cremilda de Oliveira Viana. A horta escolar foi equipada com um sistema de irrigação automatizada, o que não só melhorou a eficiência do uso da água, mas também serviu como uma ferramenta educacional prática para os alunos (Santos *et al.*, 2020). Além disso, a aquisição e uso de uma impressora 3D permitiu a criação de componentes necessários para o projeto, ampliando os recursos disponíveis para futuros projetos e atividades educativas.

A implementação do sistema de irrigação automatizada contribuiu significativamente para a sustentabilidade da horta escolar.

CONCLUSÃO

O projeto "Promovendo a Sustentabilidade por Meio do Controle de Irrigação Inteligente com Arduino" alcançou resultados notáveis, demonstrando a eficácia da integração entre tecnologia e práticas sustentáveis. As conclusões finais evidenciam que a implementação do sistema de irrigação automatizada resultou em uma significativa melhoria na eficiência do uso da água na horta da escola em que o projeto foi desenvolvido. O sistema, baseado em sensores de umidade e controlado por placas Arduino, ajustou a irrigação conforme as necessidades das plantas, promovendo um consumo mais racional de água e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Além disso, a capacitação oferecida aos estudantes e ao pessoal envolvido foi bem-sucedida, proporcionando não apenas uma compreensão teórica e prática do Arduino e da automação, mas também aplicando esses conhecimentos em um projeto real. A formação teve um impacto positivo, despertando o interesse dos alunos pela tecnologia e inovação.

O projeto também resultou em melhorias significativas na infraestrutura da escola, incluindo a atualização da horta e a aquisição de novos equipamentos, como uma impressora 3D. Essas melhorias facilitaram a execução do projeto e ampliaram as capacidades tecnológicas da escola, beneficiando futuros projetos e atividades. A divulgação e o engajamento da comunidade foram eficazes, com a realização de eventos e a produção de materiais que promoveram a conscientização sobre a importância da tecnologia na sustentabilidade. O minicurso de Arduino e a implementação do sistema de irrigação serviram como exemplos práticos de como a tecnologia pode ser utilizada para resolver problemas reais.

Para o futuro, há várias perspectivas promissoras. A expansão do projeto para outras áreas da escola ou da comunidade local pode amplificar os benefícios da tecnologia e promover práticas sustentáveis de maneira mais ampla. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias e a integração com outras tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), pode abrir novas oportunidades para inovações. Buscar parcerias com instituições acadêmicas, empresas e órgãos governamentais pode facilitar o financiamento e a execução de futuros projetos, trazendo novos recursos e expertise. A

continuidade da capacitação dos estudantes e do pessoal é crucial, e o desenvolvimento de programas de formação contínua pode garantir que todos estejam atualizados com as últimas tecnologias e práticas.

Por fim, a realização de avaliações contínuas do impacto do sistema e a coleta de feedback dos usuários fornecerão insights valiosos para melhorias. A identificação de áreas para aprimoramento e a incorporação dessas sugestões em futuros projetos garantirão a eficácia e a relevância das iniciativas tecnológicas. Em resumo, o projeto não apenas atingiu seus objetivos iniciais, mas também criou uma base sólida para futuros desenvolvimentos e inovações, proporcionando uma base firme para a continuidade e expansão de projetos que unem tecnologia e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, R.G. **Fazenda inteligente**: desenvolvimento de um gêmeo digital para um sistema de irrigação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021.

ANDRADE, T.S.S. **A importância da divulgação científica em processos formativos no ensino tecnológico**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2016.

ARAÚJO, M.F.F.; PEDROSA, M.A. Desenvolvimento sustentável e concepções de professores de biologia em formação inicial. **Ensino, Pesquisa e Educação em Ciências**, v.16, p. 71 – 84, 2014.

ARRANJA, C. A insegurança hídrica na agricultura: Como garantir abastecimento de água para ter regadio no futuro? Um caminho para a sustentabilidade. **Public Policy Portuguese Journal**, v. 6, n. 2, p. 186-208, 2021.

BALDUÍNO JUNIOR, A.L. *et al.* Educação ambiental e para sustentabilidade no ensino médio: uma revisão sistemática. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 21, n.6, p. 1 – 18, 2024.

BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento sustentável**: das origens à Agenda 2030. Petrópolis, RJ: Vozes, 2022.

BARBOSA, M.V.G. *et al.* Agenda 2030 e o desenvolvimento sustentável: educação ambiental crítico-dialógica com a oficina conhecendo os 17 ODS. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. **Anais...** Fortaleza, Ceará, 4 a 7 de novembro de 2019.

BATISTA, L. A. P.; ARIOZA, J. M. F.; GAMBARATO, V. T. S. Vaso de plantas residencial utilizando Impressão 3D e Arduino. In: XII JORNACITEC-JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. **Anais...** Fatec Botucatu, Botucatu, São Paulo, 6 a 10 de novembro de 2023.

BAUMAN, Zygmunt. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria.** São Paulo: Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2008.

BERNARDES, A. S.; ALMEIDA, T. O.; GOMES, A. D. T. O desenvolvimento de uma atividade investigativa com o auxílio de um sistema automático de aquisição de dados baseado em Arduino. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v. 8, n. 1, p. 102-120, 2024.

BRASIL. **Emenda Constitucional nº 19, de 4 de junho de 1998.** Modifica o regime e dispõe sobre princípios e normas da Administração Pública, servidores e agentes políticos, controle de despesas e finanças públicas e custeio de atividades a cargo do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018.

BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum. Relatório Brundtland. **Our Common Future.** [s.l.]: United Nations, 1987.

CARRARO, N.C.; GODINHO FILHO, M.; OLIVEIRA, E.C. Technologies of the Industry 4.0: perspectives of application in the Brazilian Agribusiness. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v.6, n.7, p.319 – 330, 2019.

CAMPOS, D.B.S.; SILVA, R.O.; MACHADO, A.L.S. A relevância das ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação: percepções sobre um curso de especialização lato sensu em Meio Ambiente e suas Tecnologias no Instituto Federal do Amazonas. **Revista Foco**, v.17, n.2, p. 1 – 26, 2024.

CERDOTES, A.; BÜHRING, M.A. Um repensar ecológico para a efetiva proteção dos recursos naturais: por uma relação de cuidado e respeito com a natureza. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v.8, n.1, p. 1 – 22, 2022.

CONSOLAÇÃO, D. I. A. S. C. *et al.* Potencialidade das redes sociais e de recursos imagéticos para a divulgação científica em periódicos da área de ciência da informação. **Biblos**, v. 34, n. 1, p. 109-126, 2020.

COUTO, M.N. **Agricultura 4.0:** protótipo de um *Internet of Things* (IoT) na cultura da *Lactuca Sativa*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

DELLAGNEZZE, R. **50 anos da Conferência de Estocolmo (1972 – 2022) realizada pelas Nações Unidas sobre o meio ambiente humano.** São Paulo: Arche, 2022.

DESTÉFFANI, T. Construção de um módulo de Arduino para aula prática remota de carga/descarga de capacitores. **Conjecturas**, v. 22, n. 6, p. 753-763, 2022.

DOLIVEIRA, S.L.D. et al. A sustentabilidade na reutilização de resíduos de pallets de madeira no setor supermercadista. **Mix Sustentável**, v.7, n.2, p. 93 – 104, 2021.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. Makron Books: São Paulo, 2001.

FALCÃO, J. F. et al. Custo de produção de um sistema de irrigação inteligente com arduino. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 5, p. 2579-2590, 2024.

FELISARDO, R. J. A. et al. Uso do arduino como ferramenta de prototipagem para desenvolvimento de dispositivos automáticos: uma revisão. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 8, n. 1, p. 11-26, 2023.

FEITOSA, R.S. **O Projeto Integrador (PI) como instrumento de efetivação do currículo integrado**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas, Manaus, 2019.

FERNANDES NETO, J. **Gestão voltada para a sustentabilidade por meio de ações para a cultura**: proposição de um modelo estratégico a partir do trabalho do espaço cultural Casarão de Ideias. Tese (Doutorado em Administração). Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2023.

FERRÃO, J. O Antropoceno como narrativa: uma lente útil para entender o presente e imaginar o futuro? **Biblos**, n. 3, p. 205-221, 2017.

FRIGOTTO, G. Educação Omnilateral. In: CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. (orgs.) **Dicionário da Educação do Campo**. Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular, 2012.

FREIRE, Paulo. **Direitos humanos e educação libertadora**: gestão democrática da educação pública na cidade de São Paulo. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

KUENZER, A. Z. **Educação profissional**: desafios e debates. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2014.

LAVALL, T.P.; OLSSON, G. Governança global e o desenvolvimento na sua pluridimensionalidade: um olhar sobre a Agenda 2030 das Nações Unidas. **Direito & Desenvolvimento**, v.10, n.10, p.52 – 64, 2019.

LISBINSKI, F.C. et al. Perspectivas e desafios da agricultura 4.0 para o setor agrícola. In: VII SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO. **Anais...**Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 5 e 6 de novembro de 2020.

LIMA, A.K. **Educação para sustentabilidade em espaços não formais de ensino da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e da Universidade de Coimbra.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

LIMA, A. R.; CARDOSO, R. Otávio Rocha. O impacto da tecnologia nas profissões. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 25, p. 9-9, 2024.

LIRA, V. M. **Processos de fabricação por impressão 3D:** Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

MACOPA, J. P.; HOGUANE, E. Referenciais de Intersubjectividade de José Castiano: Um paradigma libertário do pensamento Africano. **Polymatheia-Revista de Filosofia**, v. 15, n. 1, p. 191-207, 2022.

MAGRANI, E. **A internet das coisas.** São Paulo: Editora FGV, 2018.

MARTIN, G.T. Deep sustainability: the UN Sustainable development goals versus the Unworkable UN System. **Mind and Society**, v.11, n.1, p.10 – 14, 2022.

MILANEZ, A.Y. *et al.* Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0. **BNDES**, v.26, n.52, p. 7 – 43, 2020.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: Hucitec, 2015.

MOREIRA, G. A. V.; GONÇALVES, M. V. P.; PORCIÚNCULA, D. C. L. O compromisso social da Educação Ambiental no âmbito da escassez hídrica. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 2, p. 389-414, 2022.

PASINATO, L. B.; TRENTIN, M. A. S. A robótica na escola: promovendo o raciocínio lógico e articulando a tecnologia na educação básica por meio de um desafio relâmpago. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e094420-e094420, 2020.

REIS, O. A. O. *et al.* Protótipo de um sistema de iluminação e tomada inteligente com o uso da plataforma arduino e internet das coisas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 60103-60118, 2021.

RIBEIRO, L.R. **O projeto pedagógico do Curso Técnico em Meio Ambiente integrado ao Ensino Médio:** caminhos para a concretização da proposta de currículo integrado. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto Federal Goiano, Ceres, 2023.

RUA, M.G. **Políticas públicas.** 3 ed. rev. atual. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração da UFSC; Brasília: CAPES: UAB, 2014.

SANTOS, R.F. **Programação de robôs por demonstração utilizando modelos não lineares autorregressivos**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SANTOS, A. L. *et al.* A criação de uma horta escolar como ferramenta ao ensino de Educação Ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 78811-78827, 2020.

SANTOS, B. P. *et al.* Agricultura e Irrigação no Brasil no cenário das Mudanças Climáticas. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 1, n. 2, 2022.

SANTOS, L. C. B. *et al.* Lógica de programação através da robótica: Uso do Scratch e Arduino para criação de robôs e projetos interativos. **LUMEN ET VIRTUS**, v. 15, n. 39, p. 2408-2421, 2024.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & sociedade**, v. 17, p. 01-22, 2014.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2017.

SILVA, J.R. **A tecnologia no campo e a gestão efetiva do agronegócio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SILVA, R.O. **Proposta de aut capacitação para coordenadores de graduação**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVA, C.E.M.; TEIXEIRA, S.F. Educação ambiental no Brasil: reflexões a partir da década da educação para o desenvolvimento sustentável das Nações Unidas (2005 – 2014). **Educação**, v.44, p. 1 – 20, 2019.

SILVA, L.; SOUSA, J. A.; SILVA, A. B. L. Ecoresidente: Educação Ambiental para o fortalecimento da sustentabilidade escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 7, p. 376-390, 2020.

SIQUEIRA, A. S.; FERREIRA, A. F. Sistema de irrigação automatizada para estufas de cultivo de tomate utilizando a plataforma arduino. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 2, p. 1121-1129, 2023.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

SOUZA, S.S. **Criação do curso de extensão “Conhecendo a Indústria 4.0 sob o olhar da ciência”**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas, Manaus, 2020.

SOUZA, Lucas Gomes *et al.* O uso do arduino para o estudo de circuitos do tipo rc. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. e021009-e021009, 2021.

TACHIZAWA, T.; POZO, H. Gestão socioambiental e desenvolvimento sustentável: um indicador para avaliar a sustentabilidade empresarial. **REDE – Revista Eletrônica do Prodem**, v.1, n.1, p.35 -54 2007.


YAMADA, B. A. G. P. *et al.* A importância da reciclagem para a sustentabilidade: uma Sequência Didática para o Ensino Fundamental. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação (RInTE)**, v. 9, n. 1, 2023.

VEIGA, A. J. S; MONTANHA, G. K. Horta vertical com irrigação automatizada. **Tekhne e Logos**, v. 12, n. 1, p. 49-59, 2021.

VELHO, J.P.L.; MACHADO, C.R. Educação ambiental, sustentabilidade e justiça ambiental: reflexões sobre a injustiça no agronegócio no Extremo Sul do Brasil. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, v.35, n. 3, p. 23 – 45, 2018.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 16 ed. São Paulo: Vergara, 2016.

ZANELLA, L.C.H. **Metodologia científica**. 2 ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração da UFSC, 2013.



Capítulo 5
EFICÁCIA DE MÉTODOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO
CONTROLE DE *Bradysia* spp. (DIPTERA: SCIARIDAE) EM
MUDAS DE MORANGUEIRO

Julia Fantin
Érika Andressa Silva
Gilson Ribeiro Nachtigall
Nadir Paula da Rosa



EFICÁCIA DE MÉTODOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DE *Bradysia* spp. (DIPTERA: SCIARIDAE) EM MUDAS DE MORANGUEIRO

Julia Fantin

Graduanda em Agronomia, Instituto Federal Catarinense (IFC - Videira), Videira, Santa Catarina, juliafantin09@gmail.com

Érika Andressa Silva

Doutora em Ciência do Solo, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, erika.silva@ifc.edu.br

Gilson Ribeiro Nachtigall

Doutor em Ciências Agrárias, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, gilson.nachtigall@ifc.edu.br

Nadir Paula da Rosa

Doutora em Desenvolvimento Rural, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, nadir.rosa@ifc.edu.br

RESUMO

A produção de mudas de morangueiro (*Fragaria × ananassa*) de alta qualidade é fundamental para o desempenho produtivo da cultura, sendo o manejo fitossanitário um fator determinante. Entre as principais pragas do estágio de viveiro, destacam-se os fungus gnats (*Bradysia* spp.), cujas larvas se desenvolvem na matéria orgânica do substrato, danificando o sistema radicular. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficácia de métodos biológicos e químicos no controle de larvas de *Bradysia* spp. em substratos. O experimento foi conduzido em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo cada unidade experimental

composta por 10 larvas. Os tratamentos consistiram na aplicação no substrato de: testemunha (aplicação apenas de água); aplicação do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*; aplicação da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTI); aplicação combinada de *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*; e aplicação do inseticida fipronil. As avaliações foram realizadas 72 horas após a aplicação, registrando-se o número de larvas vivas, mortas e aquelas que apresentaram alterações morfológicas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do teste não paramétrico de Kruskal–Wallis. Os resultados indicaram que os tratamentos biológicos promoveram redução significativa na sobrevivência larval em comparação à testemunha. O tratamento químico também promoveu mortalidade, contudo, não superou o desempenho dos agentes biológicos. Observaram-se efeitos subletais, como desorientação e redução da mobilidade, nos indivíduos expostos ao BTI, ao fungo e ao químico. Conclui-se que o controle biológico representa uma alternativa eficiente e sustentável para o manejo de fungus gnats na produção de mudas de morangueiro, favorecendo a redução do uso de defensivos químicos e promovendo práticas agrícolas ambientalmente responsáveis.

Palavras-chave: Fungus gnats. Controle biológico. Mudas de morangueiro. *Bacillus thuringiensis*. *Beauveria bassiana*.

ABSTRACT

The production of high-quality strawberry seedlings (*Fragaria × ananassa*) is essential for crop productivity, with phytosanitary management serving as a critical factor in this process. Among the primary pests in the nursery stage are fungus gnats (*Bradysia* spp.), whose larvae develop in the organic matter of the substrate and damage the root system. This study aimed to evaluate the efficacy of biological and chemical methods for controlling *Bradysia* spp. larvae in substrates. The experiment was conducted under laboratory conditions using a completely randomized design with five treatments and five replications; each experimental unit consisted of 10 larvae. The treatments involved the substrate application of: a control (water only); the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*; the bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTI); a combined application of *Bacillus thuringiensis* and *Brevibacillus laterosporus*; and the insecticide fipronil. Evaluations were performed 72 hours after application, recording the number of live larvae, dead larvae, and those exhibiting morphological alterations. Data were subjected to statistical analysis using the non-parametric Kruskal–Wallis test. The results indicated that biological treatments significantly reduced larval survival compared to the control. While the chemical treatment also caused mortality, it did not outperform the biological agents. Sublethal effects, such as disorientation and reduced mobility, were observed in individuals exposed to BTI, the fungus, and the chemical treatment. It is concluded that biological control represents an efficient and sustainable alternative for managing fungus gnats in strawberry seedling production. This

approach contributes to a reduction in chemical pesticide use and promotes environmentally responsible agricultural practices.

Keywords: Fungus gnats. Biological control. Strawberry plantlets. *Bacillus thuringiensis*. *Beauveria bassiana*.

INTRODUÇÃO

A produção de mudas de morangueiro (*Fragaria × ananassa*) constitui uma etapa fundamental para assegurar a qualidade e a produtividade dos cultivos comerciais de morango. A utilização de mudas saudáveis, vigorosas e livres de pragas é determinante para o estabelecimento adequado das plantas no campo, refletindo diretamente no rendimento e na qualidade dos frutos. Nesse contexto, o manejo fitossanitário em viveiros e ambientes protegidos, como estufas, assume papel estratégico na cadeia produtiva do morango (DUARTE, 2018).

Entretanto, o controle de pragas, especialmente da mosca-dos-fungos (*Bradysia* spp.), conhecida internacionalmente como fungus gnats, tem se mostrado um desafio crescente nos sistemas de produção protegidos (DUARTE et al., 2022; DOS SANTOS et al., 2025). Esses insetos causam danos significativos às mudas, principalmente durante a fase larval, comprometendo o sistema radicular e favorecendo a entrada de patógenos, o que pode resultar em perdas expressivas na produção (CLOYD, 2015).

Os métodos convencionais de controle químico apresentam limitações quanto à eficiência e à disponibilidade de produtos registrados, além de riscos associados ao uso frequente de defensivos, como impactos ambientais, redução da qualidade das mudas e potenciais danos à saúde humana. Diante desse cenário, cresce a demanda por sistemas de manejo mais sustentáveis, que minimizem a dependência de produtos químicos e promovam práticas agrícolas ambientalmente responsáveis (AJVAD et al., 2020).

Nesse sentido, o controle biológico desponta como uma alternativa promissora no manejo de *Bradysia* spp., contribuindo para a redução do impacto ambiental e para o fortalecimento de sistemas de produção mais equilibrados e sustentáveis (ACHARYA et al., 2019; MAZZUTTI et al., 2023). Associado a esse método, o uso de estratégias físicas de controle pode potencializar a eficiência do manejo, especialmente em ambientes protegidos.

Diante da necessidade de conciliar eficiência produtiva e sustentabilidade, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficácia de estratégias de controle biológico e químico no manejo de *Bradysia* spp. durante a produção de mudas de morangueiro em estufas. A adoção dessas práticas pode contribuir para a melhoria da qualidade das mudas, a redução do uso de defensivos químicos e o atendimento às exigências de uma agricultura mais sustentável.

Assim, ao abordar uma problemática que afeta diretamente a produtividade e a qualidade dos cultivos de morango, este estudo justifica-se por sua relevância econômica, ambiental e técnica, contribuindo para o avanço do manejo integrado de pragas e para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi conduzido no laboratório de solos e pesquisas agropecuárias do Instituto Federal Catarinense, localizado na cidade de Videira/SC, cuja classificação climática de Koeppen é Cfb caracterizado como clima úmido do tipo temperado, com as estações bem definidas e temperaturas médias entre 10º C e 20º C, que variam de 35º C no verão a 0º C no inverno. A umidade relativa do ar situa-se em torno de 80% e a precipitação anual na região varia de 1480 mm a 2460 mm (ALVARES et al., 2013).

Instalação do experimento e aplicação dos tratamentos

O fungus gnats encontra-se associado à matéria orgânica presente no substrato, local onde se desenvolve entre o sistema radicular do morangueiro. A partir da doação de mudas contaminadas pela empresa Plantar Viveiros, foram coletadas 250 larvas vivas, as quais foram transferidas para pequenas embalagens plásticas contendo uma quantidade reduzida de substrato.

Os tratamentos aplicados no substrato foram: 1-ST – substrato testemunha (controle, sem aplicação de controle biológico ou químico, somente aplicação de água); 2-SF – substrato com aplicação do fungo; 3-SBTI – substrato com aplicação da bactéria; 4-SB – substrato com aplicação das duas bactérias; e 5-SQ – substrato com aplicação do produto químico. O fungo utilizado foi *Beauveria bassiana*; a bactéria foi *Bacillus*

thuringiensis var. *israelenses* (BTI); as duas bactérias associadas foram *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*. O tratamento químico teve como princípio ativo a aplicação do fipronil. O produto químico foi incluído no experimento com o objetivo de avaliar sua agressividade às larvas e compará-lo com os tratamentos biológicos.

Cada tratamento contou com cinco embalagens plásticas, contendo dez larvas cada, totalizando cinquenta por tratamento. As dosagens utilizadas foram de 2 g L⁻¹ para *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* e *Beauveria bassiana*, 4 mL L⁻¹ para a associação de *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*, e 1 g L⁻¹ de fipronil. A aplicação dos tratamentos foi realizada no substrato por meio de borrifador manual, com seis borrifadas por embalagem. No tratamento controle, foi aplicada apenas água.

Adicionalmente, foram instaladas fitas adesivas amarelas no interior das embalagens, com o objetivo de verificar a presença de pupas no substrato que pudessem originar adultos que poderiam sobreviver aos tratamentos.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por cinco tratamentos e cinco repetições, sendo cada repetição constituída por uma unidade experimental contendo dez larvas de *Bradysia* spp. Os tratamentos corresponderam à aplicação de diferentes métodos de controle (biológico, químico e testemunha). As unidades experimentais foram distribuídas aleatoriamente na bancada do laboratório.

Variáveis Analisadas

Após 72 horas da aplicação dos tratamentos, as amostras foram avaliadas, sendo contabilizadas as larvas vivas, mortas e aquelas que apresentaram anomalias em decorrência dos tratamentos aplicados.

A mortalidade foi expressa em porcentagem (%), calculada a partir da razão entre o número de indivíduos mortos e o número total de indivíduos avaliados por unidade experimental, conforme a equação:

$$\text{Mortalidade (\%)} = \left(\frac{\text{Número de indivíduos mortos}}{\text{Número total de indivíduos}} \right) \times 100$$

A análise estatística foi realizada utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, adequado para dados experimentais com distribuição não normal. O teste avalia a hipótese nula de igualdade entre as medianas dos tratamentos, com base na soma dos postos atribuídos às observações. O nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram diferença significativa entre os tratamentos avaliados quanto ao efeito sobre as larvas de *Bradysia spp* (Tabela 1). O tratamento testemunha (ST), no qual foi aplicado apenas água, apresentou o menor valor médio de larvas mortas, com total de 4,0, diferindo-se dos demais tratamentos. Esse resultado evidencia a baixa mortalidade natural das larvas na ausência de qualquer método de controle.

Tabela 1 – Mortalidade de larvas de *Bradysia spp.* em função dos tratamentos aplicados

Tratamento	Total de larvas mortas	
ST	4,0	A
SBTI	13,2	B
SQ	14,4	B
SB	15,4	B
SF	18,0	B

ST = substrato testemunha (controle, sem aplicação de controle biológico ou químico); SBTI = substrato tratado com *Bacillus thuringiensis var. israelensis*; SB = substrato tratado com a associação de *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*; SF = substrato tratado com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*; SQ = substrato tratado com produto químico à base de fipronil. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos com *Bacillus thuringiensis var. israelensis* (SBTI) e com o produto químico à base de fipronil (SQ) apresentaram valores médios de larvas mortas em torno de 13,2 e 14,4, respectivamente. Enquanto que o tratamento com a associação de bactérias (*Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*) (SB) apresentou média de larvas mortas de 15,4, e o tratamento com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (SF) apresentou valor médio de larvas mortas, em torno de 18,0. Os resultados indicaram que todos os tratamentos foram significativamente mais eficientes que a testemunha (ST) no controle das larvas (Tabela 1).

De modo geral, os tratamentos biológicos demonstraram eficiência no controle de *Bradysia spp.*, com resultados comparáveis ao tratamento químico, evidenciando o

potencial dessas estratégias como alternativas sustentáveis no manejo da praga em sistemas de produção de mudas de morangueiro.

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao número de larvas vivas de *Bradysia* spp. O tratamento com *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (SBTI) apresentou o menor número médio de larvas vivas, com valor de 5,6, diferindo do tratamento testemunha (ST). Esse resultado evidencia uma eficiência desse tratamento na redução da sobrevivência das larvas.

Tabela 2 – Sobrevivência de larvas de *Bradysia* spp. em função dos tratamentos aplicados

Tratamento	Total de Larvas Vivas	
SBTI	5,6	A
SF	11,5	AB
SB	13,5	AB
SQ	13,9	AB
ST	20,5	B

ST = substrato testemunha (controle, sem aplicação de controle biológico ou químico); SBTI = substrato tratado com *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*; SB = substrato tratado com a associação de *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*; SF = substrato tratado com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*; SQ = substrato tratado com produto químico à base de fipronil. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (SF), a associação de bactérias (*Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*) (SB) e o tratamento químico à base de fipronil (SQ) apresentaram valores médios de 11,5; 13,5 e 13,9 larvas vivas, respectivamente (Tabela 2). Esses tratamentos não diferiram entre si, nem em relação ao tratamento com *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* ou à testemunha.

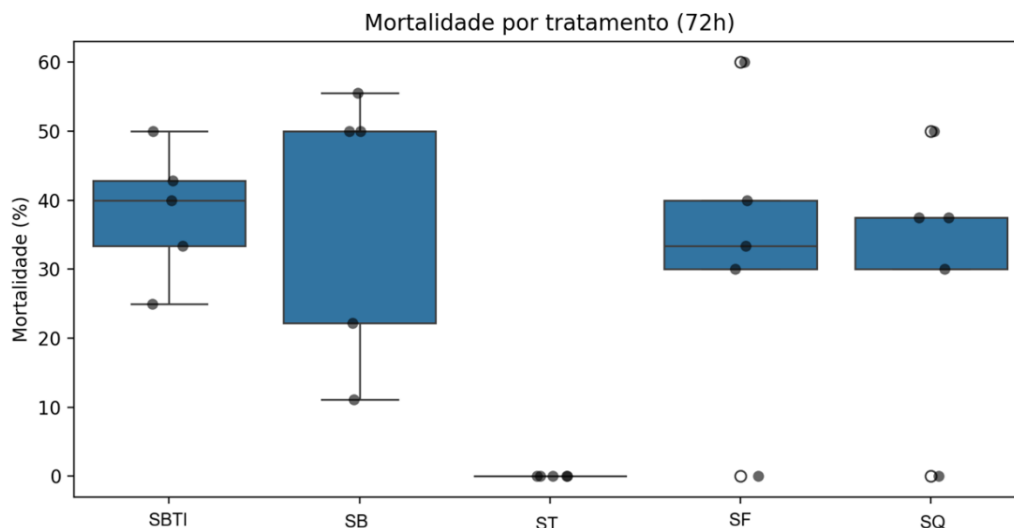
O tratamento testemunha (ST) apresentou o maior número médio de larvas vivas, com valor de 20,5, sendo estatisticamente superior ao tratamento SBTI, o que confirma a elevada sobrevivência das larvas na ausência de qualquer método de controle.

A eficiência de *Bacillus thuringiensis* no controle de fungus gnats está diretamente relacionada ao seu modo de ação e à suscetibilidade das larvas de dípteros aos compostos produzidos por essa bactéria. Formulações à base de *Bacillus thuringiensis*, especialmente da variedade *israelensis* (Bti), são amplamente reconhecidas por sua elevada especificidade e eficácia contra larvas de insetos da ordem Diptera, grupo ao qual pertencem os fungus gnats (CLOYD; DICKINSON, 2006). O mecanismo de ação do *Bacillus thuringiensis* baseia-se na ingestão das toxinas cristalinas (proteínas Cry e Cyt) pelas larvas, que, após ativação no trato digestivo, causam lise das células epiteliais do intestino

médio. Esse processo resulta na interrupção da alimentação, septicemia e morte do inseto. No caso de fungus gnats, cuja fase larval ocorre no substrato e envolve intensa atividade alimentar, a exposição ao Bti torna-se particularmente eficiente, sobretudo quando o produto é aplicado de forma a garantir sua disponibilidade no microambiente onde as larvas se desenvolvem (CLOYD, 2015).

A testemunha (ST) apresentou mortalidade nula em todas as repetições (Figura 1). Entre os tratamentos, SBTI e SB apresentaram os maiores valores de mortalidade, enquanto SF e SQ mostraram efeito intermediário. Os resultados indicam que os tratamentos promoveram aumento significativo da mortalidade em relação à testemunha, com maior eficácia observada para SBTI e SB.

Figura 1 - Mortalidade (%) após 72 h em função dos tratamentos



ST = substrato testemunha (controle, sem aplicação de controle biológico ou químico); SBTI = substrato tratado com *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*; SB = substrato tratado com a associação de *Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*; SF = substrato tratado com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*; SQ = substrato tratado com produto químico à base de fipronil.

Na avaliação visual dos tratamentos, observou-se que, no tratamento testemunha (ST), as larvas apresentaram comportamento normal, permanecendo ativas e com elevada mobilidade, o que confirma que as condições ambientais do experimento não foram responsáveis pela mortalidade observada.

No tratamento com *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (SBTI), as larvas que permaneceram vivas apresentaram movimentos lentos e reduzida atividade, sugerindo a ocorrência de efeitos subletais decorrentes da ação do tratamento, embora ainda não tivesse ocorrido mortalidade total.

Nos tratamentos com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (SF) e com o produto químico à base de fipronil (SQ), as larvas sobreviventes também apresentaram comportamento alterado, com redução da mobilidade e sinais de desorientação, indicando possível interferência dos tratamentos sobre o sistema fisiológico dos insetos. Por outro lado, no tratamento com a associação de bactérias (*Bacillus thuringiensis* e *Brevibacillus laterosporus*) (SB), as larvas vivas mantiveram-se ativas, com movimentação normal, não sendo observadas alterações comportamentais evidentes.

A ação de *Beauveria bassiana* ocorre por contato, com adesão dos conídios à cutícula do inseto, germinação e posterior penetração no hospedeiro, culminando em colonização interna e morte (ANDREADIS et al., 2016). No entanto, diferentemente de agentes bacterianos como *Bacillus thuringiensis*, a eficácia do fungo depende fortemente de condições adequadas de umidade e temperatura, além do tempo necessário para o estabelecimento da infecção. No ambiente do substrato, variações nesses fatores podem limitar a germinação dos conídios e reduzir a taxa de infecção das larvas de fungus gnats.

Outro aspecto relevante refere-se ao comportamento das larvas, que permanecem protegidas no interior do substrato, o que pode dificultar o contato direto com os conídios aplicados (ANDREADIS et al., 2016). Essa limitação pode explicar o desempenho intermediário observado, especialmente quando comparado a tratamentos cuja ação ocorre por ingestão. Ainda assim, o aumento da mortalidade em relação à testemunha demonstra que *Beauveria bassiana* foi capaz de atuar sobre a população larval.

De acordo com Moser et al. (2008), produtores de morango consideram o uso de produtos biológicos vantajoso em relação aos defensivos de síntese química, principalmente devido ao menor impacto ambiental, à maior segurança para os aplicadores e à produção de frutos isentos de resíduos químicos, atendendo às exigências do mercado consumidor. Entretanto, os mesmos autores destacam que os produtores também apontam limitações associadas a esses produtos, como o custo mais elevado, a percepção de menor eficiência e a maior sensibilidade às condições meteorológicas. Esses fatores podem influenciar a adoção do controle biológico em sistemas produtivos, reforçando a necessidade de estudos que comprovem sua eficácia e viabilidade técnica, como os resultados observados no presente trabalho, que demonstram o potencial dos agentes biológicos no controle de fungus gnats em condições controladas.

Além disso, a ausência de inseticidas registrados no Brasil para o controle de fungus gnats evidencia uma lacuna importante no manejo dessa praga. Esse cenário

reforça a necessidade da adoção de estratégias alternativas e sustentáveis, baseadas nos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Duarte et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o tratamento químico à base de fipronil tenha apresentado efeito sobre a mortalidade larval, sua eficiência não foi superior à dos métodos biológicos, reforçando a necessidade de reduzir a dependência de produtos químicos, especialmente em sistemas de produção que buscam maior sustentabilidade ambiental e segurança para o produtor e o consumidor. Além da mortalidade direta, a observação de efeitos subletais, como a redução da mobilidade larval, indica que os agentes biológicos comprometem o desenvolvimento da praga mesmo em indivíduos que não morrem imediatamente.

Dessa forma, o uso de agentes entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e bactérias do gênero *Bacillus*, mostra-se promissor para integrar programas de manejo integrado de pragas em viveiros de morangueiro. Recomenda-se, entretanto, a realização de estudos complementares em condições de campo ou viveiros comerciais, bem como a avaliação de diferentes doses, formas de aplicação e associações entre métodos de controle, visando otimizar a eficiência e a viabilidade prática dessas estratégias.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, R.; HWANG, H. S.; SHIM, J. K.; YU, Y. S.; LEE, K. Y. Control efficacy of fungus gnat, *Bradysia impatiens*, enhanced by a combination of entomopathogenic nematodes and predatory mites. **Biological Control**, v. 138, p. 104071, 2019.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AJVAD, F. T.; MADADI, H.; MICHAUD, J. P.; ZAFARI, D.; KHANJANI, M. Combined applications of an entomopathogenic fungus and a predatory mite to control fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in mushroom production. **Biological Control**, v. 141, p. 104101, 2020.

ANDREADIS, Stefanos S. et al. Efficacy of *Beauveria bassiana* formulations against the fungus gnat *Lycoriella ingenua*. **Biological Control**, v. 103, p. 165-171, 2016.

CLOYD, R. A. Ecology of fungus gnats (*Bradysia* sp.) in greenhouse production systems associated with disease-interactions and alternative management strategies. **Insects**, v. 6, n. 2, p. 325–332, 2015.

CLOYD, R. A.; DICKINSON, A. Effect of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and neonicotinoid insecticides on the fungus gnat *Bradysia* sp. nr. *coprophila*. **Pest Management Science**, v. 62, p. 171-177, 2006.

DOS SANTOS, J. P. et al. Captura de adultos de *Bradysia* spp. (Diptera: Sciaridae) em morangueiro semi-hidropônico utilizando armadilhas do tipo Moericke de diferentes cores. **Journal of Education Science and Health**, v. 5, n. 4, p. 1–9, 2025.


DUARTE, A. F. **Ocorrência e danos de fungus gnats em morangueiro cultivado em sistema semi-hidropônico**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2018. 10 p. (Boletim Técnico, 366).

DUARTE, A. F.; DUARTE, J. L. P.; GRINBERG, P. S.; CUNHA, U. S. *Bradysia* aff. *impatiens* and *Bradysia* aff. *ocellaris* in the semi-hydroponic strawberry production system in Southern Brazil. **Ciência Rural**, v. 52, n. 7, e20210268, 2022.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R. **Produção de morango fora do solo**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32 p. (Documentos).


MAZZUTTI, M.; BISOGNIN, R. P.; GUERRA, D.; BOHRER, R. E. G.; SILVA, D. M.; SOUZA, E. L. Controle biológico do fungus gnats (*Bradysia matogrossensis*) em mudas de tabaco. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 464–470, 2023.

MOSER, R. et al. Farmers' attitudes toward the use of biocontrol agents in IPM strawberry production in three countries. **Biological Control**, v. 47, n. 2, p. 125–132, 2008.



Capítulo 6
DINÂMICA TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM
TRIBUTÁRIO DA BACIA DO AÇUDE DE BODOCONGÓ:
ESTUDO DE CASO DA UFCG

Débora Sterffany Andrade de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro
Mayra Gislayne Melo de Lima
Joelson Souza Isidro dos Santos
João Pedro de Andrade Paiva
Kátia Marisa Paulo Gotine



**DINÂMICA TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRIBUTÁRIO DA
BACIA DO AÇUDE DE BODOCONGÓ: ESTUDO DE CASO DA UFCG**

Débora Sterffany Andrade de Lima

*Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
deboralimaa06@gmail.com*

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

*Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, sallydelandia@gmail.com*

Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro

*Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
anna.rebsil@gmail.com*

Mayra Gislayne Melo de Lima

*Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
mayramelo.ufcg@live.com*

Joelson Souza Isidro dos Santos

*Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joelsonisidro700@gmail.com*

João Pedro de Andrade Paiva

*Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joaopapaiva020@gmail.com*

Kátia Marisa Paulo Gotine

Doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande,

katia.marisa@estudante.ufcg.edu.br

RESUMO

A água é um recurso vital, sendo a escassez hídrica um desafio para o desenvolvimento sustentável. Logo, para um planejamento estratégico eficaz na gestão dos recursos hídricos, é fundamental compreender a qualidade da água dos afluentes que desembocam nos açudes urbanos. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar, em função da variabilidade temporal, a qualidade da água para fins de irrigação, do tributário do açude de Bodocongó que drena no interior do Campus I da Universidade Federal de Campina Grande. Para a caracterização da qualidade de água, foram analisadas amostras durante o período de 10 meses sequenciais (outubro/2024 até julho/2025), mediante os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloretos, Sulfatos e a Relação de Adsorção de Sódio; além dos parâmetros microbiológicos: Coliformes Totais e a *Escherichia Coli*. Para essa análise, foram obtidos valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros em estudo. Os resultados evidenciam a classificação da água como C3S1 devido aos valores de condutividade elétrica e Relação de Adsorção de Sódio, indicando ser uma água com alta salinidade e baixo teor de sódio. Além disso, observou-se variação temporal quanto aos íons cálcio, magnésio, sódio e potássio, o que reflete a interação entre as mudanças climáticas e as fontes de poluição. Os resultados microbiológicos indicam risco de contaminação microbiológica. Logo, sugere-se que o monitoramento contínuo e o emprego de práticas de manejo adequadas são indispensáveis para garantir a sustentabilidade do recurso hídrico e a segurança agrícola.

Palavras-chave: irrigação, salinidade, sustentabilidade.

ABSTRACT

Water is a vital resource, and water scarcity is a challenge for sustainable development. Therefore, for effective strategic planning in water resources management, it is essential to understand the water quality of the tributaries that flow into urban reservoirs. In this context, this research aimed to characterize, considering temporal variability, the water quality for irrigation purposes of the tributary of the Bodocongó reservoir that drains through Campus I of the Federal University of Campina Grande. For water quality characterization, samples were analyzed over a period of 10 consecutive months (October/2024 to July/2025), considering the following physicochemical parameters: pH, Electrical Conductivity, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Carbonates, Bicarbonates, Chlorides, Sulfates, and the Sodium Adsorption Ratio; in addition to microbiological parameters: Total

Coliforms and *Escherichia coli*. For this analysis, mean, maximum, and minimum values of the studied parameters were obtained. The results evidenced the classification of the water as C3S1 due to the values of electrical conductivity and Sodium Adsorption Ratio, indicating water with high salinity and low sodium content. Furthermore, temporal variation was observed regarding calcium, magnesium, sodium, and potassium ions, reflecting the interaction between climate changes and pollution sources. The microbiological results indicate a risk of microbiological contamination. Therefore, continuous monitoring and the adoption of appropriate management practices are essential to ensure the sustainability of the water resource and agricultural safety.

Keywords: irrigation, salinity, sustainability.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos, desempenhando um papel crucial nas diversas atividades humanas, com destaque para a agricultura, na qual atua suprindo as necessidades hídricas das culturas a fim de obter uma boa produtividade e produtos de qualidade (Rodrigues e Souza, 2024). Contudo, diante do crescimento populacional, a crescente escassez hídrica representa um desafio crucial para atender às demandas da agricultura irrigada, essencial para a produção de alimentos e a garantia da segurança alimentar global (Monteiro et al., 2023).

No Brasil, por sua vez, a expansão da atividade agrícola tornou-se mais nítida principalmente após o desenvolvimento da irrigação, viabilizando a produção, especialmente, em regiões com períodos de escassez hídrica, como o semiárido. Diante do crescimento contínuo do setor agrícola, torna-se fundamental avaliar os recursos hídricos utilizados nos cultivos, garantindo seu uso sustentável. Para a determinação da qualidade das águas no Brasil, o Portal Nacional da Qualidade da Água utiliza de índices, a fim de orientar em ações de gestão e planejamento das águas, como também mensurar impactos ambientais e estabelecer usos para o abastecimento público (BRASIL, 2025).

A qualidade da água depende de um conjunto de características física, química e biológica que ela apresenta de acordo com sua utilização. Os autores Silva et al. (2024) definem que a qualidade da água consiste em sua composição e o conhecimento que se tem acerca do que seus constituintes podem ocasionar ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos. Para a irrigação, a qualidade da água não deve apenas estar relacionada à quantidade de sais presentes, entretanto em função da quantidade de cada um dos íons individualmente (Nascimento, 2020).

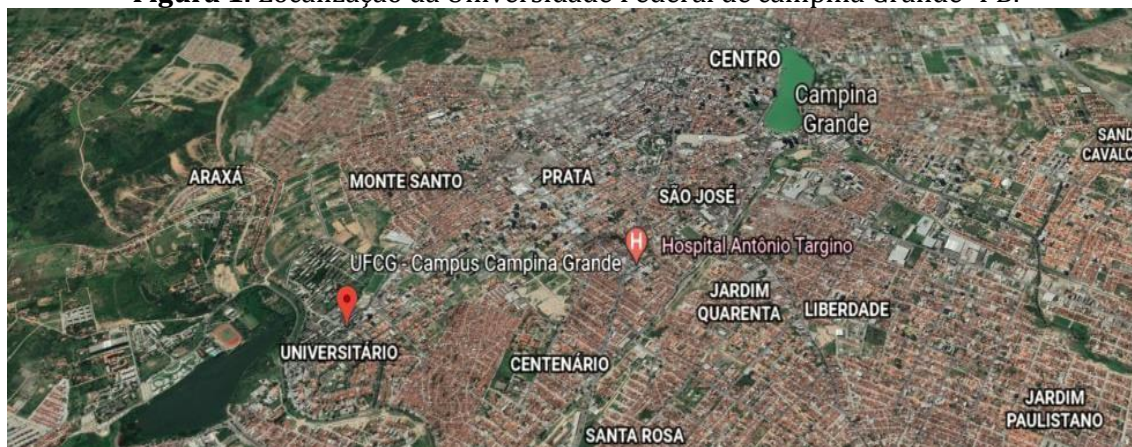
Segundo Lucena et al. (2018) o reuso de água é uma maneira viável e eficaz para enfrentar as limitações hídricas, especialmente em regiões como o semiárido do nordeste brasileiro, reduzindo o uso de água potável na irrigação e propiciando que essa seja destinada para fins nobres como é o caso do consumo humano. Uma possível estratégia para lidar com o desafio de otimizar o aproveitamento da água na agricultura envolve a adoção de medidas que reduzam a quantidade utilizada na irrigação, por meio de técnicas mais eficientes, ou a implementação de sistemas de reuso. Essas alternativas contribuem para a sustentabilidade hídrica, minimizando desperdícios e garantindo um uso mais racional desse recurso essencial.

Para um planejamento estratégico eficaz na gestão dos recursos hídricos, é fundamental compreender a qualidade da água dos afluentes que desembocam nos açudes urbanos. Isso permite a análise dos níveis de poluição presentes no manancial, além da definição de seus possíveis usos e formas de destinação. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de um tributário do Açude de Bodocongó, localizado em Campina Grande – PB, que atravessa a área do Campus da Universidade Federal de Campina Grande – PB, com foco em sua aplicabilidade na agricultura.

MATERIAIS E MÉTODOS (OU METODOLOGIA)

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG é uma instituição de ensino superior pública e federal brasileira, que possui atualmente 7 campus universitários, 11 centros de ensino, 77 cursos de graduação e 47 programas de pós-graduação, contando com mais de 20.000 alunos na graduação e pós-graduação (UFCG, 2021). O Campus I, onde foi desenvolvida a pesquisa, está sediado no município de Campina Grande no estado da Paraíba (Figura 1). Esse município se localiza nas coordenadas geográficas 07°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m, com predominância do clima mesotérmico, semiúmido, classificado de acordo com Köppen como do tipo Csa, caracterizado por condições quentes e semiáridas, com estações chuvosas (fevereiro a julho) e secas (agosto a janeiro) (Andrade et al., 2022). Apresentando, além disso, precipitação média anual de 850 mm e a temperatura média é de 27 °C (Jales Filho et al., 2022).

Figura 1. Localização da Universidade Federal de Campina Grande- PB.



Fonte: Google Earth (2021).

O tributário do açude de Bocodongó que drena no interior da UFCG foi definido como objeto de estudo, com foco no córrego presente próximos as casas de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA/CTRN/UFCG), com coordenadas $7^{\circ}12'56.1''$ Sul e $35^{\circ}54'25.5''$ Oeste (Figura 2), sendo este o ponto onde foram realizadas as coletas para a posterior caracterização dessa água. Ainda, ressalta-se que as águas desse tributário são utilizadas para irrigação de plantas que formam a paisagem universitária, além do uso em diversas pesquisas na instituição, com destaque para aquelas com fim na irrigação de culturas agrícolas, desenvolvidas pela UAEA.

Figura 2. Localização do ponto de coleta de água do córrego situado no Campus I, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil.



Fonte: Google Earth (2023).

Para a caracterização da qualidade de água, as amostras foram coletadas e, posteriormente, analisadas, durante 10 meses sequenciais a partir de outubro de 2024

até julho de 2025, a fim de avaliar a influência da variabilidade temporal na qualidade da água em estudo. Os procedimentos de coleta e transporte das amostras de água foram realizados de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Brandão, 2011).

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pertencente ao Campus I da UFCG, com avaliação dos seguintes parâmetros: pH, Condutividade Elétrica (CE), Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Carbonatos, Cloretos, Sulfatos e a Relação de Adsorção de Sódio (RAS). Além disso, no Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES), também pertencente ao Campus I da UFCG, foram analisados os parâmetros microbiológicos referentes a presença e a quantidade de Coliformes Totais e *Escherichia Coli*.

Para classificar a qualidade da água do tributário durante o período em análise, foram obtidos valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros analisados, os quais foram discutidos de acordo com os estudos de Ayres e Westcot (1985), Richards (1954), Nakayama e Bucks (1986), além da Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água do tributário do açude de Bodocongó que drena no interior do Campus I da UFCG, coletadas no córrego próximo as casas de vegetação da UAEA, e analisadas durante o período de outubro de 2024 até julho de 2025, estão demonstrados na Tabela 2. Ressalta-se que a investigação desses parâmetros contribui para elucidar referencialmente como a qualidade da água pode influenciar no desenvolvimento das plantas e na conservação do solo (Monteiro et al., 2023).

Tabela 2. Valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água coletadas no córrego do interior do Campus I da UFCG no período estudado (outubro de 2024 até julho de 2025).

Parâmetro	Unidade	Valores Médios	Valores Máximos	Valores Mínimos
pH	-	7,52	7,91	7,00
Condutividade Elétrica	(dS.m ⁻¹)	1,22	1,48	0,77
Cálcio	(mg L ⁻¹)	54,53	77,76	26,85
Magnésio	(mg L ⁻¹)	44,47	70,74	18,84
Sódio	(mg L ⁻¹)	108,68	149,96	37,95
Potássio	(mg L ⁻¹)	16,88	21,51	12,12
Carbonatos	(mg L ⁻¹)	20,66	42,61	0,00
Bicarbonatos	(mg L ⁻¹)	198,66	233,90	105,04
Cloretos	(mg L ⁻¹)	156,64	182,57	80,83
Sulfatos	(mg L ⁻¹)	Presente	Presente	Presente
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	-	2,63	3,48	1,21
Classe de água	-	C3S1	C3S1	C3S1
Coliformes Totais	NMP/100 ml	>1,01 x 10 ³	>1,01 x 10 ³	>1,01 x 10 ³
Escherichia Coli	NMP/100 ml	>1,01 x 10 ³	>1,01 x 10 ³	>1,01 x 10 ³

Fonte: autores (2025). Legenda: NMP: número mais provável.

Observa-se na Tabela 1 que o pH da água em análise apresentou um valor médio de 7,52. Este valor está em acordo com o padrão estipulado pela resolução CONAMA nº357/2005, que determina a faixa de pH entre 6,0 a 9,0 para águas doces, indicando a neutralidade da água (CONAMA, 2005). Além disso, de acordo com a classificação Ayres e Westcot (1985), o valor médio obtido de pH encontra-se no intervalo normal relativo à toxicidade, que está compreendido entre 6,5 e 8,4. Enquanto que, referente ao risco de obstrução de emissores utilizados na irrigação localizada, a água analisada apresenta risco moderado (pH entre 7,0 e 8,0), conforme Nakayama e Bucks (1986).

O potencial hidrogeniônico (pH) é determinado pela concentração de íons de hidrogênio, e indica o grau de acidez ou alcalinidade, sendo considerado um parâmetro fundamental para avaliação da qualidade de água para irrigação (Passos-Lima et al., 2023). Além disso, entende-se que o pH é um fator que afeta o solo e o desenvolvimento das culturas agrícolas, influenciando na disponibilidade e absorção de nutrientes pelas culturas, na atividade microbiana e na estrutura do solo, além de propiciar a obstrução de emissores usados na irrigação localizada (Franca et al., 2022; Silva et al., 2021).

Ainda, quanto a condutividade elétrica (CE) e a Relação de Adsorção de Sódio (RAS), observa-se os valores médios de 1,22 dS.m⁻¹ e de 2,63, respectivamente. Diante

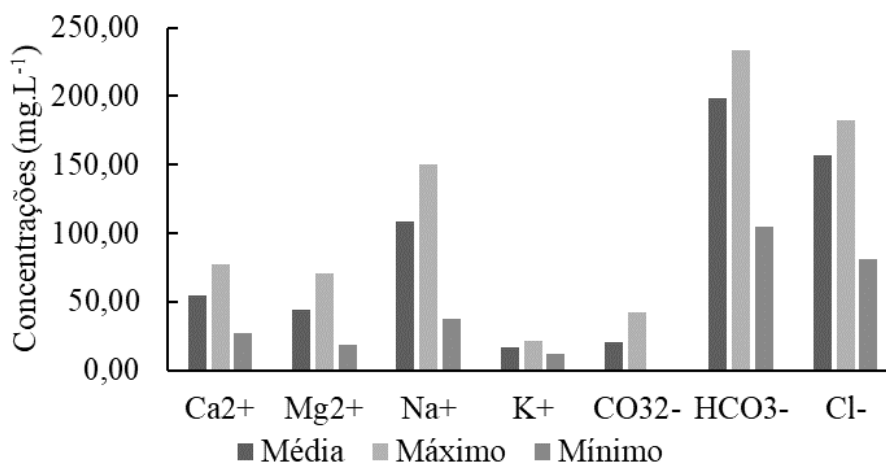
desses valores, a água em análise é classificada como C3S1 de acordo com o diagrama de classificação de Richards (1954) que relaciona a RAS e a CE.

Com base nesse diagrama, quanto ao perigo de salinidade, referente ao valor de CE, a água é classificada como C3, que é uma água com alta salinidade (CE entre 0,75 e 2,25 dS m⁻¹, a 25°C), de forma que, para o uso em irrigação, são necessárias práticas adequadas para controle de salinidade e recomenda-se o uso apenas em plantas tolerantes aos sais. Quanto ao perigo de sodificação, referente ao valor de RAS, a água classifica-se como S1 (RAS entre 0 e 10), ou seja, uma água com baixo teor de sódio, sendo indicada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação.

Destaca-se que a condutividade elétrica da água é o parâmetro mais utilizado para expressar a concentração de sais dissolvidos na água, sendo fundamental para a avaliação da qualidade da água destinada para irrigação (Passos-Lima et al., 2023). Nesse cenário, Alexandre et al. (2021) não recomendam o uso de águas com altos teores de salinidade em solos com deficiência de drenagem, ressaltando a importância, nesses casos, da seleção de culturas tolerantes aos sais, além de destacar a necessidade de práticas específicas para o controle da salinidade em caso de uso dessa água em solos com drenagem adequada. Além disso, diante dos baixos valores de RAS observados, aponta-se que o uso dessa água para irrigação pode ser utilizado sem causar degradação do solo devido a troca de íons de cálcio e magnésio pelo predomínio de íons de sódio (Oliveira e Queiroz, 2022).

Na Figura 3 observa-se os valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos referentes aos níveis de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, bicarbonatos e cloretos.

Figura 3. Valores máximos, mínimos e médios das concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, bicarbonatos e cloretos, da água do córrego que percorre o interior do Campus I da UFCG.



Fonte: autores (2025).

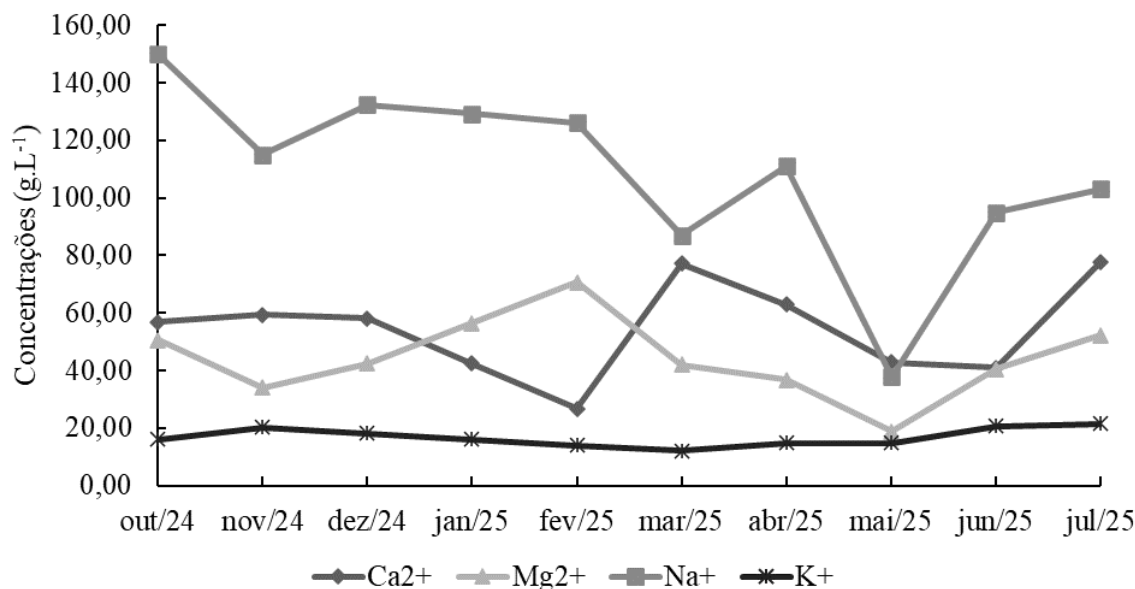
Com relação à concentração de carbonatos e bicarbonatos, observa-se na Tabela 2, valores médios de 20,66 mg.L⁻¹ e 198,66 mg.L⁻¹, valores máximos de 42,61mg.L⁻¹ e 233,90 mg.L⁻¹ e valores mínimos de 0,00 mg.L⁻¹ e 105,04 mg.L⁻¹, respectivamente. Segundo Ayres e Westcot (1985), os valores de bicarbonato indicam uma água com restrição de uso para a irrigação de leve a moderada, enquanto que os valores de carbonatos estão abaixo do limite proposto pelos autores.

Além disso, observa-se, na Tabela 2, a presença de sulfatos e valor médio de cloreto referente a 156,64 mg.L⁻¹. Destaca-se que altas concentrações de carbonatos e sulfatos provocam incrustações e o conseqüente risco de entupimento das tubulações na irrigação localizada (Nascimento, 2020). Ademais, de acordo com a Resolução CONAMA n^o357/2005 (CONAMA, 2005), o valor médio do nível de cloreto na água encontra-se dentro do limite estabelecido pela resolução (250 mg.L⁻¹), apresentando restrição de uso para irrigação de leve a moderado conforme Ayres e Westcot (1985). Ressalta-se que o íon de cloro em excesso na água de irrigação gera a clorose foliar nas partes mais iluminadas, podendo gerar necrose na borda das folhas (Oliveira e Queiroz, 2022).

Observa-se, na Figura 4, diferentes alterações nas concentrações de cálcio, magnésio, sódio e potássio durante o período de outubro de 2024 até julho de 2025, com variações nos níveis de cálcio, magnésio e sódio, enquanto que os valores de potássio permaneceram praticamente inalterados no período analisado. Os valores médios desses elementos foram de 54,53 mg.L⁻¹, 44,47 mg.L⁻¹, 108,68 mg.L⁻¹ e 16,88 mg.L⁻¹, respectivamente, como demonstrado na Tabela 2. Destaca-se que a dinâmica das

concentrações dos íons analisados reflete a interação entre as mudanças climáticas e as fontes de poluição.

Figura 4. Concentrações de cálcio, magnésio, sódio e potássio durante o período analisado (outubro de 2024 até julho de 2025) da água do córrego que drena no interior do Campus I da UFCG.



Fonte: autores (2025).

Nota-se, ainda na Figura 4, que as concentrações de potássio são as mais baixas e estáveis entre os íons analisados, oscilando entre 12,12 mg.L⁻¹ (março de 2025) e 21,51 mg.L⁻¹ (julho de 2025). A estabilidade sugere que as fontes de poluição podem ser menos representativas em comparação com as fontes dos outros íons. Contudo, justifica-se que as alterações observadas quanto aos íons de Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, podem ter sido provocadas devido a variação climática e as fontes de poluição.

O sódio apresenta maior concentração ao longo do período, com picos em outubro/2024, dezembro/2024, abril/2025 e julho/2025, enquanto apresentou a menor concentração em maio de 2025 (37,95 mg.L⁻¹). O magnésio segue um padrão de variação semelhante ao do sódio, mas em concentrações menores, com a maior concentração em fevereiro de 2025 (70,74 mg.L⁻¹) e a menor em maio de 2025 (18,84 mg.L⁻¹). As concentrações de cálcio variam consideravelmente, começando em cerca de 56,91 mg.L⁻¹ em outubro de 2024, e atingindo picos de 77,15 mg.L⁻¹ em março de 2025 e de 77,76 mg.L⁻¹ em julho de 2025.

A grande variação desses íons pode indicar a influência das fontes de poluição, como o descarte de efluentes, além das mudanças climáticas. A variação simultânea de

todos os íons em maio de 2025, com valores mais baixos, pode ser explicada por um evento de diluição diante de um período de chuvas mais intensas, enquanto que o aumento das concentrações após junho, sugere a volta de um regime hidrológico mais estável.

Além disso, destaca-se que as concentrações dos íons analisados (cálcio, magnésio, sódio e potássio) estão dentro do intervalo normal para água de irrigação proposto por Ayres e Westcot (1985), indicando seu uso sem ocasionar problemas ao solo ou a sistemas de irrigação. Segundo Oliveira e Queiroz (2022), a elevada concentração de alguns sais na água pode atingir o limite de solubilidade e precipitar, e em casos de irrigação pode ocasionar a retirada de alguns componentes do solo, modificando suas proporções iniciais, tal como acontece em alguns sais de cálcio, que, em altas concentrações, ocasionam aumento na proporção de sódio na água e no solo.

Ressalta-se que altas concentrações de íons cálcio e magnésio na água de irrigação pode causar problemas de lixiviação e possível salinidade do solo, além desses íons expressarem a dureza da água, a qual pode favorecer a formação de incrustações nas tubulações dos sistemas de irrigação (Monteiro et al., 2023). Além disso, o sódio é um parâmetro importante na avaliação da qualidade da água de irrigação, pois tem grande influência no processo de salinização do solo, enquanto que o potássio pode contribuir ligeiramente para a salinidade, sendo encontrado em proporções relativamente baixas em águas naturais (Oliveira e Queiroz, 2022).

Diante dos resultados microbiológicos, observa-se a presença de coliformes totais e *escherichia coli* em todos os meses analisados, com destaque para as elevadas concentrações de $1,01 \times 10^3$ NMP/100mL (Tabela 2). Esses valores indicam uma elevada carga de poluição microbiológica, visto que as bactérias do grupo coliformes são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, assim assume a relevância de ser um parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos na qualidade da água, tendo como representante desse grupo a bactéria *Escherichia coli* (Silva et al., 2021).

CONCLUSÃO

A caracterização da água do tributário do açude Bodocongó evidenciou que, embora apresente parâmetros físico-químicos dentro dos limites para uso na irrigação de

determinadas culturas, a alta salinidade (classe C3) impõe restrições e demanda técnicas de manejo adequadas, como seleção de espécies tolerantes e práticas de controle de sais no solo. Além disso, a presença contínua de coliformes totais e *Escherichia coli* demonstra a necessidade de atenção especial quanto ao risco de contaminação microbiológica, principalmente em usos que envolvam contato direto com alimentos consumidos crus. Assim, recomenda-se o monitoramento sistemático da qualidade da água, aliado a estratégias de manejo, para viabilizar seu uso sustentável na agricultura e reduzir os riscos ambientais e sanitários associados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho desenvolvido referente ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq-UFCG) foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, L. M.; BRITO, A. P. M. DE; SANTOS, I. M. DE; SILVA, F. D. B. DA; SOUSA, G. G. DE; NOGUEIRA, R. DA S. Espacialização da qualidade da água subterrânea destinada a irrigação na comunidade agrícola de Barreiros, Aratuba-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.15, n. 1, p.36-47. 2021.
- ANDRADE, E. M. G.; SILVA, S. S.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. A. R.; LACERDA, C. N. de. Cultivo inicial de cajueiro anão precoce com água salina e esterco bovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 17, n. 1, p. 10-16, 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Portal da Qualidade das Águas – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). Disponível em: <Portal da Qualidade das Águas – PNQA>
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**: Rome, 1985. Disponível em: <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E00.htm>. Acesso em: 28 mar. 2025
- A qualidade de água na agricultura. 29 ed. Traduzido por: H. R. Gheyi, J. F. Medeiros E F. A.V. Damasco. Campina Grande: UFPB. 1999.

BRANDÃO, C.J. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: Água, sedimentos, comunidade aquáticas e efluentes líquidos. **CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Brasília: ANA. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Portal PNQA**: Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas. Brasília, DF: ANA, [20--]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portalpnqa/pnqa.aspx>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado em: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: fevereiro de 2025.

FRANCA, C. L. E.; AMORIM, M. C. C. DE; OLSZEWSKI, N.; BELÉM, C. DOS S. Uso de água cinza tratada na irrigação de frutícola no semiárido: Aspectos legais e qualidade do solo. **Revista Verde**, v. 17, n. 3, p. 167-177. 2022.

JALES FILHO, R. C.; MELO, Y. L.; VIÉGAS, P. R. A.; OLIVEIRA, A. P. da S.; ALMEIDA NETO, V. E. de A.; FERRAZ, R. L. de; GHEYI, H. R.; CAROL, P.; LACERDA, C. F. de; MELO, A. S. de. Salicylic acid and proline modulate water stress tolerance in a traditional variety of cowpeas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 18-25, 2022.

LUCENA, C, Y, S.; SANTOS¹, D, J, R.; SILVA¹, P, L, S.; COSTA¹, E, D.; LUCENA, R, L. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste brasileiro. *REGNE – Revista de Geografia*, v. 4, número especial, 2018.

MONTEIRO, T. G. S.; PEREIRA, B. L. B.; SOUSA, A. C.; FIGUEIREDO, G. J. A. Qualidade da água sobre o olhar da irrigação por gotejamento com avanço produtivo. **International Journal of Agrarian Sciences-PDVAGRO**, v. 2, n. 2, p. 46-59, 2023.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation for crop production Phoenix: Agricultural Research Service, U.S. **Water Conservation Laboratory**. 383 p. 1986.

NASCIMENTO, Daniela Macedo. **A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação**. Boletim do Tempo Presente, Recife, v. 09, n. 01, p. 70-92, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/tempopresente>.

NASCIMENTO, D. M. A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação. **Boletim do Tempo Presente**, 9(1), 70-92. 2020.

OLIVEIRA, J. R.; QUEIROZ, T. M. Qualidade da água para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Branco, no Sudoeste Mato-grossense: região de expansão do agronegócio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-24, 2022.

PASSOS LIMA, J. M.; PEREIRA, M. J. L.; DA SILVA NOGUEIRA, R.; DA SILVA, F. D. B.; DE SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, P. G. M. Mapeamento e caracterização das águas subterrâneas usadas para a irrigação na região do distrito de vazantes, Aracoiaba-CE. **IRRIGA**, v. 28, n. 3, p. 479-490, 2023.

RICHARDS, L. A. (ed): Diagnosis and Improvement of saline end alkali soils. Washington D. C.: United States Salinity Laboratory Staff. 166 pg., USDA. **Agriculture Handbook** nº 60. 1954.

RODRIGUES, E. C.; SOUZA, P. T. Prospecção Científica e Tecnológica de Aplicativos de Classificação da Água e Caracterização do Solo na Agricultura. **Cadernos de Prospecção**, v. 17, n. 5, p. 1402-1413, 2024.

SILVA, I. J.; ALMEIDA CARVALHO, G. W.; SILVA VITOR, E. H.; ALMEIDA ALVES, D.; ABREU, C. M. Irrigação de hortaliças por agricultores familiares: uma análise física, química e microbiológica da água. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 5, 2021.

SILVA, G. A. **Preservando o meio ambiente**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2024.

Disponível em: < [\[cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/22328/1/tecnicomeioambiente_2024_1_giselialvessilva_preservandomeioambiente.pdf\]\(http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/22328/1/tecnicomeioambiente_2024_1_giselialvessilva_preservandomeioambiente.pdf\) >](http://ric-</p></div><div data-bbox=)

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Conheça a UFCG. Campina Grande, UFCG, 2021. Disponível em: <https://portal.ufcg.edu.br/conheca-a-ufcg.html>. Acesso em: fevereiro de 2025.



AUTORES

Alan Schreiner Padilha

Mestrado em Engenharia Florestal, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, alan.padilha@ifc.edu.br

Anna Rebeca Silva Nóbrega Montenegro

Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, anna.rebsil@gmail.com

Débora Sterffany Andrade de Lima

Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, deboralimaa06@gmail.com

Dominique Junior Vais

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Eduardo Cividini

Graduando em Agronomia, discente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, eduardocividini05@gmail.com

Elisângela dos Santos Ribeiro Lima

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Érika Andressa Silva

Doutora em Ciência do Solo, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, erika.silva@ifc.edu.br

Franciana dos Santos Carvalho

Faculdade Futura (ICETEC)

Gilson Ribeiro Nachtigall

Doutor em Ciências Agrárias, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, gilson.nachtigall@ifc.edu.br

Isabele Holanda Moraes

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Isabelli Macedo Custódio

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Jainny Victória Ricardo Lira dos Santos

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

João Pedro de Andrade Paiva

Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joaopapaiva020@gmail.com

Joelson Souza Isidro dos Santos

Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande,
joelsonisidro700@gmail.com

Jucelia Freitas da Silva

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Julia Fantin

Graduanda em Agronomia, Instituto Federal Catarinense (IFC - Videira), Videira, Santa Catarina,
juliafantin09@gmail.com

Kalina Lígia da Silva Holanda

Especialista em Gestão Escolar e Licenciada em História, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Vale do Acaraú, kalina.scfv@gmail.com

Kátia Marisa Paulo Gotine

Doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande,
katia.marisa@estudante.ufcg.edu.br

Luciano Marcelo Fallé Saboya

Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Doutor em Engenharia Agrícola, lsaboya@hotmail.com

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, sallydelandia@gmail.com

Mayra Gislayne Melo de Lima

Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, mayramelo.ufcg@live.com

Nadir Paula da Rosa

Doutora em Desenvolvimento Rural, docente do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, nadir.rosa@ifc.edu.br

Rayssa Holanda Moraes

Discente do Ensino Médio, Escola Bartolomeu Maracajá de São José dos Cordeiros-PB.

Ronaldo Pereira da Costa

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Simone da Silva Reis

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Telma Rodrigues de Solza Gomes

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Vanuza Santana Pereira Melo

Universidade Federal de Rondonópolis - UFR

Viviane Farias Silva

Docente da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Doutora em Engenharia Agrícola, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

***O livro Ciências Agrárias: Tecnologias e Revolução no Campo* apresenta uma visão atualizada e abrangente sobre as transformações que vêm ocorrendo no meio rural a partir do uso de novas tecnologias. A obra explora como o avanço científico e o desenvolvimento de técnicas modernas têm impactado a produção agrícola, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida no campo.**

O livro aborda temas como agricultura de precisão, biotecnologia, manejo de solo e água, além da mecanização e automação agrícola. Com uma linguagem acessível e dados atualizados, os capítulos demonstram como essas inovações estão revolucionando as práticas tradicionais, contribuindo para o aumento da produtividade e a preservação ambiental.

Indicado para estudantes, profissionais e interessados nas ciências agrárias, o livro oferece uma análise crítica e prática sobre os desafios e oportunidades da modernização no campo. Ele mostra que, mais do que uma tendência, a adoção de tecnologias é essencial para garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável das próximas gerações.



uniatual
EDITORA

ISBN 978-656170006-1



9

786561

700061