



DE RESÍDUO A RECURSO: O POTENCIAL DO USO DA MANIPUEIRA COMO FERTILIZANTE NA AGRICULTURA

FROM WASTE TO RESOURCE: THE POTENTIAL OF USING CASSAVA WASTEWATER AS FERTILIZER IN AGRICULTURE

DE RESIDUO A RECURSO: EL POTENCIAL DEL USO DE LA MANIPUEIRA COMO FERTILIZANTE EN LA AGRICULTURA

Wemerson Leonardo Cruz da Silva ¹ & Lourenço Oliveira dos Santos ²

^{1,2} Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias

¹ wemersonleonardo39@gmail.com ² lourencoprofissional4@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 03.03.2025

Aprovado: 08.05.2025

Disponibilizado: 23.05.2025

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo; Sustentabilidade agrícola; Adubação alternativa.

KEYWORDS: Soil fertility; Agricultural sustainability; Alternative fertilization.

PALABRAS CLAVE: Fertilidad del suelo; Sostenibilidad agrícola; Fertilización alternativa.

*Autor Correspondente: Silva, W. L. C. da.

RESUMO

A manipueira, resíduo líquido da produção da mandioca, apresenta elevado potencial como fertilizante devido a sua composição rica em nutrientes essenciais (N-P-K). Seu uso na agricultura tem sido estudado como uma alternativa sustentável para reduzir a dependência de fertilizantes químicos e minimizar impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desse resíduo. Nesse contexto, objetivou-se analisar os principais efeitos do uso da manipueira como fertilizante, conforme evidenciado na literatura científica, focando em sua influência na fertilidade do solo, no desenvolvimento das plantas e na produtividade agrícola. A metodologia adotada para este estudo consistiu em uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), realizada por meio de buscas nos bancos de dados SciELO e Portal de Periódicos da CAPES, abrangendo publicações do período de 2018 a 2024. Os resultados apontam que a manipueira pode melhorar a estrutura do solo, aumentar a retenção de água e fornecer nutrientes essenciais. Contudo, o uso excessivo pode causar salinização em solos mal drenados. Dessa forma, conclui-se que a manipueira é uma alternativa promissora para agroecologia, mas requer manejo adequado.

ABSTRACT

Manipueira, the liquid residue from cassava processing, has high potential as a fertilizer due to its composition rich in essential nutrients (N-P-K). Its use in agriculture has been studied as a sustainable alternative to reduce reliance on chemical fertilizers and minimize environmental impacts caused by improper disposal of this waste. In this context, the objective was to analyze the main effects of using manipueira as a fertilizer, as evidenced in the scientific literature, focusing on its influence on soil fertility, plant development, and agricultural productivity. The methodology adopted for this study consisted of an Integrative Literature Review (ILR), conducted through searches in the SciELO and CAPES Periodicals Portal databases, covering publications from the period 2018 to 2024. The results indicate that manipueira can improve soil structure, increase water retention, and supply essential nutrients. However, excessive use may cause salinization in poorly drained soils. Thus, it is concluded that manipueira is a promising alternative for agroecology but requires proper management.

RESUMEN

La manipueira, el residuo líquido de la producción de yuca presenta un alto potencial como fertilizante debido a su composición rica en nutrientes esenciales (N-P-K). Su uso en la agricultura ha sido estudiado como una alternativa sostenible para reducir la dependencia de fertilizantes químicos y minimizar los impactos ambientales derivados de la eliminación inadecuada de este residuo. En este contexto, el objetivo fue analizar los principales efectos del uso de la manipueira como fertilizante, según lo evidenciado en la literatura científica, enfocándose en su influencia sobre la fertilidad del suelo, el desarrollo de las plantas y la productividad agrícola. La metodología adoptada para este estudio consistió en una Revisión Integrativa de la Literatura (RIL), realizada mediante búsquedas en las bases de datos SciELO y el Portal de Periódicos de CAPES, abarcando publicaciones del período de 2018 a 2024. Los resultados indican que la manipueira puede mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua y aportar nutrientes esenciales. Sin embargo, el uso excesivo puede provocar salinización en suelos mal drenados. Por lo tanto, se concluye que la manipueira es una alternativa prometedora para la agroecología, pero requiere un manejo adecuado.



INTRODUÇÃO

A adoção de métodos agrícolas mais sustentáveis tem se tornado uma prioridade em nível global, impulsionada pela urgência de reduzir os danos ao meio ambiente e garantir a segurança alimentar. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos agroindustriais como fertilizantes orgânicos surge como uma solução promissora, aliando a gestão de resíduos ao incremento da produtividade agrícola. Um exemplo emblemático é a manipueira, resíduo líquido resultante da produção de farinha e polvilho de mandioca, que apresenta elevado potencial fertilizante devido a sua composição rica em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio (Souza et al., 2021).

Historicamente, a reutilização de resíduos agroindustriais na agricultura tem suas raízes na prática de agricultura tradicional, onde resíduos orgânicos eram reincorporados ao solo para aumentar sua fertilidade (Ferreira & Martins, 2021). No entanto, o uso sistemático e cientificamente embasado de resíduos como a manipueira só começou a ganhar atenção nas últimas décadas, impulsionado pela busca crescente por sistemas agrícolas circulares e sustentáveis (Santos et al., 2010).

Apesar de sua riqueza nutricional, a manipueira é frequentemente descartada de forma inadequada, causando poluição ambiental em solos e corpos hídricos. Esse problema se agrava em regiões onde a produção de mandioca é intensiva, como no Nordeste brasileiro, onde grandes volumes de manipueira são gerados diariamente (Souza, 2013). O aproveitamento da manipueira como fertilizante demonstra potencial para melhorar a fertilidade do solo e favorecer o desenvolvimento das plantas. Entretanto, persistem desafios quanto à dosagem adequada, aos efeitos de longo prazo e às interações desse resíduo com diferentes tipos de solos e culturas (Magalhães et al., 2014).

Para agricultores e pesquisadores, a manipueira representa uma solução viável no contexto da economia circular. Quando aplicada ao solo, contribui para a melhoria de sua estrutura e amplia a capacidade de retenção de nutrientes aspectos particularmente importantes em sistemas agrícolas sustentáveis e de baixo custo (Souza et al., 2021). Além disso, a redução da dependência de fertilizantes químicos convencionais promove a adoção de práticas agrícolas mais eficientes e alinhadas à conservação ambiental.

Avanços significativos têm sido alcançados na compreensão dos efeitos da manipueira como fertilizante. O uso desse recurso tem proporcionado aumentos na produtividade de culturas como milho, feijão e hortaliças, além de melhorias na estrutura e microbiota do solo (Segundo, 2023). Apesar disso, persistem desafios, como a falta de consenso sobre padrões adequados de aplicação e os riscos associados ao manejo inadequado ou excessivo.

Adicionalmente, observa-se uma carência de investigações sistemáticas que explorem formas sustentáveis de integrar a manipueira em biorrefinarias agrícolas, adotando abordagens de economia circular para minimizar a geração de resíduos e maximizar o valor agregado desse recurso (Souza et al., 2021). Diante desse cenário, o presente estudo teve como propósito responder à seguinte indagação: Quais são os principais efeitos do uso da manipueira como fertilizante na melhoria da fertilidade do solo, no desenvolvimento das plantas e na produtividade agrícola, conforme evidenciado na literatura científica?

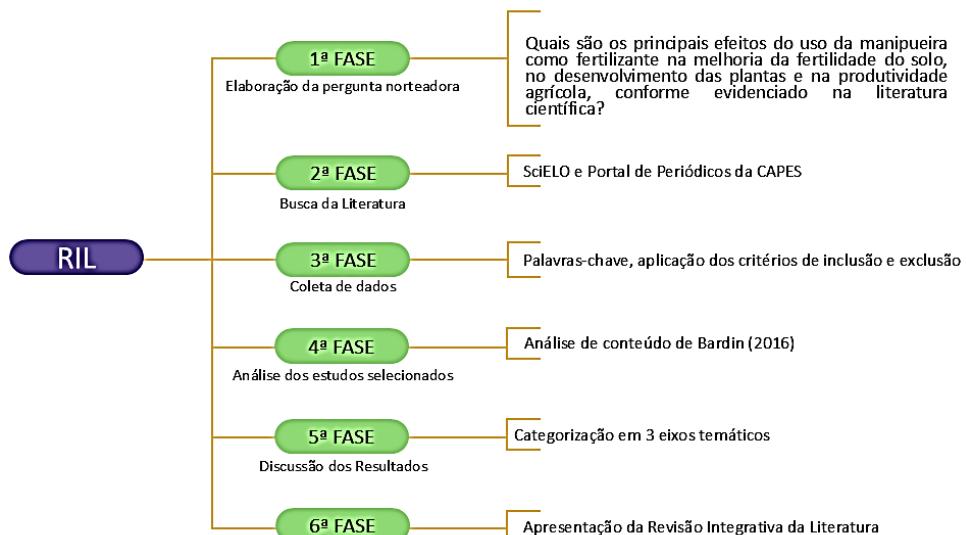
Nesse contexto, objetivou-se analisar os principais efeitos do uso da manipueira como fertilizante, conforme evidenciado na literatura científica, focando em sua influência na fertilidade do solo, no desenvolvimento das plantas e na produtividade agrícola.

METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão integrativa da literatura (RIL), com o propósito de analisar os principais efeitos do uso da manipueira como fertilizante, conforme evidenciado na literatura científica. O foco é sua influência na fertilidade do solo, no desenvolvimento das plantas e na produtividade agrícola. A escolha pelo método de RIL se justifica por sua reconhecida eficácia na análise de conceitos, na revisão de teorias e evidências, bem como na síntese de saberes sobre temas específicos. Esse método possibilita tanto a compreensão do panorama atual do conhecimento quanto à identificação de lacunas que possam direcionar investigações futuras (Junior et al., 2023).

Segundo Aguiar et al. (2020), a RIL é uma metodologia que possibilita a formulação de conclusões gerais sobre uma área do conhecimento ao sintetizar estudos previamente publicados sob uma perspectiva específica. Essa abordagem utiliza estudos já existentes para integrar resultados e fornecer uma visão abrangente e detalhada do estado atual do conhecimento científico sobre o tema (Silva et al., 2025). De acordo com Dantas et al. (2022), o processo de realização de uma revisão integrativa é composto por seis etapas (Figura 1).

Figura 1. Esquema das etapas da condução da revisão integrativa da literatura



Fonte: Autores (2025).

Para a realização desta revisão, foram selecionados artigos disponíveis nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) e no acervo do Portal de Periódicos da CAPES, reconhecidas por sua abrangência e pelo rigor na indexação de publicações de qualidade. Os descritores utilizados para a pesquisa foram: “Adubação”, “Manipueira” e “Agricultura”, combinados com operadores booleanos da seguinte forma: (“Fertilization” AND “Manipueira” AND “Agriculture”).

A busca foi realizada em janeiro de 2025, abrangendo publicações dos últimos cinco anos (2018-2024), com o intuito de garantir a atualidade das informações. Como filtros adicionais, foram excluídos artigos de revisão, estudos fora do contexto agrícola e publicações em revistas não indexadas nas plataformas SciELO ou CAPES.

Os critérios de inclusão envolveram publicações científicas indexadas, estudos experimentais ou empíricos sobre o uso da manipueira como fertilizante e artigos que apresentassem dados concretos sobre os efeitos dessa prática agrícola. Por outro lado, os critérios de exclusão visaram eliminar artigos publicados antes de 2018 e estudos que não abordassem diretamente o tema em questão, aprimorando assim a qualidade e relevância da revisão.

Posteriormente, as literaturas selecionadas foram analisadas utilizando o método de análise de conteúdo conforme descrito por Bardin (2016). Esse método adota procedimentos sistemáticos e objetivos para captar informações relacionadas às condições de criação e interpretação das mensagens, por meio da análise de seus conteúdos e da identificação de indicadores (Valle & Ferreira, 2025). Essa metodologia facilitou a organização das informações obtidas na revisão integrativa, viabilizando a identificação de padrões e tendências nos estudos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente com as buscas foram obtidos 124 artigos. Após a aplicação dos critérios de exclusão, os seguintes resultados foram obtidos: na base SciELO, foram inicialmente identificados 52 artigos, enquanto no Portal de Periódicos da CAPES, 72 artigos foram encontrados. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 119 artigos foram eliminados (105 pelo título, 2 duplicados, 1 capítulo de livro, 2 pelo resumo, 6 não publicados em periódicos e 3 revisões). Assim, cinco artigos atenderam aos critérios de análise (Tabela 1). Embora o número final de estudos incluídos possa parecer reduzido, ele reflete a especificidade dos critérios adotados e a escassez de publicações empíricas sobre o tema dentro do período e contexto delimitados. A escolha dos artigos foi feita com base nos princípios do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Figura 2) (Page et al., 2021).

Tabela 1. Distribuição dos estudos segundo a base de dados, ano de publicação, título dos artigos, autores, objetivo e conclusão da pesquisa

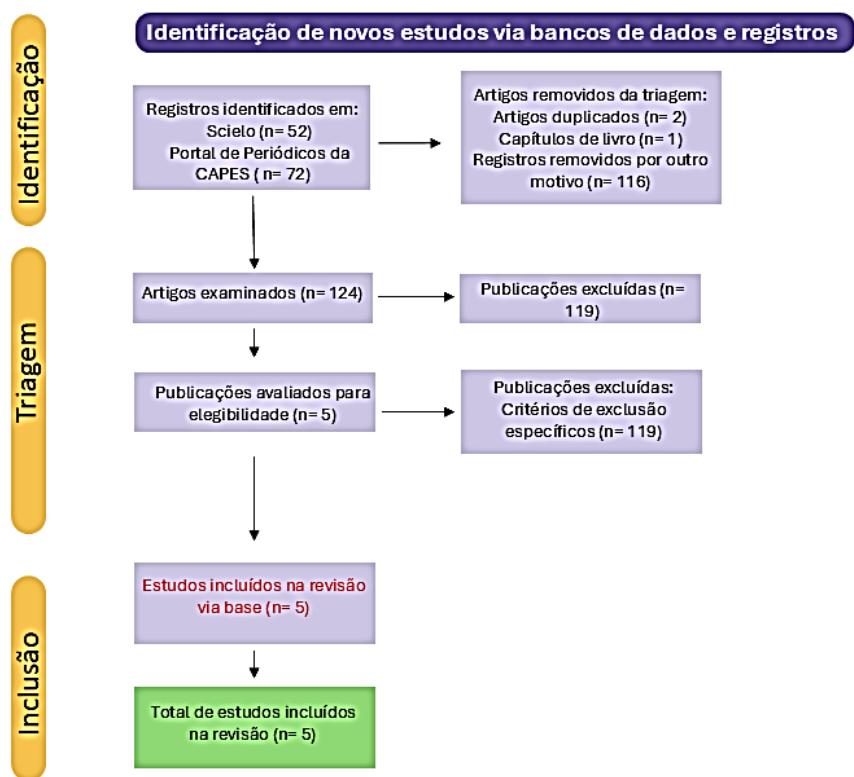
Ano	Título	Autores	Objetivos	Conclusão
2015	Chemical attributes of soil and dry mass accumulation of maize fertilized with cassava wastewater	Magalhães et al.	Avaliar as alterações nos atributos químicos de um solo franco-argiloso e o acúmulo de massa seca do milho	A manipueira aumentou o pH do solo, nutrientes e a massa seca do milho
2019	Produção de milho 'Potiguar' fertirrigado com água amarela e manipueira	Araújo et al.	Avaliar a produção de milho Potiguar fertirrigado com urina humana e manipueira	Urina humana substitui a nitrogênio; manipueira o potássio
2019	Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation	Bezerra et al.	Avaliar os efeitos da manipueira sobre os atributos químicos do solo cultivado com <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Aumento dos teores de P e K ⁺ ; redução de Ca, Mg e matéria orgânica do solo
2021	Quantitative responses of forage grasses to manipueira application as natural fertilizer	Carvalho et al.	Avaliar o desenvolvimento de três cultivares de <i>Panicum maximum</i> em resposta a aplicação de manipueira	Dose de 176 m ³ /ha proporcionou o melhor desenvolvimento do capim Massai
2020	Productive performance and quality of arugula (<i>Eruca sativa</i>) under different doses of cassava wastewater containing potassium source	Silva et al.	Determinar as doses adequadas de manipueira para possibilitar a maior produção e qualidade de rúcula	Melhor qualidade e produtividade com doses de até 26 m ³ /ha, promovendo maior altura e massa fresca da planta

Fonte: Autores (2025).



CC BY 4.0
DEED
Attribuição 4.0
Internacional

Figura 2. Fluxograma de seleção dos artigos com base nos princípios do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA)



Fonte: Adaptado de Page et al. (2021).

IMPACTOS NA FERTILIDADE DO SOLO, PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A manipueira, resíduo líquido gerado no processo de produção de farinha de mandioca, é rica em nutrientes que podem alterar significativamente os atributos químicos do solo. Vários estudos destacam sua eficácia como fertilizante natural, especialmente em solos degradados.

Um dos aspectos mais notáveis é a neutralização da acidez do solo mencionada por Magalhães et al. (2015), que relataram aumentos significativos no pH, especialmente em solos franco-argilosos. Essa modificação no pH contribui diretamente para a maior biodisponibilidade de nutrientes essenciais como fósforo e potássio, transformando solos anteriormente ácidos e pouco produtivos em substratos mais adequados para o cultivo de culturas agrícolas. Esse efeito da manipueira representa uma solução prática para a correção química de solos com problemas de acidez, particularmente relevante para regiões tropicais, onde esses tipos de solo são predominantes.

Além de corrigir a acidez, os dados apresentados indicam um aumento expressivo nos níveis de potássio no solo, como destacado por Silva et al. (2020). Esse nutriente é essencial para o crescimento das plantas e desempenha papéis-chave no metabolismo vegetal, incluindo regulação osmótica e transporte de açúcares. A manipueira, por conter concentrações significativas de potássio, foi capaz de atender a essas necessidades nutricionais de maneira natural e econômica. Contudo, esses efeitos positivos não são universais.

Bezerra et al. (2019) destacaram que, em solos com baixa drenagem, o acúmulo de sais pode levar à salinização, reduzindo sua qualidade e fertilidade a longo prazo. Essa situação ilustra os possíveis efeitos colaterais que um manejo inadequado pode acarretar, demandando maior atenção às práticas de monitoramento.

O aumento da capacidade de retenção de água nos solos tratados, mencionado por Carvalho et al. (2021), é outra evidência do potencial da manipueira como condicionador do solo. A melhoria estrutural do solo reflete-se na maior resistência a estresses hídricos, especialmente em regiões semiáridas. Esse benefício está associado à adição de matéria orgânica e nutrientes pela manipueira, que fortalecem os agregados do solo, evitando compactação e permitindo maior infiltração de água.

Ainda que esses benefícios sejam amplamente documentados, os riscos de aplicação excessiva de manipueira também aparecem como um ponto crítico nos estudos analisados. Bezerra et al. (2019) chamam atenção para a redução nos teores de cálcio e magnésio após aplicações prolongadas ou em altas doses, efeito atribuído à lixiviação ou precipitação química de compostos no solo.

Um ponto comum observado nos estudos avaliados é a exigência de um monitoramento frequente dos níveis de nutrientes no solo. Segundo Araújo et al. (2019), é indispensável realizar análises regulares para evitar desequilíbrios causados por acúmulo ou depleção de determinados nutrientes. O potássio, por exemplo, demonstrou ser um elemento consistente na fertilização pela manipueira, mas em excesso pode levar ao desbalanço químico que prejudica o desenvolvimento de culturas mais sensíveis.

Os padrões observados entre os diferentes estudos apontam para um consenso geral sobre os benefícios da manipueira na melhoria da fertilidade do solo. Apesar de variações relacionadas aos tipos de solo e culturas avaliadas, quase todos os estudos indicaram aumentos no desempenho agronômico das plantas, o que destaca a manipueira como um recurso eficaz no manejo agrícola sustentável. Magalhães et al. (2015), por exemplo, relataram aumentos de produtividade em milho, enquanto Carvalho et al. (2021) identificaram melhor desempenho em gramíneas.

Divergências, no entanto, surgem em cenários específicos, como no caso de solos mal drenados analisados por Bezerra et al. (2019). Enquanto alguns estudos indicam melhorias generalizadas, eles destacaram o potencial risco de salinização em regiões onde a drenagem é inadequada. Esse problema, que pode se agravar a longo prazo, exige que os agricultores adaptem suas práticas ao contexto local, incluindo drenagem controlada e adaptação de doses. A inibição de crescimento observada em culturas sensíveis ao sódio também ressalta a necessidade de identificar quais culturas são mais compatíveis com a aplicação de manipueira.

O papel da manipueira em promover a economia circular é central em todos os aspectos. Ao transformar um resíduo agroindustrial em insumo agrícola, ela contribui para a redução de custos, minimização de impactos ambientais e substituição parcial de fertilizantes químicos. Essa substituição reduz a dependência de insumos convencionais, aliviando economicamente pequenos agricultores e contribuindo para sistemas de cultivo mais ecológicos. Araújo et al. (2019) destacaram esse aspecto econômico como uma oportunidade estratégica em regiões de agricultura de subsistência.

Quando analisamos o uso da manipueira de maneira integrada, é evidente que seu impacto ultrapassa os resultados imediatos observados no solo. A liberação de compostos orgânicos e nutrientes auxilia no estabelecimento de comunidades microbianas benéficas, contribuindo

para a saúde geral do solo. Esse efeito pode ampliar sua aplicabilidade, especialmente em sistemas agrícolas que priorizam práticas ecológicas.

Nesse sentido, apesar dos benefícios amplamente documentados, a falta de consenso quanto às doses ideais e formas de aplicação limita seu uso em larga escala. Estudos futuros devem priorizar a identificação de diretrizes práticas adaptáveis a diferentes condições regionais e sistemas agrícolas, atendendo às especificidades locais enquanto maximizam a eficiência de aplicação.

Dessa forma, evidencia-se um ponto central: os benefícios agronômicos e ambientais da manipueira estão estreitamente ligados à gestão responsável e ao contexto agronômico. Seu uso adequado possui o potencial de transformar cenários de baixa produtividade em sistemas agrícolas resilientes e eficientes, mas depende de um compromisso contínuo com pesquisa, monitoramento e capacitação dos agricultores.

IMPACTOS DA MANIPUEIRA NO CRESCIMENTO E VIGOR DAS PLANTAS

O uso de manipueira também afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, promovendo o crescimento vegetal e aumentando a biomassa em várias culturas. Nesse sentido, Magalhães et al. (2015) relataram um aumento significativo na biomassa de pastagens tratadas com manipueira, atribuível ao seu aporte em nutrientes essenciais como potássio e fósforo. Esses efeitos são particularmente notáveis em culturas adaptadas a condições de solos tropicais e deficientes em nutrientes.

Por outro lado, Araújo et al. (2019) destacaram que o uso de manipueira acelerou o crescimento de culturas de ciclo curto, como hortaliças, devido à rápida disponibilização de nutrientes. Esse efeito pode ser um diferencial estratégico para agricultores que necessitam de resultados imediatos e maior eficiência nas safras. Contudo, é necessário atenção ao controle das doses, visto que a disponibilidade excessiva de sais pode prejudicar as plantas mais sensíveis. Esse ponto demonstra que, apesar das vantagens em vigor, o uso da manipueira deve ser manejado com critérios claros para evitar impactos adversos no equilíbrio químico do solo e no desenvolvimento vegetal.

Um dos padrões positivos observados é a relação direta entre a aplicação de manipueira e o fortalecimento das plantas frente a estresses ambientais. Silva et al. (2020) relataram plantas mais vigorosas e resistentes ao uso desse resíduo, especialmente em condições adversas, como secas prolongadas ou solos arenosos. Isso pode ser explicado pelo aumento nos níveis de potássio, um nutriente essencial para a osmorregulação e que desempenha um papel crucial no manejo de água pelas plantas. Assim, além de melhorar o crescimento em condições normais, a manipueira contribui para a sustentabilidade de sistemas agrícolas em cenários de mudanças climáticas.

Apesar dessas vantagens, Bezerra et al. (2019) trouxeram um contraponto importante ao identificarem que em solos com alta concentração de sódio, a manipueira inibiu o crescimento de culturas sensíveis. Esse resultado ressalta que, embora seja uma solução eficaz para muitas condições, sua aplicação em solos salinos ou mal drenados pode comprometer o desempenho agronômico.

Outro padrão evidente é o impacto no incremento da massa seca das plantas, uma métrica frequentemente usada para avaliar o desempenho vegetativo. Magalhães et al. (2015) relataram um aumento substancial nesse parâmetro em pastagens tratadas, o que reflete uma utilização mais eficiente dos nutrientes pela planta. De forma semelhante, Carvalho et al. (2021) observaram resultados semelhantes em gramíneas forrageiras, com doses otimizadas de manipueira ($176 \text{ m}^3/\text{ha}$) promovendo o melhor desempenho do capim Massai.

Carvalho et al. (2021) também destacaram a importância das doses na resposta das plantas. Aplicações em excesso, mesmo em espécies mais tolerantes, podem resultar na lixiviação de nutrientes ou em desequilíbrios químicos no solo, o que pode reduzir o crescimento e a biomassa acumulada. Esse controle seria especialmente benéfico para o uso em larga escala, onde o manejo preciso se torna um desafio operacional.

Além das melhorias no crescimento, a manipueira teve impacto no vigor geral das plantas, conforme destacado por Silva et al. (2020). A maior altura e peso fresco das plantas de rúcula cultivadas com doses controladas de manipueira são exemplos claros desse benefício. Essas melhorias são importantes, pois influenciam não apenas a produtividade, mas também a qualidade do produto final, um fator chave para a competitividade no mercado agrícola.

Ainda que o uso da manipueira tenha se mostrado amplamente positivo, diferenças significativas foram observadas entre os tipos de cultura analisados. Enquanto pastagens e gramíneas forrageiras apresentaram respostas uniformemente positivas, culturas sensíveis a altos níveis de sal ou sódio, como algumas leguminosas, demonstraram resultados variados.

O vigor das plantas, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento radicular, foi consistentemente mencionado como um benefício da manipueira. Raízes mais profundas e robustas permitem maior exploração do solo e absorção de nutrientes, o que é essencial em sistemas agrícolas de baixa disponibilidade hídrica. Além disso, a manipueira ajuda a estruturar melhor o solo ao longo do tempo, beneficiando diretamente a ancoragem e estabilidade das culturas.

Em termos de economia circular, a manipueira representa uma solução estratégica para reaproveitar resíduos agroindustriais e reduzir o desperdício. Entretanto, para pequenos agricultores, é necessário capacitação sobre o uso seguro e eficiente deste recurso, a fim de evitar riscos de aplicação excessiva.

Adicionalmente, outro ponto crucial levantado é o impacto da manipueira sobre as interações planta-solo, incluindo o efeito nas comunidades microbianas. Embora este aspecto não seja discutido diretamente, é sabido que solos tratados com insumos orgânicos tendem a ter uma atividade microbiana mais elevada, o que favorece o crescimento e a saúde das plantas.

IMPACTOS DA MANIPUEIRA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DAS CULTURAS AGRÍCOLAS

A manipueira, como fertilizante orgânico, tem demonstrado um impacto significativo na produtividade agrícola, especialmente em culturas que exigem um alto aporte de nutrientes. Um dos efeitos mais notáveis da manipueira é o aumento da produção de grãos e forragens, conforme observado em vários estudos. Magalhães et al. (2015) relataram um incremento de 30% na produção de forragem em áreas tratadas com manipueira, atribuível ao aumento de potássio no solo, elemento essencial para o desenvolvimento das plantas. Esse dado reforça

o potencial da manipueira como alternativa a fertilizantes químicos, sobretudo em sistemas agrícolas intensivos que exigem altos rendimentos.

Outro ponto relevante é o impacto na produção de hortaliças, particularmente a rúcula, documentado por Araújo et al. (2019), que observaram um aumento de 25% na produtividade quando doses adequadas de manipueira foram aplicadas. Essa melhoria não se restringiu à quantidade, mas também à qualidade nutricional das hortaliças, evidenciando que a manipueira atua tanto no volume produzido quanto nas características intrínsecas do produto final. Esse é um ponto crucial, especialmente para pequenos agricultores, que podem conquistar melhores mercados ao ofertarem produtos mais nutritivos e visualmente atraentes.

Em gramíneas forrageiras, como o capim Massai, Carvalho et al. (2021) observaram um aumento de 20% na produção com a aplicação de doses otimizadas de manipueira ($176\text{ m}^3/\text{ha}$). Esse resultado destaca o benefício econômico para sistemas pecuários, pois a produção de biomassa de qualidade é essencial para alimentar rebanhos em regimes de pastejo ou confinamento. A relação direta entre a aplicação de manipueira e a qualidade nutricional das gramíneas fortalece sua viabilidade em sistemas integrados de agricultura e pecuária.

Entretanto, divergências são observadas, principalmente em solos mal drenados ou com características químicas desfavoráveis. Bezerra et al. (2019) documentaram que, em tais condições, houve uma redução na produtividade agrícola devido ao acúmulo de sais no solo, levando à salinização. Esse problema é particularmente preocupante em regiões semiáridas ou em locais onde o manejo inadequado da água dificulta o equilíbrio químico. Assim, embora os resultados sejam amplamente positivos, a aplicação da manipueira deve ser acompanhada de estratégias de manejo que considerem as características ambientais e edafoclimáticas.

Um padrão identificado em quase todos os estudos analisados é o papel do potássio como principal motor dos incrementos produtivos. Esse nutriente, liberado em quantidades significativas pela manipueira, é diretamente responsável por processos fisiológicos como a fotossíntese, transporte de água e armazenamento de amido nos grãos.

Apesar dos benefícios notáveis, Araújo et al. (2019) ressaltaram a necessidade de controle rigoroso sobre as doses aplicadas, alertando para o risco de impacto negativo em culturas sensíveis, como as hortaliças expostas a altas concentrações de sódio. Essa divergência aponta para a complexidade do uso da manipueira, que exige protocolos claros de aplicação adaptados às demandas específicas das culturas e ao tipo de solo.

Outro benefício importante destacado é o efeito positivo da manipueira na sustentabilidade econômica para pequenos produtores. Ao reduzir ou eliminar a dependência de fertilizantes químicos, sua aplicação proporciona economia significativa nos custos de produção. Estudos como os de Magalhães et al. (2015) e Carvalho et al. (2021) enfatizam o valor agregado desse recurso, transformando um resíduo poluente em insumo valioso para sistemas agrícolas de baixo custo.

Em termos de convergência, a maioria dos estudos indicou melhorias não apenas na produtividade, mas também na resiliência das culturas a estresses ambientais. A manipueira, ao enriquecer o solo com nutrientes, proporciona às plantas maior resistência a fatores adversos, como períodos de estiagem ou solos com baixa fertilidade inicial.

Do ponto de vista ambiental, a manipueira apresenta vantagens substanciais ao evitar o descarte inadequado desse resíduo, que pode poluir corpos d'água e comprometer a qualidade do solo. Sua transformação em fertilizante é um exemplo prático de economia circular, demonstrando como um subproduto agroindustrial pode ser integrado com sucesso a sistemas agrícolas produtivos. No entanto, é fundamental que políticas públicas e incentivos fiscais sejam implementados para incentivar sua utilização de forma responsável.

Uma questão relevante destacada pelos estudos é a relação custo-benefício do uso da manipueira. Silva et al. (2020) afirmaram que sua aplicação é altamente viável financeiramente para produtores de pequeno e médio porte, desde que sejam estabelecidos limites claros para doses e frequências de aplicação. Essas informações tornam a manipueira uma alternativa acessível, especialmente para regiões economicamente vulneráveis.

Em termos de padronização, a falta de diretrizes específicas ainda representa um desafio. A variabilidade nos métodos de aplicação, bem como as condições ambientais heterogêneas entre os estudos analisados, torna difícil estabelecer protocolos universais.

Outro aspecto interessante revelado pelos estudos é o papel complementar da manipueira em sistemas agrícolas integrados. Sua aplicação em sistemas que combinam culturas e pecuária pode trazer vantagens adicionais, como a produção de alimentos nutritivos e biomassa para a alimentação animal. Esse potencial sinérgico amplia o alcance da manipueira, tornando-a uma ferramenta valiosa para a intensificação sustentável.

Assim, o efeito específico sobre a qualidade dos grãos de milho, como relatado por Silva et al. (2020), é um dado que merece destaque. Esses pesquisadores observaram que, além do aumento na produtividade, a manipueira contribuiu para maior concentração de proteínas e outros nutrientes nos grãos. Isso destaca o papel da manipueira como um insumo que não apenas eleva o volume da produção, mas melhora seus atributos qualitativos, o que é um diferencial competitivo importante no mercado agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da manipueira como fertilizante orgânico melhora a fertilidade do solo e o desempenho agronômico de diversas culturas, promovendo a correção da acidez, o aumento da disponibilidade de nutrientes como potássio e fósforo, e a melhoria na estrutura do solo. Essas alterações impactam diretamente na produtividade agrícola e na qualidade das culturas, com benefícios especialmente evidentes em regiões com solos ácidos ou sistemas agrícolas de baixo custo. Além disso, sua aplicação reduz a dependência de fertilizantes químicos, tornando-se uma alternativa viável e econômica para pequenos agricultores.

Embora a manipueira seja uma solução eficiente, sua utilização requer cuidado, especialmente em solos mal drenados ou sujeitos à salinização. O manejo inadequado pode causar desequilíbrios nutricionais, comprometendo a fertilidade do solo e o desenvolvimento das culturas. Assim, a aplicação deve ser acompanhada de estratégias de monitoramento e controle, considerando as especificidades regionais e climáticas.

A manipueira representa uma ferramenta estratégica para a promoção da economia circular na agricultura. Sua transformação de resíduo em recurso contribui para a sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo em que reduz os custos de produção e incrementa a qualidade nutricional dos alimentos. Esse recurso apresenta potencial para fortalecer sistemas agroecológicos, ampliando sua eficiência e resiliência diante dos desafios ambientais e econômicos.

Apesar de sua eficácia comprovada, a ausência de protocolos padronizados para aplicação limita a adoção em larga escala. Diretrizes práticas, adaptáveis a diferentes tipos de solo e culturas, são fundamentais para expandir seu uso. Isso posto, pode-se sugerir análises futuras que visão explorar os impactos de longo prazo, considerando aspectos como salinização, dinâmica de nutrientes e efeitos na microbiota do solo. A manipueira é uma alternativa promissora que alia produtividade e sustentabilidade, consolidando-se como um insumo valioso para o manejo agrícola.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, R. B., Leal, M. C. C., Marques, A. P. D. O., Torres, K. M. S., & Tavares, M. T. D. B. (2020). Idosos vivendo com HIV – comportamento e conhecimento sobre sexualidade: Revisão integrativa. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25(2), 575-584. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020252.12052018>
- Araújo, N. C. de, Lima, V. L. A. de, Sena, L. F., Lima, G. S. de, Andrade, E. M. G., Cardoso, J. A. F., & Oliveira, S. J. C. (2019). Produção de milho Potiguar fertirrigado com água amarela e manipueira. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 161-170. <https://doi.org/10.19084/RCA18170>
- Bezerra, M. G. D. S., Silva, G. G. C. D., Difante, G. D. S., Emerenciano Neto, J. V., Oliveira, E. M. M., & Morais, É. G. (2019). Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(8), 579-585. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p579-585>
- Carvalho, A. C. C. de, Nobre, R. de S., Araújo, V. de S., Santos, C. de M., Monte, L. I. da S., Moura, G. A. de, Moura, W. N. da S., Rezende, J. S., & Azar, G. S. (2021). Respostas quantitativas de gramíneas forrageiras a aplicação de manipueira como fertilizante natural. *Revista Ciência Agrícola*, 19(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.28998/rca.v19i3.12099>
- Dantas, H. L. de L., Costa, C. R. B., Costa, L. de M. C., Lúcio, I. M. L., & Comassetto, I. (2022). Como elaborar uma revisão integrativa: Sistematização do método científico. *Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem*, 12(37), Artigo 37. <https://doi.org/10.24276/rrecien2022.12.37.334-345>
- Ferreira, D. P. dos S., & Martins, I. C. (2021). Adubação do pimentão (*Capsicum annuum*) com a manipueira e seus efeitos: uma revisão. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(9), Artigo 9. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i9.2729>
- Junior, R. N. C. C., Silva, W. C. da, Silva, É. B. R. da, Sá, P. R. de, Friaes, E. P. P., Costa, B. O. da, Rocha, C. B. R., Silva, L. C. M. S. da, Borges, D. C., Cruz, S. L. F. da, Nina, L. M. B., & Júnior, J. A. de O. (2023). Revisão integrativa, sistemática e narrativa - Aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura. *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina*, 28(1), 11. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8970882>
- Magalhães, A. G., Rolim, M. M., Duarte, A. D. S., Bezerra Neto, E., Tabosa, J. N., & Pedrosa, E. M. R. (2014). Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(7), 675-681. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700001>
- Magalhães, A. G., Rolim, M. M., Duarte, A. S., Pedrosa, E. M. R., & Silva, E. F. D. F. E. (2015). Chemical attributes of soil and dry mass accumulation of maize fertilized with cassava wastewater. *Engenharia Agrícola*, 35(3), 458-469. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p458-469/2015>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S.,..., & McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(160). <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Santos, M. H. V. D., Araújo, A. C. D., Santos, D. M. R. D., Lima, N. D. S., Lima, C. L. C. D., & Santiago, A. D. (2010). Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) cultivada em casa-de-vegetação. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(4), 735-742. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.4819>
- Segundo, F. & Érico, É. (2023). Análise da produção familiar em casas de farinha e proposição de destinação sustentável da manipueira em Aracati-CE (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil. Recuperado de

<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/11130>
Silva, A. V. L. D., Medeiros, A. D. S., Gonzaga, G. B. M., Magalhães, I. D., Neto, R. A. D. A., Ferraz, R. L. D. S., Júnior, S. D. O. M., Melo, L. D. F. D. A., Costa, P. D. S., Pimenta, T. A., Barbosa, J. L., & Pereira, M. D. O. (2020). Productive performance and quality of arugula (*Eruca sativa*) under different doses of cassava wastewater containing potassium source. *Australian Journal of Crop Science*, 14(6): 985-990. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.06.p2391>
Silva, W. L. C. da, Santos, L. O. dos, Silva, D. G. da, Rego, A. M., Santos, F. I. O., & Gomes, E. M. (2025). Análise da produção científica da RevBEA a respeito da Educação Ambiental na agricultura familiar. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 20(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.34024/revbea.2025.v20.19358>

Souza, E. P. D., Silva, J. E. V. C. D., & Ferreira, L. E. (2021). Uso da manipueira no desenvolvimento das culturas alimentares: revisão narrativa. Em M. D. S. Mendonça, *Agronegócio: Técnicas, inovação e gestão* (1º ed, p. 136-148). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/210404372>
Souza, S. D. O. (2013). *Avaliação do impacto ambiental em mananciais causado pelo descarte indiscriminado de manipueira visando a preservação do ambiente aquático no semiárido alagoano (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil. Recuperado de <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/4351>
Valle, P. R. D. & Ferreira, J. D. L. (2025). Content analysis in the perspective of Bardin: contributions and limitations for qualitative research in education. *Educação em Revista*, 41, e49377. <https://doi.org/10.1590/0102-469849377-t>