

11 A 13  
DE DEZEMBRO  
DE 2024

EVENTO PRESENCIAL  
NA UFRPE RECIFE



2º Congresso Internacional de Agroecologia  
e Desenvolvimento Territorial (CIADT)  
11º Seminário de Agroecologia e  
Desenvolvimento Territorial (SEADT)

TEMA

Agroecologia política, sistemas alimentares e transições agroecológicas



## **Índices clorofiláticos em folhas de batata-doce de polpa roxa (*Ipomoea batatas* L.) sob biofortificação agrônômica com zinco e biofertilizantes de micro-organismos eficientes**

Wanderley Feitosa Viana, Programa de pós-graduação em Ciências Agrárias – Agroecologia (CCHSA/UFPB). Email: [feitosawanderley@gmail.com](mailto:feitosawanderley@gmail.com)

Manoel Alexandre Diniz Neto; Programa de pós-graduação em Ciências Agrárias – Agroecologia (CCHSA/UFPB). Email: [manoel.alexandre@academico.ufpb.br](mailto:manoel.alexandre@academico.ufpb.br)

Iva Letícia Lóscio Rodrigues; Estudante do Curso de Bacharelado em Agroecologia (CCHSA/UFPB). Email: [iva.lodri@gmail.com](mailto:iva.lodri@gmail.com)

Felipe Pontes Rocha; Estudante do Curso de Bacharelado em Agroecologia (CCHSA/UFPB). Email: [felipyrocha342@gmail.com](mailto:felipyrocha342@gmail.com)

Wanderson Lucas Costa Antonino; Estudantes do Curso de Bacharelado em Agroecologia (CCHSA/UFPB). Email: [wandersonwlantonino@gmail.com](mailto:wandersonwlantonino@gmail.com)

**Linha de Pesquisa:** Ambiente, Saúde e Sistemas Agroalimentares.

### **1 Introdução**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma das principais culturas alimentares no mundo, destacando-se pela elevada produção global e por sua relevância especialmente em países em desenvolvimento. Reconhecida como a terceira maior cultura de raízes e tubérculos, sua produção e consumo apresentam grande potencial nutricional e econômico (LEITE, 2022).

Além de suas raízes, as folhas da batata-doce possuem valor nutricional significativo, sendo amplamente utilizadas como hortaliças folhosas em sopas e guisados em diversos países da Ásia e África (FAGUNDES, 2020). No Brasil, entretanto, o uso dessas folhas ainda é subestimado, o que evidencia a necessidade de explorar mais amplamente sua potência no contexto da segurança alimentar e nutricional.

Segundo Oliveira, (2020), a coloração verde das folhas de batata-doce é determinada pela presença de clorofilas, pigmentos essenciais no processo de fotossíntese. Essas substâncias não apenas conferem a cor característica às plantas, mas também desempenham um papel fundamental na conversão da energia solar em compostos químicos, promovendo o crescimento e desenvolvimento vegetal. Adicionalmente, a interação entre clorofilas e outros pigmentos, como os carotenoides, resulta em variações na aparência das folhas, influenciando tanto aspectos estéticos quanto funcionais.

A batata-doce de polpa roxa, em particular, apresenta grande interesse agrícola e científico devido ao seu valor nutricional diferenciado e às propriedades funcionais associadas aos compostos presentes em sua composição (MUNDAI, 2022). Nesse sentido, o estudo da interação entre práticas de manejo agrícola e características fisiológicas dessa variedade torna-se relevante.

Entre os insumos agrícolas, o zinco (Zn) destaca-se como um micronutriente essencial para o metabolismo humano e vegetal. Sua aplicação no cultivo de alimentos, por meio de técnicas como a biofortificação agrônômica, contribui tanto para a melhoria da saúde humana quanto para o aumento da produtividade agrícola (SILVA, 2023). Além disso, o uso de biofertilizantes, compostos por microrganismos eficientes, complementa práticas de manejo sustentável, promovendo a saúde do solo e das plantas.

A realização de experimentos em condições controladas, como em casas de vegetação, oferece a oportunidade de avaliar de forma precisa o efeito de diferentes tratamentos agrícolas na qualidade nutricional e produtiva de culturas como a batata-doce (MANTOVAN, DELAZARI, *et al.*, 2013). A combinação do uso de zinco e biofertilizantes representam uma abordagem promissora para explorar novas estratégias de manejo agrícola no semiárido brasileiro.

O estudo em questão busca investigar como diferentes doses de zinco, associadas ou não à aplicação de biofertilizantes, influenciam os teores de clorofilas em plantas de batata-doce de polpa roxa. A compreensão dessas interações é essencial para melhorar práticas agrícolas que promovam maior eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental, conforme destacado por Fortini (2018). O objetivo principal do estudo foi avaliar o impacto desses tratamentos nas características fisiológicas das plantas, incluindo teores de clorofilas “a” e “b”, taxas de fotossíntese, concentração de carbono interno, taxas de transpiração e condutância estomática, em um experimento conduzido sob condições controladas na UFPB.

## **2 Referencial teórico**

### **2.1. Pigmentos Fotossintéticos em Plantas**

Os pigmentos fotossintéticos são essenciais no metabolismo das plantas, captando luz e convertendo energia luminosa em energia química através da fotossíntese. As clorofilas “a” e “b” são os pigmentos mais abundantes e fundamentais para os centros de reação e a eficiência da fotossíntese. Pigmentos acessórios, como carotenoides, protegem contra estresses oxidativos, aumentando a resiliência das plantas (FONTES, 2023).

As clorofilas também têm importância estética e funcional, já que a intensidade de sua coloração verde é um indicativo direto da saúde fisiológica da planta e do teor de nutrientes em seus tecidos. A variação na concentração de pigmentos pode refletir diferenças genéticas, além de respostas adaptativas a condições ambientais, manejo nutricional e qualidade do solo (ALVES, 2013).

### **2.2. Zinco na Agricultura e na Nutrição Vegetal**

O zinco (Zn) é um micronutriente essencial para as plantas e os seres humanos, desempenhando papéis fundamentais em processos metabólicos e fisiológicos. Em plantas, o Zn atua como cofator em diversas enzimas, participa da síntese de proteínas e está envolvido no metabolismo hormonal. No entanto, solos com baixa disponibilidade de zinco são comuns em muitas regiões agrícolas, resultando em limitações para o crescimento e a produtividade das culturas (CUCHIARA, 2013).

Para superar essa limitação, a aplicação de zinco no solo ou por via foliar tem sido uma prática amplamente utilizada, com benefícios que vão desde o aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos até a melhoria da qualidade nutricional dos alimentos. Além disso, a biofortificação agrônômica surge como uma estratégia promissora para enriquecer culturas alimentares com zinco, contribuindo tanto para a saúde humana quanto para a produtividade agrícola (SANTOS, 2023).

### **2.3. Biofertilizantes à Base de Microrganismos Eficientes (MEs)**

Os biofertilizantes formulados com microrganismos eficientes (MEs) têm ganhado relevância na agricultura moderna devido aos seus múltiplos benefícios. Esses produtos são compostos por comunidades microbianas diversificadas, incluindo bactérias fotossintéticas, produtoras de ácido lático, e leveduras, que atuam em sinergia para melhorar a fertilidade do

solo, a absorção de nutrientes e a resistência das plantas a estresses ambientais (SILVA, CORDEIRO e ROCHA, 2022).

No contexto da batata-doce de polpa roxa, a aplicação de biofertilizantes à base de MEs pode melhorar a eficiência do uso de nutrientes e o desenvolvimento da planta, contribuindo para o aumento da produtividade e da qualidade dos alimentos produzidos (SOUZA, 2010). Além disso, essa abordagem sustentável integra práticas agroecológicas que visam à conservação dos recursos naturais e à promoção de sistemas agrícolas resilientes.

### **3 Metodologia**

#### **3.1. Local do Experimento e Condições Climáticas**

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB), localizado no município de Bananeiras, Paraíba. A área experimental está situada a uma altitude de 552 metros, entre as coordenadas geográficas (6°41'11") de latitude sul e (35°37'41") de longitude oeste. O clima da região é quente e úmido, com temperatura variando entre 18 °C e 36 °C e precipitação média anual de 1.300 mm. A condução ocorreu em uma estufa agrícola climatizada, coberta com plástico transparente, durante o ano de 2024.

#### **3.2. Preparo do Solo e Cultivo**

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico. Amostras foram analisadas quanto à fertilidade no Laboratório de Solos do CCHSA/UFPB, com os seguintes resultados: pH = 6,44; Fósforo = 8,64 mg dm<sup>-3</sup>; Potássio = 0,12 cmolc dm<sup>-3</sup>; entre outros. Após as análises, o solo foi distribuído em vasos de polietileno de 5 dm<sup>3</sup> para o plantio da batata-doce de polpa roxa, proveniente de agricultores familiares.

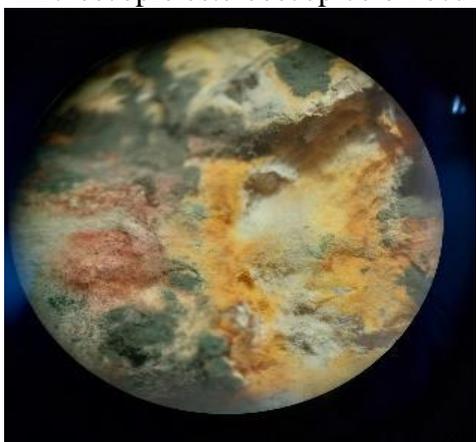
#### **3.3. Produção e Caracterização dos Biofertilizantes**

Microrganismos eficientes (MEs) foram capturados utilizando arroz cozido, disposto em bandejas plásticas cobertas com sombrite e matéria orgânica por 15 dias. Para a ativação, o material foi fermentado anaerobicamente com melaço e água em garrafas PET, sendo liberado o gás acumulado a cada dois dias. As análises químicas realizadas na EMPARN-RN indicaram a presença de macronutrientes como Nitrogênio (0,14 g L<sup>-1</sup>) e Potássio (0,28 g L<sup>-1</sup>), além de micronutrientes como Zinco (0,40 mg L<sup>-1</sup>).

Após esse período, iniciou-se a captura dos MEs pela qual se passou a observar através da diversidade de cores conforme pode ser visto na (Figura 1).

**Figura 1** – Colônia de MEs tirada em microscópio (A). Colônias de MEs para a reprodução em laboratório (B).

**A** – Foto de uma colônia de MEs tirada em microscópio estereoscópico binocular.



**B** – Separação das colônias de MEs para a reprodução em laboratório.



Fonte: Autor, (2024).

### 3.3. Delimitação Experimental e Aplicação dos Tratamentos

O experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados (DBC) em um esquema fatorial 5x2, com cinco doses de zinco (1,03; 2,06; 3,09; 4,12; 5,15 mg dm<sup>-3</sup>) e dois tratamentos com biofertilizantes (com e sem), totalizando 10 tratamentos com quatro repetições. As soluções nutritivas foram aplicadas em duas etapas, com 50 ml por planta a cada 15 dias. A irrigação foi realizada por gotejamento automatizado, disponibilizando 200 ml de água por planta diariamente.

### 3.4. Coleta de Dados e Análise Estatística

Os teores de clorofila “a”, “b” e total foram medidos com o Clorofilog CFL 1030, enquanto as taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> foram obtidas com o IRGA. Os dados foram analisados utilizando o software R, aplicando-se análises estatísticas descritivas e de variância (ANOVA). Para explorar padrões multivariados nos dados, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para as análises da batata – doce de polpa roxa.

## 4 Resultados e Discussão

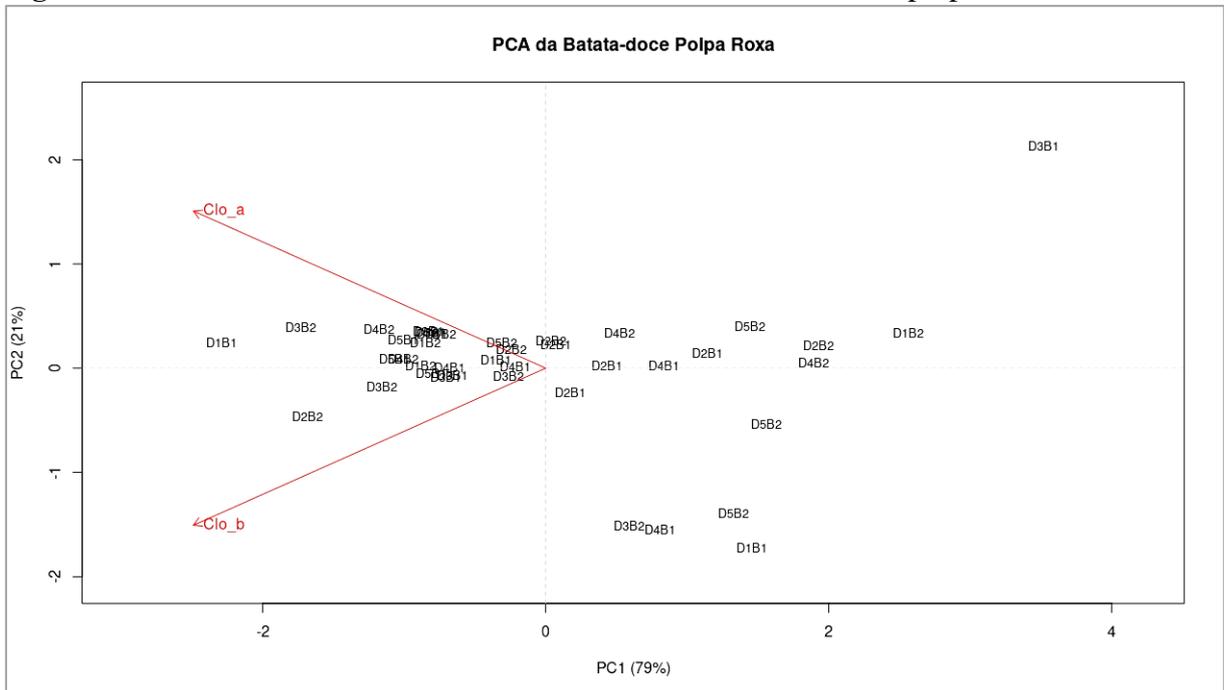
A coleta de dados de clorofilas na estufa climatizada da UFPB destacou a origem das ramas de batata-doce de polpa roxa de Bananeiras, unindo tradição e ciência. O estudo

exemplifica a integração da sustentabilidade e saúde na agroecologia, investigando a influência de condições controladas na fisiologia das plantas. A pesquisa conecta práticas agrícolas locais a sistemas agroalimentares globais resilientes, ressaltando a relevância alimentar e o potencial inovador desta cultura.

#### 4.1. Resultados da PCA do gráfico de Clorofila

O gráfico de PCA apresentado na (Figura 2), representa a análise das variáveis relacionadas à clorofila (Clorofila *a* e Clorofila *b*) em resposta às diferentes doses de zinco (D1 a D5) e às aplicações de biofertilizantes (B1 = com biofertilizantes e B2 = sem biofertilizantes). A análise explicou 79% da variância total no primeiro componente principal (PC1) e 21% no segundo componente principal (PC2), somando 100% da variância explicada pelos dois primeiros componentes.

**Figura 2** — Gráfico de PCA de Clorofila das folhas da batata-doce de polpa roxa.



Fonte: Autor, (2024).

Os eixos principais da figura 2 indicam como as variáveis de clorofila influenciaram a separação entre os tratamentos, permitindo identificar padrões relacionados ao efeito das doses de zinco e do biofertilizantes.

O eixo PC1 reflete 79% de explicação da maior parte da variabilidade nos dados e parece estar relacionado ao conteúdo de Clorofila *b*. As setas indicam uma correlação inversa da Clorofila *b* com a Clorofila *a*, sendo esta última positivamente correlacionada com o PC1.

O PC2 contribui com 21% de explicação sendo a menor parcela da variância, mas ainda diferencia algumas amostras, especialmente aquelas ligadas ao tratamento com biofertilizantes (B1).

Os agrupamentos observados na figura 2 das amostras com biofertilizantes (B1) estão distribuídas mais próximas à origem e ligeiramente separadas em relação às amostras sem biofertilizantes (B2). As doses mais elevadas de zinco (D4 e D5) sem biofertilizantes (B2) tendem a se afastar no eixo PC1, indicando maior influência da clorofila *b* nesses tratamentos. As amostras de doses intermediárias (D2 e D3) apresentam padrões mistos entre os tratamentos com e sem biofertilizantes.

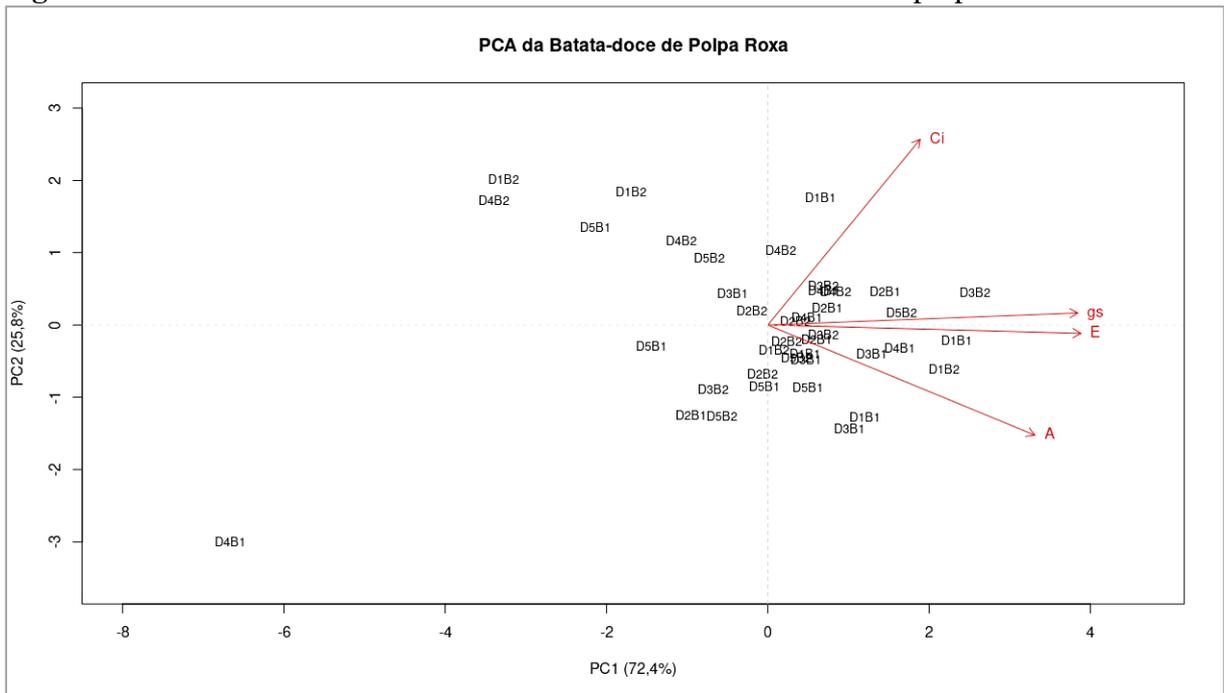
Os padrões identificados na PCA sugerem que o biofertilizantes tem um papel na modulação dos níveis de clorofila, especialmente nas doses mais elevadas de zinco (D4 e D5). Estudos prévios mostram que o zinco influencia diretamente a síntese de clorofila, enquanto o biofertilizantes pode atuar como mitigador do estresse causado por doses elevadas de micronutrientes (FONTES, 2023).

Os resultados reforçam a importância de análises multivariadas em experimentos onde interações entre variáveis podem ser complexas e pouco evidentes por métodos univariados como a ANOVA. A separação evidenciada no PCA destaca o potencial uso combinado de zinco e biofertilizantes no manejo da batata-doce de polpa roxa para aperfeiçoar a produção.

#### **4.2. Resultados da PCA para taxa de Fotossíntese**

O gráfico de PCA na (Figura 3) representa a análise das variáveis fisiológicas da batata-doce de polpa roxa relacionadas à fotossíntese: taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E) e concentração interna de carbono ( $C_i$ ). Foram avaliados diferentes tratamentos de doses de zinco (D1 a D5) em combinação com biofertilizantes aplicados (B1) ou não aplicados (B2).

**Figura 3** — Gráfico de PCA de taxa de Fotossíntese da batata-doce de polpa roxa.



Fonte: Autor, (2024).

Os dois primeiros componentes principais da figura 3 explicam conjuntamente 98,2% da variação total dos dados, com PC1 contribuindo com 72,4% e PC2 com 25,8%. Esse alto percentual sugere que o gráfico captura bem as principais relações e diferenças entre os tratamentos.

O PC1 explica 72,4% da variabilidade, principalmente nas variáveis A (taxa de fotossíntese), E (taxa de transpiração) e gs (condutância estomática), que estão positivamente correlacionadas entre si e com este eixo. Amostras à direita (valores positivos de PC1) indicam tratamentos com maior atividade fotossintética e eficiência estomática. O PC2, associado à variável Ci (carbono interno), explica 25,8% da variabilidade e tem correlação inversa com as demais variáveis. Tratamentos com valores altos de PC2 indicam maior concentração interna de carbono, sugerindo limitações na assimilação de CO<sub>2</sub> pela planta.

Na figura 3, os tratamentos com biofertilizantes (B1) estão próximos ao centro ou em regiões de valores elevados de (A), (E) e (gs), indicando que os biofertilizantes melhoram a fotossíntese e a eficiência hídrica. As doses altas de zinco sem biofertilizantes (D4B2 e D5B2) mostram menor eficiência fotossintética e maior limitação estomática. As doses intermediárias com biofertilizantes (D2B1 e D3B1) equilibram (Ci) com taxas satisfatórias de (A) e (E).

Os resultados sugerem que as doses de zinco e as aplicações de biofertilizantes influenciam de forma significativa as variáveis fisiológicas da batata-doce. A separação no gráfico evidencia que o biofertilizantes pode atenuar os efeitos de doses elevadas de zinco,

especialmente ao favorecer a condutância estomática e a taxa de transpiração, resultando em maior taxa fotossintética.

Estudos indicam que o zinco é essencial para a atividade enzimática na fotossíntese, mas pode causar efeitos tóxicos em altas concentrações. O uso de biofertilizantes, por sua vez, atua como um promotor de crescimento, melhorando a assimilação de nutrientes e otimizando o metabolismo da planta (OLIVEIRA, 2020). Isso reforça a relevância de práticas integradas no manejo da cultura para maximizar o desempenho fisiológico e a produção.

## 5 Conclusões

Com base na análise de componentes principais (PCA), o melhor tratamento para a batata-doce de polpa roxa foi aquele que combinou doses intermediárias de zinco (D2 e D3) com a aplicação de biofertilizantes (B1). Esses tratamentos (D2B1 e D3B1) apresentaram valores equilibrados para a taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), além de concentrações internas de carbono (Ci) adequadas, indicando uma assimilação eficiente de CO<sub>2</sub>.

O uso de biofertilizantes é essencial para melhorar o desempenho fisiológico das culturas, aumentando a eficiência no uso de recursos e reduzindo os efeitos negativos de altas concentrações de zinco em tratamentos sem biofertilizantes. Assim, combinar doses moderadas de zinco com biofertilizantes é a estratégia mais eficaz para maximizar a produtividade e a saúde da batata-doce de polpa roxa, sendo uma recomendação prática para o manejo sustentável dessa cultura.

## 6 Agradecimentos

Agradecemos à CAPES, ao CNPq e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) (PPGCAG) pelo apoio financeiro, estrutural e acadêmico, fundamentais para a realização deste estudo. Suas contribuições foram essenciais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

## 7 Referências

ALVES, Maria R. C. **Produção de quitosana por *Mucor subtilissimus* por fermentação semi-sólida em meio alternativo e aplicação na remoção do corante azul de metileno.** 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife, p. 1-80. 2013.

- CUCHIARA, Cristina C. **Efeito do cobre e sua interação com o zinco no cultivo de plantas de batata-doce: alterações morfofisiológicas e bioquímicas**. 2013. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p. 1-91. 2013.
- FAGUNDES, Maria E. **Caracterização físico-química e de compostos bioativos de folhas de batata-doce comum e biofortificada (Ipomea batatas L.)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Francisco Beltrão, p. 1-118. 2020.
- FONTES, Pryanka T. N. **Filme de partículas de cálcio: tecnologia aplicada para superação do estresse abiótico em plantas de abóbora cv Mini Jack e batata-doce cv Ourinho**. 2023. Tese (Doutorado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Cristóvão, p. 1-77. 2023.
- FORTINI, Rosimere M. **Adoção de práticas agrícolas conservacionistas e eficiência produtiva na agricultura brasileira**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 1-136. 2018.
- LEITE, Cláudio E. C. **Caracterização e triagem de genótipos experimentais e cultivares brasileiros de batata-doce (Ipomea batatas (L.) Lam) e desenvolvimento preliminar de formulação de bebida tipo smoothie**. 2022. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 1-233. 2022.
- MANTOVAN, Everardo C. et al. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 31, p. 602-606, 2013.
- MUNDAI, Amosse J. A. **Avaliação das características físico-química e sensorial do refresco à base de raízes de ipomea batatas l. (batata-doce)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso ( Licenciatura em Engenharia de Processamento de Alimentos) - INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA. Lionde, p. 1-67. 2022.
- OLIVEIRA, ANTONIO G. D. **Tempo de fermentação e concentração de biofertilizante para adubação de batata-doce**. 2020. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB, p. 1-41. 2020.
- SANTOS, José E. S. **Programa de biofortificação nos territórios desnutrição e insegurança alimentar**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Sergipe (UFS). Nossa Senhora da Glória, p. 1-33. 2023.
- SILVA, André L. D.; CORDEIRO, Rogério S.; ROCHA, Heliselle C. R. D. Aplicabilidade de Microrganismos Eficientes (ME) na agricultura: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1-11, Jul 2022. ISSN 2525-3409.
- SILVA, Mário S. B. D. **Épocas de adubação foliar na tuberização e qualidade da batata-doce em ambiente semiárido**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso ( Engenheiro Agrônomo) - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. MOSSORÓ-RN, p. 1-35. 2023.
- SOUZA, Juscelio R. D. **Influência dos cultivos de milho e Crotalaria juncea inoculados com fungo micorrízico arbuscular (FMA) no desempenho agrônômico de batata-doce em sucessão**. 2010. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, p. 1-58. 2010.