



**E-BOOK**

# **VITRINE TECNOLÓGICA**

**USO DE BIOINSUMOS NA MANDIOCULTURA**

## **Organizadores**

Estenio Moreira Alves

Flavio Lopes Claudio

José Carlos de Sousa Júnior

Maria Gláucia Dourado Furquim

Paulo Alexandre Perdomo Salviano

Romano Roberto Valicheski



**Pedro & João**  
editores



**E-BOOK**

# **VITRINE TECNOLÓGICA**

**USO DE BIOINSUMOS NA MANDIOCULTURA**



**Estenio Moreira Alves  
Flavio Lopes Claudio  
José Carlos de Sousa Júnior  
Maria Gláucia Dourado Furquim  
Paulo Alexandre Perdomo Salviano  
Romano Roberto Valicheski  
(Organizadores)**

**Vitrine tecnológica:  
uso de bioinsumos na mandiocultura**



Copyright © Autoras e autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

---

**Estenio Moreira Alves; Flavio Lopes Claudio; José Carlos de Sousa Júnior; Maria Gláucia Dourado Furquim; Paulo Alexandre Perdomo Salviano; Romano Roberto Valichski [Orgs.]**

**Vitrine tecnológica: uso de bioinsumos na mandiocultura.** São Carlos: Pedro & João Editores, 2025. 44p. 13,55 x 21,17 cm.

**ISBN: 978-65-265-2256-1 Digital**

1. Mandiocultura. 2. Bioinsumo. 3. Inovação. 4. Agricultura. I. Título.

CDD - 630

---

**Capa:** José Carlos de Sousa Júnior

**Ficha Catalográfica:** Hélio Márcio Pajeú - CRB - 8-8828

**Diagramação:** José Carlos de Sousa Júnior

**Editores:** Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

**Conselho Editorial da Pedro & João Editores:**

Augusto Porzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortoluzzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kutava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luis Fernando Soares Zuin (USP/Brasil); Ana Patrícia da Silva (UERJ/Brasil).



**Pedro & João Editores**  
www.pedrojoaoeditores.com.br  
13568-878 - São Carlos - SP  
2025

---

Esta obra, disponível no formato e-book, foi financiada com recursos da Chamada Pública FAPEG nº 06/2025 – Programa de Apoio à Realização de Eventos Científicos, Tecnológicos e de Inovação, por meio do processo nº 202510267000888, coordenado por Romano Roberto Valicheski.

A responsabilidade pela exatidão das referências, pela revisão gramatical e pelas ideias expressas e/ou defendidas nos textos recai exclusivamente sobre os respectivos autores.

---



# SUMÁRIO

	MENSAGEM INSTITUCIONAL	01
	APRESENTAÇÃO	02
01	PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO COM RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE MANDIOCA ENRIQUECIDO COM PÓ DE ROCHA	03
02	USO DE PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE POTÁSSIO ASSOCIADO A INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES	17
03	BIOINSUMOS, TÉCNICAS E VARIEDADES COMO ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE	29
	ORGANIZADORES	39
	AUTORES	40

# MENSAGEM INSTITUCIONAL

A participação do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, na primeira Vitrine Tecnológica na Produção de Mandioca, promovida em parceria com o Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO), representa um marco significativo no fortalecimento da pesquisa, da difusão tecnológica e da formação profissional. A atuação do CEBIO tem se mostrado fundamental para o avanço da agricultura sustentável, promovendo o uso de bioinsumos como alternativa viável e ecológica na produção agrícola regional.

Durante o evento, foi possível demonstrar na prática os resultados de pesquisas aplicadas, desenvolvidas em uma propriedade rural, parceira do Instituto Federal Goiano, destacando o papel transformador da ciência e da tecnologia no campo.

A parceria com o CEBIO contribui ativamente para o processo de ensino-aprendizagem dos nossos estudantes, oferecendo a oportunidade de vivenciar experiências reais e inovadoras, conectando teoria e prática com os desafios enfrentados pelo setor agrícola.

A presença do Instituto Federal Goiano e do CEBIO na Vitrine Tecnológica demonstra o compromisso com o desenvolvimento regional e a sustentabilidade no agronegócio. A participação de técnicos administrativos, docentes, estudantes e parceiros foi essencial para o sucesso do evento, destacando a relevância do trabalho colaborativo.



Marcelo Medeiros Santana | Diretor-Geral

IF Goiano  
Campus Iporá

A iniciativa fortalece a pesquisa científica no Campus Iporá e contribui para a formação de profissionais mais preparados, críticos e engajados com as demandas sociais e ambientais.

# APRESENTAÇÃO

A recente Vitrine Tecnológica realizada pelo CEBIO no Campus Iporá destacou a aplicação inovadora de bioinsumos na mandiocultura, reunindo mais de 300 participantes na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Recanto da Paz, em Iporá, Oeste do estado de Goiás.

O evento apresentou diversas estações interativas que demonstraram, *in loco*, como a combinação de microrganismos benéficos, fertilizantes naturais (como pó-de-rocha KMC e GOFOS), resíduos da mandioca e bioestimulantes podem potencializar a produtividade, a sanidade das plantas e a sustentabilidade do modelo produtivo.

Essa vitrine tecnológica foi essencial para promover uma economia circular no campo, valorizando resíduos da mandioca — como ramas, cascas e água residual — na produção de composto enriquecido e na alimentação animal. Além disso, serviu como espaço de aprendizado prático para produtores rurais, estudantes, técnicos e extensionistas, aproximando ciência e prática agrícola sustentável.

A ação fortalece a visibilidade das soluções desenvolvidas pelo CEBIO, fomentando redes colaborativas entre pesquisa, ensino, extensão e comunidades rurais. Com abordagem participativa e *hands-on*, o evento não só validou tecnologias adaptadas ao Cerrado, mas também potencializou a adoção local desses bioinsumos, contribuindo para sistemas agrícolas mais resilientes, inclusivos e alinhados com princípios agroecológicos.



Alexandre Igor Azevedo Pereira | Diretor-Geral do CEBIO



## **CAPÍTULO 1**

# **PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO COM RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE MANDIOCA ENRIQUECIDO COM PÓ DE ROCHA**



## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), tanto do ponto de vista econômico quanto sociocultural, é uma das culturas mais tradicionais e importantes no Brasil. De origem amazônica, também conhecida como aipim, macaxeira ou castelinha, é cultivada há milhares de anos por populações indígenas, sendo incorporada aos sistemas agrícolas de todas as regiões do país a (Guimarães et al., 2017).

É uma cultura que tem se destacado na produção agrícola nacional, principalmente no segmento da agricultura familiar, gerando emprego e renda, especialmente em comunidades rurais, sendo uma atividade de baixo custo e adaptada a diferentes tipos de solo e clima (Freitas Fialho e Vieira, 2013).

Além do consumo *in natura*, a mandioca é base para uma cadeia produtiva diversificada, que inclui produtos como farinha, fécula (polvilho), tapioca, beiju e diversos alimentos industrializados (Coelho e Ximenes, 2020; Araújo, Silva e De Lima Heck, 2021, García et al., 2020). Recentemente, a indústria tem investido na produção de biocombustíveis, rações e até na fabricação de bioplásticos a partir da mandioca (Castro e Moreira, 2016) (Cardoso et al., 2003). Além disso, também é amplamente utilizada na alimentação animal, podendo ser utilizada na forma *in natura* (quando variedades de mesa), ou desidratadas e ensiladas, garantindo alimento para época de seca (Cardoso et al., 2003; Tinini et al. 2021).

No Brasil, EM 2024 cultivou-se 1,26 milhões de hectares com mandioca, resultando em uma produção total de 19,1 milhões de toneladas de raízes. Esta cultura, no processo de produção a campo, quanto nos diversos processos agroindustriais, gera uma quantidade significativa de resíduos, os quais representam desafios ambientais, mas também oportunidades para a geração de produtos de valor agregado (IBGE, 2024).

Dentre estes resíduos, destaca-se a produção de folhas e ramas, que chegam a representar mais de 50% da biomassa produzida pela planta e cepas. Já no processamento, há a produção de cascas, engaço, partes fibrosas das raízes e película (casca fina da raiz).

Além disso, na indústria, a depender do processamento adotado, há também a produção de manipueira (líquido altamente poluente rico em cianeto (Sánchez et al., 2017), liberado durante a prensagem da massa para extração da fécula), bagacilho (fibra seca que sobra após a extração do amido) e águas residuais (provenientes da lavagem das raízes e equipamentos).



Figura 1: Resíduos oriundos da cadeia produtiva de mandioca (a) ramas após a colheita, (b) cascas, película e pontas fibrosas das raízes, (c) água residuária e manipueira.

Estes resíduos, caso não sejam devidamente tratados, podem resultar em problemas ambientais, uma vez que quando descartados sem controle, podem gerar proliferação de vetores, e também contribuir para emissão de gases de efeito estufa. Já a água residuária e a manipueira, por possuírem elevada carga orgânica e ácido cianídrico (no caso da manipueira) podem contaminar os solos, lençóis freáticos e corpos d'água, gerando mau cheiro e morte dos organismos aquáticos.

Existem diversas formas corretas para o reaproveitamento destes resíduos, transformando-os de passivos ambientais em ativos econômicos, fato que pode melhorar a viabilidade econômica da mandiocultura e/ou renda aos produtores rurais.

Neste contexto, a manipueira pode ser utilizada para produção de biogás (Cruz et al. 2021), gerando energia renovável, também pode ser utilizada como matéria prima para produção de fertilizantes e biocarrapaticidas. Já os resíduos sólidos (ramas, cascas, pontas fibrosas das raízes e película), podem ser utilizadas para produção de ração animal, compostagem e adubação orgânica (Teixeira et al. 2011), substrato para produção de cogumelos e produção de biomassa para geração de energia (briquetes ou pellets).

Neste sentido, considerado a quantidade de resíduos resultantes no processo de produção e processamento de mandioca da “UEPE Recanto da Paz”, bem como a necessidade de fertilizantes para implantação das áreas produtivas, optou-se por usar estes resíduos para produção de composto orgânico.

O uso de composto orgânico torna-se uma ferramenta de grande importância para a sustentabilidade do processo produtivo (Menegucci, 2016), pois além de fornecer de forma lenta e gradual os nutrientes essenciais para as plantas, contribui para melhorar a estrutura do solo, aumentando seu teor de matéria orgânica, favorecendo para maior infiltração e retenção de água. Além disso, também estimula a vida microbiana do solo, contribuindo para uma maior biodiversidade e equilíbrio ecológico.

## **Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – Recanto da Paz, localizada na zona rural no município de Iporá-GO. Nesta propriedade, cultiva-se aproximadamente 4,0 hectares de mandioca de mesa, sendo as raízes, utilizadas para produção de toletes, chips e mandioca palito, comercializados nos municípios da região.

No processo produtivo adotado, como resíduos tem-se no campo grande quantidade de ramas, folhas e cepas (Figura 1a), e na indústria, há a produção de cascas, pontas fibrosas das raízes (Figura 1b) e água residuária oriunda da lavagem das raízes (figura 1c).

Considerando a produção de compostos orgânicos e seu potencial e uso com fertilizante no cultivo da mandioca, optou-se por utilizar remineralizadores de solo derivados de nefelina-sienito e de carbonatito-fosfático (produtos comerciais KMC e GOFOs), visando aumentar o teor de nutrientes nos compostos a serem produzidos.

Após a colheita da mandioca, sua parte aérea (ramas e folhas) foi passada em um triturador tratorizado de forragem, visando padronização do tamanho das partículas (1 a 3 cm), para facilitar a montagem das leiras e também o processo de compostagem.

Após a trituração da parte aérea, procedeu-se a montagem das leiras. Visando identificar como o uso de pó de rocha afetaria os atributos químicos do composto orgânico a ser produzido. Assim, com base na massa de cada material utilizou-se as proporções elencadas na Figura 2 visando a dois compostos distintos, sendo: composto 1: 70% de material fibroso + 20% de esterco de curral + 10% de pó de rocha nefelina-sienito (KMC) e composto 2: 60% de material fibroso + 20% de esterco de curral + 10% de pó de rocha nefelina-sienito (KMC) + 10% de pó de rocha carbonatito fosfático (GOFOs).



Figura 2: Processo adotado para a padronização do material fibroso (parte aérea da mandioca) e montagem das leiras de compostagem para o Composto 1 e Composto 2. UEPE Chácara Recanto da Paz, 2024.

Cada pilha de compostagem foi montada com aproximadamente 4m de comprimento x 1,5 m de altura, utilizando-se cinco camadas de cada material, seguindo a sequência rama de mandioca triturada/esterco de curral/pó de rocha. Após a deposição de cada conjunto de camada, efetuou-se a pulverização de solução com microrganismos aceleradores de compostagem (produtos comerciais Pankada + Fourblend), na dosagem de 100mL de cada produto / 20L de água (Figura 2). No final da montagem de cada leira, para evitar perda de umidade e de nutrientes por volatilização, utilizou-se material fibroso (rama de mandioca triturada).

Após a montagem das leiras, monitorou-se sua temperatura interna com uma barra de ferro, que era cravada até o interior da leira. Sempre que a barra, ao ser retirada da pilha estivesse quente, apresentando dificuldade para ser segurada com a mão, efetuava-se o seu revolvimento para proporcionar melhor aeração e resfriamento do material compostado.

No decorrer do processo, para umedecimento das leiras, utilizou-se a água residuária resultante da lavagem e beneficiamento das raízes da mandioca, rica em amido. Nestas condições, o material compostado levou de 90 a 120 dias para estabilizar.

Considerando a disponibilidade de material para realização da compostagem estava atrelado ao processo de colheita da mandioca, as leiras dos compostos orgânicos foram montadas em diferentes épocas, sendo a leira do composto feita em no início de setembro de 2024 e a leira do composto no início de outubro de 2024. Após a estabilização do material, no início de janeiro de 2025 realizou a coleta das amostras para as análises químicas e físicas, momento em que o composto 1 estava com 120 dias e o composto 2 com 90 dias após a montagem da leira.

Inicialmente as amostras coletadas forma postas para secar ao ar. Na sequência, realizou-se o fracionamento físico das mesmas com o uso de agitador eletromagnético de peneiras para obtenção das frações  $> 4,76\text{mm}$ ,  $2,00$  a  $4,76\text{mm}$  e  $< 2,00\text{mm}$ . Na sequência, o material retido em cada peneira foi pesado em balança de precisão, sendo o resultado expresso em % em relação a massa total utilizada para a análise.

Também seguindo a metodologia de Mendonça e Matos (2017) realizou-se a determinação do teor de carbono orgânico e o fracionamento químico da matéria orgânica presente nestes compostos, obtendo-se o teor de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas. Além disso também foi feito a análise química destes compostos, detemrnando-se o pH, umidade, relação C/N, teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), Zinco (Zn) e potássio (K) total orgânico.

## Resultados e Discussão:

Os compostos apesar de ambos já estarem estabilizados no momento da coleta das amostras para análises, apresentaram composição granulométrica distintas, obtendo-se para o composto 1, 59,7% de sua massa presente na fração menor que <2,00mm, 20,8% na fração de 2,00-4,76mm e 21,2% na fração >4,76mm. Já para o composto 2, este apresentou uma composição física mais equilibrada, obtendo-se aproximadamente um terço da massa deste composto em cada uma destas frações.

Esta diferença na composição granulométrica deste compostos, apesar de ambos já estarem estabilizados possivelmente se deve ao tempo de compostagem após a montagem das leiras, assim como o composto 1 estava a mais de 120 dias nesta condição, favoreceu para uma maior mineralização das frações mais grosseiras, proporcionando um composto com frações mais finas. Nesta condição, e utilizando os resíduos da mandioca, caso seja o objetivo a comercialização deste composto, o ideal é que o mesmo fique por pelo menos 120 dias em compostagem.

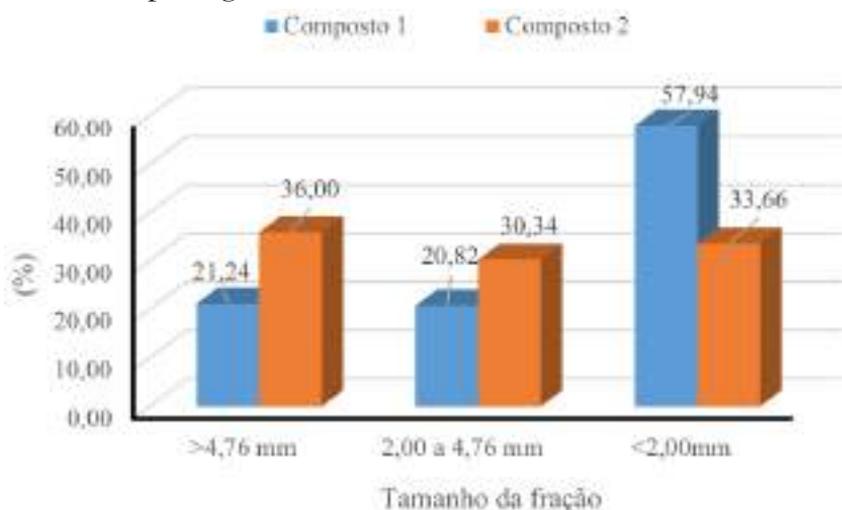


Figura 3: Composição granulométrica dos compostos produzidos com resíduos da cadeia produtiva da mandioca e enriquecidos com pó de rocha (composto 1 com 120 dias de compostagem e composto 2 com 90 dias de compostagem).

Em relação aos dados obtidos para o carbono orgânico e o fracionamento químico da matéria orgânica, observa-se que o tempo de compostagem também influenciou o teor de carbono orgânico nestes compostos, obtendo-se  $114,7 \text{ g.kg}^{-1}$  para o composto 1 e  $96,3 \text{ g.kg}^{-1}$  para o composto 2 (Figura 4). Já para as frações químicas da matéria orgânica, composta pelas huminas, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, os resultados foram semelhantes para ambos os compostos testados.

O maior teor de C orgânico no composto 1 possivelmente está associado ao maior tempo de compostagem que o mesmo sofreu, possibilitando assim que maior proporção do material fibroso utilizado na compostagem fosse convertido a carbono orgânico pelos microrganismos decompositores. No entanto, mesmo com uma diferença de aproximadamente 30 dias no tempo de compostagem, ambos os compostos apresentaram teores elevados de huminas, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos.

Caron, Graça e Castro (2015) destacam que os ácidos húmicos e fúlvicos, naturalmente resultam da decomposição da matéria orgânica e são capazes de estimular alterações fisiológicas nas plantas, as quais podem contribuir para um melhor desenvolvimento, o que é essencial para que se obtenha ganhos em produtividade. Assim, e considerando os teores de huminas, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos nos mesmos, infere-se que estes, ao serem utilizados como fertilizante orgânico no cultivo da mandioca, devido a elevada presença destas substâncias húmicas, podem vir a estimular o crescimento das plantas, e conseqüentemente, melhorar a produtividade da cultura.

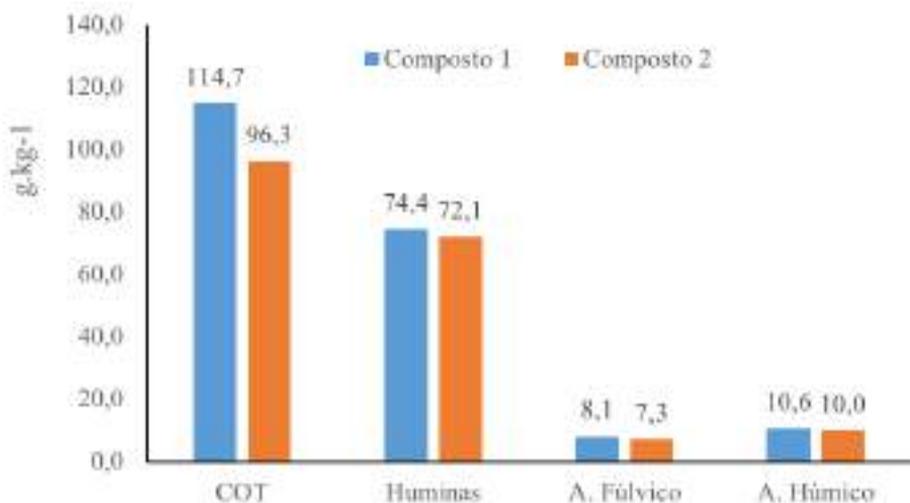


Figura 4: Teor de carbono orgânico e fracionamento químico da matéria orgânica dos compostos produzidos com resíduos da cadeia produtiva da mandioca e enriquecidos com pó de rocha (composto 1 com 120 de compostagem e composto 2 com 90 dias de compostagem).

Quanto a composição química dos compostos orgânicos produzidos (Tabela 1), com a adição do pó de rocha derivado de nefelina-sienito (produto comercial KMC) na proporção de 20% de sua massa, observa-se no composto 1 teores bons dos micronutrientes ferro, cobre, manganês e zinco, o que o torna seu uso uma fonte atraente destes elementos para as plantas, uma vez que sua liberação, por estarem associados a formas orgânicas, é lenta e gradual. Já para os macronutrientes, este composto apresentou teor adequado de potássio ( $K_2O$  total), e teores baixos de fósforo, nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre. O teor mais elevado de potássio possivelmente está associado a adição do pó de rocha KMC na montagem da leira, o qual, no processo de compostagem acabou disponibilizando parte do potássio presente em seus minerais, enriquecendo-o quimicamente. Já para o composto 2, tendo em vista aspectos nutricionais das plantas, a adição de 10 % de KMC + 10 % de GOFOs (carbonatito fosfático), proporcionou melhora expressiva na sua composição química quando comparado com o composto 1.

Tabela 1: Composição química dos compostos produzidos com resíduos da cadeia produtiva da mandioca e enriquecidos com pó de rocha (composto 1 com 120 de compostagem e enriquecido com KMC e composto 2 com 90 dias de compostagem e enriquecido com KMC e GOFÓs).

	COMPOSTO 1	COMPOSTO 2
pH	6,8	6,7
Mat. Org. (%)	23,1	24,1
Umidade (%)	4,3	3,9
Rel. C/N	22,3	17,4
P2O5 total (%)	0,16	2,38
Nitrogênio (%)	0,60	0,80
Cálcio (%)	0,70	2,03
Magnésio (%)	0,25	1,03
Enxofre (%)	0,14	0,15
Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	18	90
Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	1455	1964
Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	263	5134
Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	79	296
C. Org. (%)	13,4	13,9
K2O total org. (%)	2,65	2,89

Observa-se que a adição de GOFÓs na proporção de 10% da massa total do composto 2 resultou incrementos expressivos nos teores de cobre (400%), ferro (33,3%), manganês (1852%), e zinco (274,8%). Também afetou de forma acentuada os teores de macronutrientes, proporcionando aumento nos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. O incremento destes elementos possivelmente está associado a presença dos minerais primários na composição mineralógica deste carbonatito fosfático, que possui 35,06% de biotita/annita, 25,7% de sanidina, 19,01% de fluorapatita, 14,6% de goethita, 3,89% de calcita, 0,93% de rutilo e 0,80% de diopsídio.

Os resultados químicos obtidos neste trabalho denotam o potencial que o uso do pó de rocha deste carbonatito fosfático (GOFÓs) possui em melhorar os teores de macro e micronutrientes no composto orgânico oriundo dos resíduos de mandioca, no entanto, remete também atenção no seu uso, uma vez que, caso aplicado em maiores quantidades pode vir a resultar em efeitos fitotóxicos nas plantas devido ao teor elevado manganês.

Neste contexto, observa-se que com o uso dos resíduos do complexo produtivo da cultura da mandioca é possível produzir um composto orgânico de elevada qualidade, considerando os teores das substâncias húmicas presentes no mesmo, bem como é possível enriquece-lo quimicamente, tornando-o além de melhorador dos atributos físicos e biológicos do solo, importante fonte de nutrientes para as plantas, demonstrando ser esta prática uma alternativa altamente promissora, principalmente quando se busca reduzir a quantidade de fertilizantes químicos utilizado no processo produtivo da mandioca, reduzindo os custos de produção e proporcionado assim maior sustentabilidade no sistema produtivo utilizado.

### **Considerações finais**

O uso dos resíduos da cadeia produtiva da mandioca demonstrou ser uma alternativa promissora para produção de fertilizante orgânico com elevado teor de substâncias húmicas, . Com a adição do pó de rocha carbonatita houve um enriquecimento acentuado no teor, tanto dos macronutrientes, quanto dos micronutrientes presentes no composto orgânico resultante, que pode vir a ser utilizado nas áreas onde será cultivado mandioca, contribuindo para redução da quantidade de fertilizantes químicos, e conseqüentemente, melhorando de forma sustentável o processo de produção de mandioca. Neste contexto, a produção de compostos orgânicos enriquecidos com pó de rochas pode ser uma forma ambientalmente adequada e eficiente para a gestão dos resíduos (cascas, ramas, cepas e água residuária) nos mais diversos sistemas de produção adotados no cultivo da mandioca.

## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, É. de O.; DA SILVA, P. M.; DE LIMA HECK, C. R.. Análise comportamental do agronegócio da mandioca no Brasil e no estado do Amazonas de 2006 a 2015. *Acta Geográfica*, v. 15, n. 38, p. 102-123, 2021.

CARDOSO, C. E. L. Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil, 2003. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

CARON, V.C.; GRAÇAS, J.P.; CASTRO, P.R.C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: USP/ESALQ. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/file/2140/download?token=e4cGslyJ>. Acesso em: 22 jun. 2025. 2015.

CASTRO, J.E.G.; MOREIRA, C.A.L. Aspectos Econômicos e Sociais da Cadeia Produtiva da Mandioca no Brasil. *Revista Científica FACPED*, v. 2, n. 2, 2016. Disponível em: <http://revista.facped.com.br/index.php/rcdr/article/view/109/99>. Acesso em: 10 Ago. 2024.

COÊLHO, J. D.; XIMENES, L. F. Mandioca e seus derivados. *Caderno Setorial, ETENE*, ano 5, nº128, set. 2020

CRUZ, I.A.; ANDRADE, L.R.S.; BHARAGAVA, R.N.; NADDA, A.K.; BILAL, M.; FIGUEIREDO, R.T.; FERREIRA, L.F.R. Valorization of cassava residues for biogas production in Brazil based on the circular economy: An updated and comprehensive review. *Cleaner Engineering and Technology*. v. 4; 2021.

FREITAS FIALHO J., VIEIRA E.A. Mandioca no Cerrado: orientações técnicas. 2. Ed.rev. e amp. Brasília-DF. 213p. 2013.

GARCÍA, M.A.; FLORENCIA, V.; OLIVIA, V.L. Exploitation of by-products from cassava and ahipa starch extraction as filler of thermoplastic corn starch. *Compos. B. Eng.*, 182 (2020), Article 107653.

GUIMARÃES, D.G.; PRATES, C.J.N.; VIANA, A.E.S.; CARDOSO, A.D.; TEIXEIRA, P.R.G.; CARVALHO, K.D. Caracterização morfológica de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Scientia Plena*, v.13, n.9, p.1-11, 2017

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censoagropecuario>. Acesso em 20/10/2024.

MENEGUCCI, N.C. Produção de compostos orgânicos com resíduos da indústria de farinha de mandioca. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*. n. 29, 2016. ISSN 677-0293.

SÁNCHEZ, A.; LOPES, Y.; ARAÚJO, R.; COHIM, E. Waste bio refineries for the cassava starch industry: new trends and review of alternatives. *Renew. Sustain. Energy Rev.* v. 73 p. 1265-1275. 2017.

TEIXEIRA, S.T.; ALVES, L.S.; SILVA, A.L.F.; ÁLVARES, V.S.; FELISBERTO, F.A.V. Reciclagem agrícola de manipueira e casca de mandioca. *Comunicado Técnico 179*. Embrapa, Rio Branco, AC. 6 p. 2011.

TININI, R. C. dos R. et al. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação Revisão de literatura. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, p. e2405-e2405, 2021.



## **CAPÍTULO 2**

**USO DE PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE POTÁSSIO ASSOCIADO A INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES**



## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma cultura com destaque na conjuntura social e econômica mundial, devido à sua rusticidade, adaptabilidade e diversidades de usos. É uma das culturas mais promissoras para atender à crescente demanda de alimentos no mundo. Além de ser a base alimentar de milhões de pessoas em regiões tropicais, desempenha papel fundamental na segurança alimentar, especialmente em comunidades rurais e populações de baixa renda. Sua capacidade de crescer em solos de baixa fertilidade e em condições climáticas adversas a torna uma alternativa estratégica diante das mudanças climáticas e da escassez de insumos (Immanuel et al., 2024).

Dentre os nutrientes, potássio (K) cumpre um papel essencial para o desenvolvimento das plantas, uma vez que participa de diversas atividades e processos fisiológicos, bem como na regulação osmótica, ativação de enzimas, absorção de água do solo, formação de amido, síntese proteica, promove maior resistência a doenças, favorece a formação e peso dos grãos (Taiz et al., 2017). Em solos tropicais a reposição de K é altamente dependente de fertilizantes minerais, no Brasil o cloreto de potássio (KCl) é o principal fertilizante usado na agricultura como fonte de K (Crusciol et al., 2022).

Segundo a ANDA (Associação Nacional de Difusão de Adubos) no ano de 2023 o Brasil importou de outros países 96% do KCl consumido. Isso resulta em uma elevada dependência externa, além de aumentar os custos de produção (Freire et al., 2023).

Segundo Oliveira-Paiva et al. (2022), uma estratégia para reduzir a demanda de fertilizantes importados atendendo o consumo interno é a aplicação de remineralizadores “pó de rocha” ao solo associado ao uso de microrganismos, que podem maximizar a liberação e absorção dos nutrientes, principalmente fósforo e potássio. Relacionado a isso, Martins et al. (2010) relata que o Brasil possui uma grande riqueza geológica, com potencial para uso como remineralizadores de solo.

A utilização de microrganismos solubilizadores combinada com o pó de rocha pode aumentar a disponibilidades de nutrientes para as plantas por meio do intemperismo acelerado. Esses organismos formam associações com as raízes das plantas, solubilizando e liberando minerais no solo que auxiliam no crescimento das plantas (Corrêa et al., 2025). Estudos desenvolvidos, principalmente em países da Ásia, têm demonstrado que diversos grupos de microrganismos, como bactérias e fungos, têm a capacidade de solubilizar o K, sendo amplamente utilizados como inoculantes e como biofertilizantes na Índia Coreia e China (Sattar et al., 2019).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar o uso de pó de rocha como fonte de potássio associado a inoculação de microrganismos solubilizadores.

## **Metodologia**

Os dados apresentados e discutidos neste trabalho referem-se a resultados parciais de um macro projeto de pesquisa, os quais foram apresentados em formato de Dia de Campo, intitulado Vitrine Tecnológica: Uso de Bioinsumos na Mandiocultura.

Este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) Recanto da Paz, do IF Goiano, localizada na zona rural do município de Iporá, Goiás. Essa propriedade tem como atividade principal, a produção e o beneficiamento da mandioca de mesa in natura. A instalação do experimento na área corresponde ao segundo ano consecutivo com a cultura da mandioca, uma vez que, nos anos anteriores, a área era ocupada por pastagens de capim *Brachiaria*.

Antecedendo ao preparo da área, realizou-se uma coleta de amostra do solo de 0,0-20 cm de profundidade para realização da análise química. Com base no resultado da interpretação da análise de solo, foi aplicado 1,5 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. Posteriormente, para incorporação do corretivo e melhorias nos atributos físicos do solo, realizou-se uma gradagem com uma grade aradora intermediária.

O experimento foi montado em faixas com parcelas subdivididas no esquema fatorial 3 x 8, com 3 repetições. Nas parcelas, foram testadas 3 fontes de potássio equivalente a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> usando o pó de rocha nefelina sienita (KMC<sup>®</sup>) comparado ao fertilizante químico Cloreto de Potássio (KCl), sendo os tratamentos: 100% de pó de rocha, 50% pó de rocha + 50% KCl e 100% KCl. E nas subparcelas, foram testados 8 tratamentos com microrganismos solubilizadores: Testemunha, *Bacillus amyloliquefaciens* (Bam), *Bacillus aryabhattai* (Bar), *Cladosporium cladosporioides* (Cla), Bam + Bar; Bam + Cla; Bar + Cla e Bam + Bar + Cla.

Figura 1. Análise química dos óxidos maiores analisados do pó de rocha KMC®.

Óxidos Analisados (%)	AMOSTRAS ANALISADAS	
	BASE ÚMIDA	
	<i>Amostra KMC Minério Primário</i>	<i>Amostra KMC Minério Secundário</i>
SiO <sub>2</sub>	56,95	58,02
TiO <sub>2</sub>	0,34	0,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,17	22,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,74	2,36
MnO	< LQ	< LQ
MgO	< LQ	0,39
CaO	0,79	< LQ
Na <sub>2</sub> O	5,28	0,67
K <sub>2</sub> O	11,93	11,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< LQ	< LQ
SO <sub>3</sub>	< LQ	< LQ
LOI (%)	1,17	3,20
SOMA (%)	99,36	99,23

(< LQ) = Abaixo do limite quantificável.

No dia 06/06 2024 foi realizado o plantio, adotando a técnica de enleiramento do solo para formação de mulchões, sobre os quais foram abertas manualmente as covas para plantio das manivas, adotando o espaçamento 1,2 m entre linhas e 0,9m entre plantas, totalizando um estande de 9250 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de bases foi realizada baseando-se no resultado da interpretação da análise de solos.

Foi distribuído igualmente nas covas de plantio em todos os tratamentos 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante Fosfato Monoamônico (MAP) como fonte fosforo. Como fatores da avaliação experimental, o pó de rocha nefelina-sienito e o KCl foram aplicados no plantio em doses equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O de acordo com cada tratamento. A lavoura foi conduzida em sistema irrigado via gotejamento.

No plantio utilizou manivas da mandioca de mesa cultivar IAC Vassourinha Branca. As manivas foram previamente padronizadas por diâmetro e comprimento (20 cm). Visando estimular uma maior emissão de raízes e atender a demanda padrão de manejo da fazenda, após a seleção e corte das manivas, foi realizado em cada uma um anelamento com aproximadamente 0,5 cm de largura. Em seguida, as mesmas foram imergidas por 5 minutos em uma solução contendo enraizador a base de ácido indol-butírico + bioestimulante (Agressive® Desperta), na dose de 180 ml ha<sup>-1</sup>.

O experimento é composto de 30 plantas por tratamento. Para obtenção de dados provenientes da colheita, foram coletadas apenas 3 plantas aleatórias por tratamento, sendo considerado cada planta uma repetição, afim de não comprometer o projeto, uma vez que esses dados coletados e divulgados tratam de resultados parciais de um macro projeto de pesquisa.

Os microrganismos utilizados no experimento foram produzidos e fornecidos pelo CEBIO (Centro de Excelência em Bioinsumos) – Unidade de Iporá, parceiro no desenvolvimento do projeto. Independente do microrganismo, o inoculante preparado manteve a concentração de  $2 \times 10^8$  UFC ml<sup>-1</sup>. Sua distribuição foi realizada diretamente sobre as manivas no momento do plantio com o auxílio de uma seringa na dose de 3 L ha<sup>-1</sup> de inoculante, aplicando-se 10 ml de calda por cova conforme cada tratamento. Quando coinoculado, utilizou-se a mesma dose para cada inoculante produzido.

A adubação nitrogenada foi realizada em cobertura, na dose de 100 Kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelada em duas aplicações (60 e 90 dias pós plantio). Utilizou como fonte de N, ureia (140 kg ha<sup>-1</sup> e sulfato de amônio (200 kg ha<sup>-1</sup>).

Quanto aos tratamentos fitossanitários, foram realizados durante a condução do experimento três capinas manuais para controle de plantas daninhas, e para o controle de pragas e doenças foram realizados controles químicos, com três aplicações de fungicida para controle de fusariose e duas aplicações de inseticida para controle de mosca branca.

A colheita foi realizada no dia 19/05/2025 coletando-se manualmente 3 plantas por tratamento. Foram avaliadas as variáveis peso da parte aérea, altura de plantas, diâmetro do caule, número de raízes/planta, índice de colheita e produtividade. O peso da parte aérea foi obtido pesando com auxílio uma balança digital toda a parte aérea da planta, juntamente com a cepa. Obteve-se a altura de plantas medindo com uma trena a altura do solo até o dossel da planta. O Diâmetro foi coletado medindo se o diâmetro das plantas a 10 cm de altura do solo com um paquímetro. O número de raízes por planta foi obtido a partir da contagem de todas as raízes comerciais de cada planta. O índice de colheita é a relação entre o peso de raízes e o peso total da planta. A produtividade foi obtida multiplicando o peso das raízes pelo estande de plantas. Para o cálculo de produtividade, foi considerado um estande de 8700 plantas por ha.

Após tabulação, todos os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F a 5%, e quando detectado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa SASM-Agri.

## Resultados e Discussão:

Os dados analisados revelam que não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados para as variáveis diâmetro do caule, peso da parte aérea e produtividade. No entanto, a produtividade do tratamento com 100% de pó de rocha foi 11 toneladas superior à do tratamento com 100% de KCl (Figura 2). Esses resultados são promissores, pois demonstram que há eficiência no pó de rocha nefelina sienito, se assemelhando ao KCl na produção de raízes de mandioca. Resultados semelhantes tem sido observado em estudos realizados com outras culturas, utilizando pó de rocha como fonte de potássio.

Soratto et al. (2021) avaliaram fontes de K, comparando KCl com rochas fonolíticas (K2) e sílicas fundidas (K1), em rotações de soja, milho e trigo. Os autores observaram que a eficiência agrônômica dessas rochas (K1, K2) foi equivalente ou superior ao KCl, além de apresentarem efeito residual mais prolongado. Essa liberação gradual evita a salinização e o desequilíbrio nutricional frequentemente associados às fontes solúveis como o KCl. Mancuso et al. (2014) realizando experimentos com café arábica, testando os efeitos do pó de rocha fonolítica (Ekosil<sup>®</sup>) como fonte de potássio, na dose de 150 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> alcançou produtividade semelhante àquela obtida com KCl, confirmando a eficiência desse insumo como suprimento de k para a cultura do café.

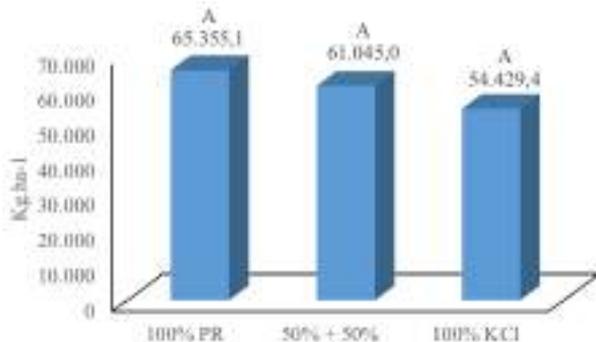


Figura 2: Produtividade média de raízes de mandioca (kg ha<sup>-1</sup>) dos tratamentos com 100% pó de rocha (100% PR), 50% pó de rocha + 50 % KCl (50% + 50%) e 100% KCl. Médias seguidas da mesma letra não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A adição do pó de rocha aumentou o número de raízes por planta de mandioca (Figura 3). Esse aumento no número de raízes não foi suficiente para proporcionar uma maior produtividade as plantas, como visto na figura 2. Provavelmente essa igualdade estatística na produtividade, mesmo com 11 toneladas a mais, se deve ao alto coeficiente de variação (CV) das médias avaliadas. Como se trata de dados parciais do projeto, ainda com baixo número de amostragens por tratamento, é esperado que o CV seja alto. Sendo assim, pode-se observar que os dados demonstram uma tendência de maior produtividade para os tratamentos onde se utilizou o pó de rocha.

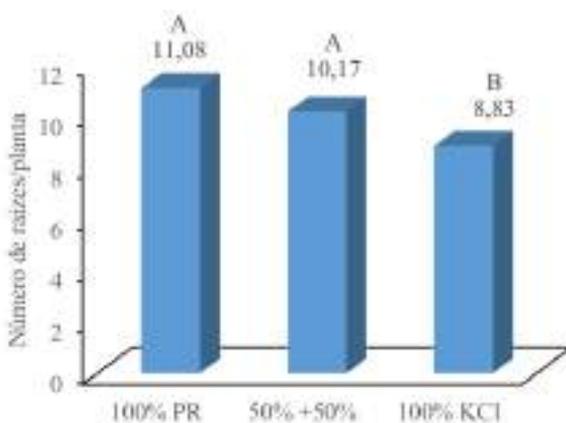


Figura 3: Número médio de raízes por planta de mandioca dos tratamentos com 100% pó de rocha (100% PR), 50% pó de rocha + 50 % KCl (50% + 50%) e 100% KCl. Médias seguidas da mesma letra não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve efeitos significativos entre os tratamentos biológicos para as variáveis produtividade, diâmetro do caule e peso da parte aérea. No entanto, como mostrado na Figura 4, observou-se redução na altura das plantas de mandioca nos tratamentos com inoculação de microrganismos, associados ao uso de 100% KCl. É possível que a combinação microrganismo e KCl tenha criado um desequilíbrio nutricional nas plantas.

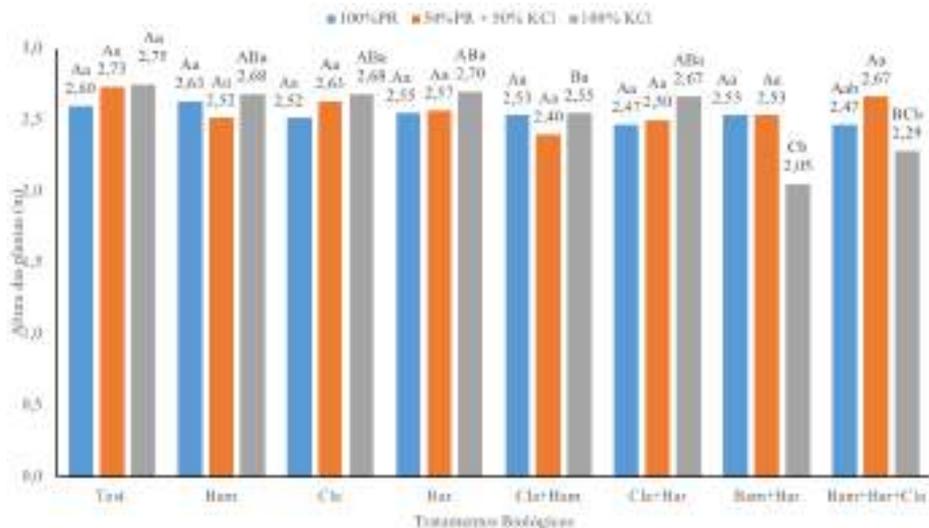


Figura 4: Altura das plantas (m) de mandioca de três fontes de potássio (100% pó de rocha (100% PR), 50% pó de rocha + 50 % KCl (50% + 50%) e 100% KCl) associados aos tratamentos com biológicos (Testemunha (test.), *Bacillus amyloliquefaciens* (Bam), *Bacillus aryabhatai* (Bar), *Cladosporium cladosporioides* (Cla), Bam + Bar; Bam + Cla; Bar + Cla e Bam + Bar + Cla) Médias seguidas da mesma letra maiúscula não se diferem entre microrganismos de mesma fonte de potássio. Médias seguidas da mesma letra minúscula não se diferem entre fontes de potássio dentro do tratamento biológico pelo teste de Tukey a 5%.

Fontes de alta solubilidade e rápida liberação de potássio como o KCl, podem causar deficiência de Mg nas plantas, pois além do alto índice salino, podem diminuir as relações de Ca:K e Mg:K no solo. Nesse sentido a mineralogia do pó desempenha papel estratégico, visto que rochas silicatadas liberam potássio de forma gradual, além de fornecer outros nutrientes como o silício, melhorando a saúde do solo e a qualidade nutricional e estrutural das plantas (Crusciol et al., 2022).

Bueno et al. (2022) em seu estudo com soja e milho testando 10 concentrações de inóculos de *B. Subtilis* e 4 doses de fertilizantes observaram que as maiores doses de inóculo aumentaram a necessidade de fertilidade do solo pelas plantas. Propuseram que essas altas concentrações de inóculo promoveram um aumento na população bacteriana da rizosfera e, como consequência, mais metabólitos fotossintéticos das plantas e mais nutrientes do solo são necessários. Havendo assim, a necessidade de aumentar a fertilização mineral para o crescimento das plantas.

## Considerações finais

O pó de rocha nefelina sienito demonstrou ser uma alternativa eficiente como fonte de K para a cultura da mandioca, visto que os tratamentos com esse remineralizador obtiveram desempenho agrônômicos equivalentes aos com cloreto de potássio (KCl).

Os tratamentos biológicos associados ao KCl apresentaram menor crescimento das plantas, demonstrando um possível desequilíbrio nutricional nas plantas. Mais estudos devem ser realizados a fim de obter mais informações sobre as interações desses microrganismos com as plantas, quando submetidos a fertilizantes químicos solúveis e remineralizadores.

## Referências Bibliográficas

Bueno, C. B., dos Santos, R. M., Buzo, F. de souza, Silva, M. S. R. de A., & Rigobelo, E. C. (2022). Effects of Chemical Fertilization and Microbial Inoculum on *Bacillus subtilis* Colonization in Soybean and Maize Plants. *Frontiers in Microbiology*. V. 13, jul. 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.901157>.

Corrêa, J. D. S., Araújo, D. A. de O., Rodrigues, A. C. P. S., Brito, O. G., Gusmão Júnior, G. R., & Rodrigues, T. T. M. S. Rock powder application combined with bacterial inoculation enhances the early growth of coffee plants. *Ciencia e Agrotecnologia*, v.49, Jan. 2025. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549024124>.

Crusciol, C. A. C., Soratto, R. P., Gilabel, A. P., Costa, C. H. M., Campos, M., Castro, G. S. A., & Ferrari Neto, J. Broadcast application of ground silicate rocks as potassium sources for grain crops. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, V.57, e02443, jul. 2022. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2022.V57.02443>.

Freire, Y.B.D., I.S. Fonseca, A.D. Renato, R.R. Valicheski, S.S.C. Oliveira & S.L.K. Stürmer. Uso do pó de rocha nefelina-sienito como fonte alternativa de potássio no cultivo da soja. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. v. 16, n. 4, e11565, 2023.

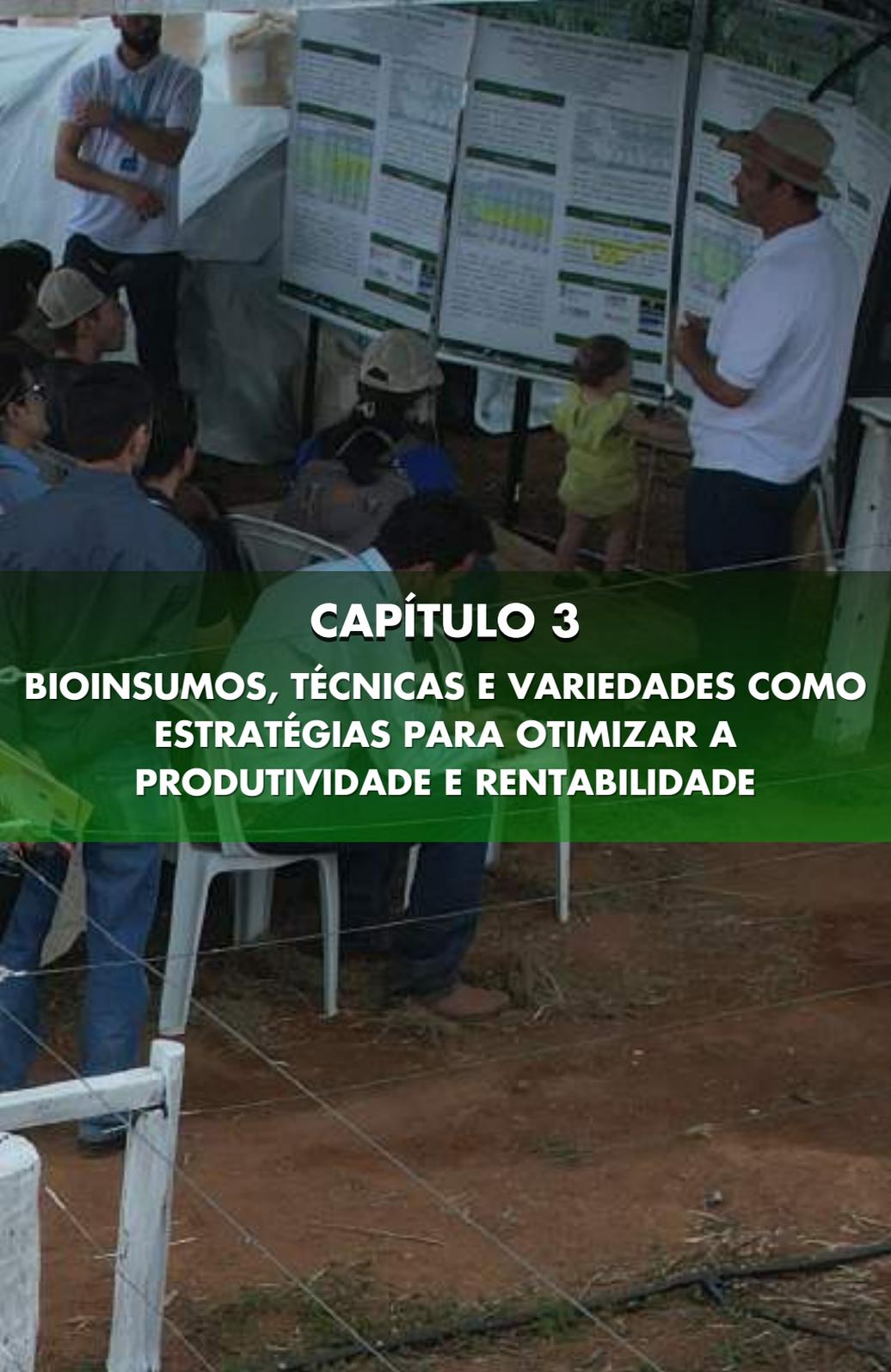
Immanuel, S., Jaganathan, D., Prakash, P., & Sivakumar, P. S. Cassava for Food Security, Poverty Reduction and Climate Resilience: A Review. *Indian Journal of Ecology*, v. 51, p. 21–31, jan. 2024. <https://doi.org/10.55362/ije/2024/4191>

Mancuso, M. A. C., Soratto, R. P., Carlos, A. C. C., & Gustavo, S. A. C. Mauricio Antonio Cuzato Mancuso et al. EFFECT OF POTASSIUM SOURCES AND RATES ON ARABICA COFFEE YIELD, NUTRITION, AND MACRONUTRIENT EXPORT. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. Ed. 38, p. 1448-1456, out. 2014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500010>.

MARTINS, E.S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C.G.; FURTINI NETO, A. E. Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B. da; CASTILHOS, Z. C. (Org.). *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, p. 89-104, 2010.

Sattar, A., M. Naveeda, M. Alia, Z. Zahira, S. Nadeemb, M. Yaseena, V.S. Meenac, M. Farooqd, R. Singhe, M. Rahmanf & H.N. Meena. Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: a review. *Applied Soil Ecology*, v. 133, p. 146-159, 2019. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.09.012.

Soratto, R. P., Crusciol, C. A. C., Campos, M., Gilabel, A. P., Costa, C. H. M., Castro, G. S. A., & Ferrari Neto, J. Efficiency and residual effect of alternative potassium sources in grain crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.56, e02686, nov. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2021.V56.02686>.



## **CAPÍTULO 3**

**BIOINSUMOS, TÉCNICAS E VARIEDADES COMO  
ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A  
PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE**

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie nativa do Brasil que se destaca no cenário agrícola nacional e internacional, uma vez que é importante fonte de carboidratos para a alimentação humana e animal, bem como geradora de emprego e renda (Freitas Fialho e Vieira, 2013). No Brasil, a maior parte de seu cultivo é realizado por pequenos produtores que atuam como agricultura familiar, sendo mais de 70% do plantio realizado em áreas inferiores a 10 hectares (IBGE, 2023), fato que implica em maior atividade de integração com outros sistemas agropecuários visando redução dos custos de produção.

Esta cultura, apesar de sua rusticidade, responde de forma positiva a práticas de manejo e preparo do solo (aração, gradagem e subsolagem), a tratamentos fitossanitários (controle de doenças, plantas daninhas e pragas), e principalmente, ao uso de corretivos de solo e fertilizantes.

A mandioca apresenta elevada interação com diversos microrganismos do solo (Teixeira et al. 2007, Lopes et al. 2019, Ferreira et al. 2021), porém até o momento pouco conhece sobre o uso potencial de inoculantes a base de *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, necessitando trabalhos sejam desenvolvidos, pois inoculantes biológicos podem se tornar alternativas para melhorar o desenvolvimento e produtividade. Para (Dobbelaere et al. 2001), alternativa biológicas como o uso de *Azospirillum brasilense* que auxilia no fornecimento de N para as plantas deve ser priorizada, pois além de ecológicamente corretas, pode reduzir os custos com fertilizantes nitrogenados, melhorando a viabilidade econômica da atividade desenvolvida. Estes autores também relatam que o uso induz a produção de fitohormônios, estimulando o desenvolvimento das raízes e o crescimento das plantas.

Cabe destacar que o Estado de Goiás foi pioneiro ao instituir, em consonância com o movimento nacional, o Programa Estadual de Bioinsumos, pela Lei nº 21.005 de 14 de maio de 2021. O programa tem como objetivo expandir a adoção de práticas que promovam a evolução do setor agropecuário, incluindo o aumento da produção, o desenvolvimento e a utilização de bioinsumos e sistemas de produção sustentáveis. O Centro de Excelência em Bioinsumos (Cebio) parceiro desta proposta é um exemplo dos esforços empreendidos para a promoção de uma agricultura regenerativa, posto que, o uso de bioinsumos, especialmente por pequenos produtores, ainda apresenta diferentes desafios, dado que os resultados de maior impacto são percebidos no longo prazo, fruto do efeito residual no solo quanto aos macros e micronutrientes.

Sob esse prisma, com o avanço das tecnologias agrícolas, o uso de inoculantes biológicos têm surgido como uma alternativa promissora para aumentar a produtividade e a sustentabilidade da cultura. No entanto, é crucial para o pequeno produtor analisar os custos de oportunidade associados a essa prática para tomar decisões informadas e maximizar seus benefícios. Além disso, essa abordagem está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da “Agenda 2030” da Organização das Nações Unidas (ONU), especificamente com o “ODS 15 – Vida terrestre: Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade”.

## Metodologia

O presente estudo consistiu em realizar uma pesquisa aplicada, o que segundo Zanella (2013) está voltada para a aplicação imediata em uma determinada realidade, à luz de descobertas científicas acerca do tema, ou seja, apresenta solução para um problema concreto. Para tanto, a partir dos referidos ensaios experimentais que comparou o uso de bioinsumos “pó de rocha (KMC)” nas proporções de  $\frac{1}{2}$  (t/ha) e 1 (t/ha) em substituição total e ou parcial de cloreto de potássio (KCL), equiparou-se os resultados de produtividade, bem como custos de oportunidade da avaliação comparativa considerando a condição de referência o protocolo adotado pela propriedade rural.

O levantamento dos custos de produção para análise do custo de oportunidade foi obtido a partir do acompanhamento em condições de campo no período de agosto de 2024 a maio de 2025 no experimento conduzido na Chácara Recanto da Paz, localizada na Zona Rural de Iporá, Goiás. A comparação como o protocolo padrão de produção foi feita utilizando os custos de produção apurados no mesmo talhão de plantio que recebeu as mesmas condições de tratamentos de base, diferenciando apenas na proporção do uso de bioinsumos, bem como ainda comparados com os dados safra anterior e disponibilizado pelo produtor parceiro que foram embasados na metodologia postulada por Crepaldi (2012) sendo: i) Custo Total (CT); ii) Custo Fixo (CF); iii) Custo Variável (CV) e iv) Margem de contribuição (MC), sendo os mesmos apurados no experimento a ser implantado. Posteriormente, foi realizado a análise comparativa das margens brutas entre os dois métodos de cultivo:

- Cultivo com protocolo da fazenda: Margem bruta = Receita bruta - Custo total de produção.
- Cultivo com Inoculante Biológico: Margem bruta = Receita bruta - Custo total de produção com inoculante biológico.

Conforme sugere Machado (2003) o custo de oportunidade pode ser entendido também como o custo social de produção, isto é, o custo alternativo, ou seja, a decisão para produzir X, exclui a produção de Y que pode ser melhor. Os benefícios não aproveitados na produção de Y são considerados custo de oportunidade. Sendo esta abordagem objeto de análise nesse estudo.

## **Resultados e Discussões**

A análise econômica do custo de oportunidade na produção de mandioca com uso de inoculante biológico fornece uma visão abrangente dos potenciais benefícios financeiros e ambientais dessa prática inovadora. Ao comparar os custos de produção, produtividade e receitas brutas, é possível sistematizar informações fundamentais na tomada de decisão sobre a adoção de tecnologias que não apenas melhoram a rentabilidade, mas também promovem a sustentabilidade agrícola. A consideração dos custos de oportunidade é essencial para uma gestão agrícola eficiente e moderna, que visa maximizar os lucros enquanto minimiza os impactos ambientais

As análises e resultados resultantes do uso de práticas sustentáveis podem ser observados na (Tabela 1) que detalha os custos de produção apurados de acordo com levantamento e registros durante o período de realização do experimento. A padronização das informações é necessária para validar a análise comparativa, bem como, custo de oportunidade relacionando ao uso de bioinsumos durante o cultivo da cultura.

Tabela 1 – Custo de Produção / (ha), avaliação da cultivar IAC – Vassourinha Branca - Safra 2024/2025 - UEPE Recanto da Paz

ETAPAS		Protocolo Padrão		1 (t) Pó de Rocha		500 Kg Pó de Rocha		Ausente de Pó de Rocha		
		Quant.	Custo (R\$)	Quant.	Custo (R\$)	Quant.	Custo (R\$)	Quant.	Custo (R\$)	
Plantio	Preparo de áreas (Fertilizado)	2,5 h	750,00	2,5 h	750,00	2,5 h	750,00	2,5 h	750,00	
	Serviço de Mochão	2 h	200,00	2 h	200,00	2 h	200,00	2 h	200,00	
	Plantio	6,00	900,00	6,00	900,00	6,00	900,00	6,00	900,00	
INSUMOS	Calcário (t)	1	230,00	1	230,00	1	230,00	1	230,00	
	NPK/05-25-15 (Kg)	175	525,00	-	-	-	-	-	-	
	NPK/04-30-10 (Kg)	350	1.120,00	-	-	-	-	-	-	
	MAP (kg)	-	-	300	900,00	300	900,00	300	900,00	
	KCL (kg)	175	664,50	-	-	83,3	311,54	166	623,08	
	Ureia (Kg)	-	-	135	495,00	135	495,00	135	495,00	
	Amônia (Kg)	-	-	200	468,00	200	468,00	200	468,00	
	Pó de Rocha (t)	1	300,00	1	300,00	500	150,00	-	-	
	Organic Bloom (ml)	400	112,50	400	112,50	400	112,50	400	112,50	
	Inseticida Químico (Privage) (ml)	500	75,00	500	75,00	500	75,00	500	75,00	
	Inseticida Químico (Espico Pleno) (ml)	100	19,50	100	19,50	100	19,50	100	19,50	
	Fungicida Kocide WDG (gr)	-	-	300	51,00	300	51,00	300	51,00	
	Fungicida Foliar 200 EC (l)	-	-	1	122,00	1	122,00	1	122,00	
	MANEJO	Capina Manual (Diária)	5	750,00	5	750,00	5	750,00	5	750,00
		Pulverização (Drone)	1	150,00	1	150,00	1	150,00	1	150,00
Ferricida (kg)		5	24,00	5	24,00	5	24,00	5	24,00	
<b>CUSTO DE PRODUÇÃO (ha)</b>			<b>5.810,50</b>		<b>5.551,50</b>		<b>5.713,04</b>		<b>5.874,50</b>	

Fonte: Dados do experimento, safra 2024/2025.

De acordo com levantamento de dados em campo, os custos de produção no protocolo padrão da propriedade se estabelece em R\$5.810,50 por (ha), considerando a etapa de preparo e correção de solo, plantio e manejos específicos realizado durante o ciclo produtivo da cultura. Observa-se que a avaliação se perfaz em quatro condições específicas sendo, 1º protocolo padrão, com uso de 1 (t) de pó de rocha KMC, KCL e NPK como adubação de base e cobertura, 2º protocolo, adição de 1(t) de pó de rocha KMC, MAP, Ureia e Amônia e ausência de KCL, 3º protocolo, adição de 500 kg de KCM, MAP, Ureia, Amônia e KCL, 4º protocolo, mesma formulação do terceiro protocolo, com ausência de pó de rocha KMC.

Os dados representam a dimensão de participação em específico dos insumos em cada protocolo. Observa-se que o impacto do custo da inserção do bioinsumo pó de rocha KCM, praticamente não altera o custo final na comparação entre o protocolo padrão, visto que ele substitui a necessidade de KCL na dinâmica de fertilidade de solo, sendo essa uma das vantagens desse bioinsumo que além do fácil acesso na região e custo menor, melhora as estruturas de fertilidade do solo de forma natural.

As diferenças de custos em cada protocolo se fazem representada de forma significativa, no 4º protocolo a ausência de KMC obriga o produtor a realizar maior investimento em adubação química, essa diferença em termos de valor chega a 1,09% maior se comparado ao protocolo padrão e 5,81% com relação ao 2º protocolo, o que valida na condição de custo de produção o impacto do KMC como recomendação do uso de bioinsumos no protocolo de fertilidade.

No contexto do custo de oportunidade, a Tabela 2, apresenta de forma detalhada o impacto do bioinsumo na produtividade da cultura, sendo esse, indicador fundamental para análise, uma vez que os insumos representam 52,8% do custo de produção da cultura nessa propriedade.

Tabela 2 – Custo de oportunidade do uso de bioinsumos por (ha), avaliação da cultivar IAC – Vassourinha Branca - Safra 2024/2025 - UEPE Recanto da Paz.

Descrição	Protocolo Padrão	1 (t) Pó de Rocha	500 Kg Pó de Rocha	Ausente de Pó de Rocha
Produção (ha)	62.466,00	65.337,00	61.047,90	54.427,20
Custo de Produção (ha)	5.810,50	5.551,50	5.713,04	5.874,58
Estimativa de Receita *	81.205,80	84.938,10	79.362,27	70.755,36
Custo de Oportunidade (R\$/ha)		3.732,38	- 1.803,53	- 10.450,04
Custo de Oportunidade (t/ha)		2,87	- 4,29	- 6,62
Plantas (ha)	8700	8700	8700	8700
Produção (Planta)	7,18	7,51	7,02	6,26
Custo (R\$/Planta)	0,67	0,64	0,66	0,69
Custo de Produção (kg)	0,09	0,08	0,09	0,11
Preço Médio de Venda (R\$)	1,30	1,30	1,30	1,30
Estimativa de Receita (R\$/ha)	81.205,80	84.938,10	79.362,27	70.755,36
Lucro Operacional	75.395,30	79.386,60	73.649,23	64.880,78

Fonte: Dados do experimento, safra 2024/2025.

Observa-se que o ganho de produtividade de 2,87 (t/ha), a partir da base de comparação com protocolo padrão é significativa considerando o custo do investimento realizado com adição de KMC em substituição ao KCL. Em termos reais avalia-se o custo de oportunidade em duas condições fundamentais, a substituição parte dos insumos químicos por bioinsumos oportunizando economia de R\$ 259,00 no custo de produção e aumento de produtividade gerando ganho de renda (ha) em R\$ 3.991,30. Nesse sentido, o custo de oportunidade foi pleno, visto que os resultados apresentam maior sustentabilidade no sistema com economia em custos e ganhos em produtividade.

A validação dos resultados fica mais significativo, quando da comparação em condição de protocolo padrão versus protocolo com ausência de bioinsumos. Neste caso específico a economia no custo de produção foi R\$ 63,78, porém a diferença em produtividade apresenta-se com alta significância chegando a 6,62 (t/ha) gerando em termos reais custo de oportunidade de (R\$ 10.514,52) por (ha).

Nesse cenário, confirma-se a importância do bioinsumo KMC no protocolo de fertilidade e ao mesmo tempo comprova a dependência dessa cultura a fontes de potássio.

## **Considerações Finais**

O cálculo do custo de oportunidade para qualquer avaliação de investimento se faz importante dado a sua simplicidade metodológica para apurar os resultados, bem como impacto real na tomada de decisão quanto à adoção ou não de determinados sistemas e ou protocolos, como foi o caso estudado.

A validação dos resultados de experimentos realizados em áreas comerciais é fundamental, visto que os dados retratam de forma imparcial a realidade do produtor rural. As análises aqui apresentadas, demonstram a importância dos bioinsumos como fonte de fertilidade natural do solo bem como justifica-se pelo baixo custo de aquisição e alto impacto na produtividade da cultura.

Cabe ressaltar que os resultados representam a realidade de uma propriedade rural que adota várias práticas agrícolas sustentáveis cujo qual, permite que ela apresente produtividades muito acima da média nacional e regional. Portanto os resultados aqui expostos não devem ser interpretados como um manejo isolado e sim complementar a sistema já desenvolvido na propriedade que foi acompanhado o experimento.

Por outro lado, os ensaios serão novamente realizados e acompanhados, a título de observação do quanto ainda é possível melhorar as condições de fertilidade do solo e em que momento é possível reduzir a dependência de adução química em detrimento da adoção de adubação biológica.

## **Referências Bibliográficas**

CREPALDI, S. A. Contabilidade rural: uma abordagem decisorial. 7 ed. revista, atualizada. São Paulo: Atlas, 2012.

FERREIRA S.C., NAKASONE A.K., NASCIMENTO S.M.C., OLIVEIRA D.A., SIQUEIRA A.S., CUNHA E.F., M. CASTRO G.L.S., SOUZA C.R.B. Isolation and characterization of cassava root endophytic bacteria with the ability to promote plant growth and control the in vitro and in vivo growth of *Phytophthium* sp. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. V. 116, 101709, 2021.

LOPES E.A.P., SILVA A.D.A., MERGULHÃO A.C.E.S., SILVA E.V.N., SANTIAGO A.D., FIGUEIREDO M.V.B. Co-inoculation of growth promoting bacteria and *glomus clarum* in micropropagated cassava plants. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 1, p. 152 – 166, 2019.

MACHADO, J. A. P. *Projetos Econômicos - Uma Abordagem Prática de Elaboração*. Editora: Nobel, 1ª edição. 2003, 184 pg.  
SEAPA. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado de Goiás. Produção de mandioca deve totalizar 207,7 mil toneladas este ano em Goiás. Disponível em: <https://goias.gov.br/agricultura/producao-de-mandioca-deve-totalizar-2077-mil-toneladas-este-ano-em-goias-2/>. Acesso em: 20 de jun. 2024.

TEIXEIRA M.A., MELO I.S., VIEIR, R.F., COSTA F.E.C., HARAKAVA, R. Microorganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovariedades em três estados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.1, p.43-49, 2007.

ZANELLA, L. C. H. *Metodologia de pesquisa – 2. Ed. Reimp. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/ UFSC, 2013.*

# Sobre os Organizadores



**Estenio Moreira Alves**  
<http://lattes.cnpq.br/8841426131390776>

Servidor efetivo do IF Goiano – Campus Iporá, atuando como Técnico em Agropecuária. Graduado em Tecnologia em Agronegócio (IF Goiano, 2018), com especialização em Fertilidade, Manejo de Solos e Nutrição de Plantas (Faculdade Iguauçu/Uniminas, 2023). Formado em Técnico em Agropecuária pelo IF Goiano (2012). Discente do Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos IF Goiano – Campus Rio Verde e bolsista de Pós-Graduação no CEBIO – UTT Iporá. Possui experiência em Ciências Agrárias, com ênfase em Agronomia e Zootecnia, desenvolvendo projetos voltados ao uso de bioinsumos, sistemas integrados de produção e práticas de manejo produtivas e sustentáveis.



**José Carlos de Sousa Júnior**  
<http://lattes.cnpq.br/9146562480275155>

Graduada em Administração com habilitação em Agronegócio pela UEG, Especialista em Auditoria e Perícia Ambiental pela UniRV e com MBA em Gestão Estratégica de Negócios pela UEG. Mestre e Doutora em Agronegócio pela UFG. Professora efetiva em regime de dedicação exclusiva no IF Goiano – Campus Iporá, vinculada a UTT CEBIO Campus Iporá, atua nos cursos de Agronomia, Tecnologia em Agronegócio, Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, Técnico em Secretariado e Técnico em Administração Institucional EaD. Possui experiência em Estratégias Gerenciais, Gestão de Pessoas e Sustentabilidade. É líder do Grupo de Pesquisa GIPEEX – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa, Ensino e Extensão do IF Goiano.



**Paulo Alexandre Perdomo Salviano**  
<http://lattes.cnpq.br/2777819799992125>

Graduado em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002), Mestre (2004) e Doutor (2008) em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. É docente e pesquisador do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, vinculado ao CEBIO, atuando nos cursos de Agronomia, Gestão em Agronegócio, Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos e Especialização em Bioinsumos. Desenvolve atividades de ensino, pesquisa e orientação em manejo de solos e culturas (soja, mandioca, café, trigo e amendoim), além de projetos voltados a sistemas integrados de produção e ao uso de bioinsumos, com ênfase em microrganismos promotores de crescimento e remineralizadores do solo, buscando soluções sustentáveis para a agricultura.

Engenheiro Agrônomo (UNEMAT, 2007), com formação técnica em Agropecuária (IFMT, 1998) e em Zootecnia (IFES, 1999). Especialista em Proteção de Plantas (UFV, 2009), Mestre em Agroecologia (UFV, 2014) e Doutor em Ciências Agrárias (IF Goiano – Campus Rio Verde, 2019). Possui experiência em Agronomia, Agrossilvicultura (ILPF), Olericultura e Agroecologia, atuando em pesquisas sobre sistemas integrados de produção vegetal e animal, com ênfase em ruminantes, grandes culturas e hortaliças. Professor do curso de Especialização Lato Sensu em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA). Engenheiro Agrônomo do IF Goiano – Campus Iporá, onde exerce também as funções de Conselheiro do CREA-GO/Câmara de Agronomia, Coordenador Executivo da Unidade de Transferência Tecnológica (UTT/CEBIO), além de pesquisador no Lab Maker “Lobo Guara” e na incubadora “Casa de Ideias”.



**Flavio Lopes Claudio**  
<http://lattes.cnpq.br/3241916292275971>

Graduado em Administração com habilitação em Agronegócios pela UEG (2006), Técnico em Contabilidade pelo IF Goiano (2008), Especialista em Marketing e Gestão Estratégica pela UCAM (2014) e Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável pela UEG (2021). Professor efetivo em regime de dedicação exclusiva no IF Goiano – Campus Iporá, Integrante da UTT CEBIO Iporá, atua nos cursos de Agronomia, Tecnologia em Agronegócio, Técnico em Secretariado, Técnico em Desenvolvimento de Sistemas Integrado ao Ensino Médio e Técnico em Administração Institucional EaD. Integrante do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa, Ensino e Extensão do IF Goiano - GIPEEX



**Maria Gláucia Dourado Furquim**  
<http://lattes.cnpq.br/2681775689273863>

Economista, Especialista em Estratégias Gerenciais pela UNIRV (2006), Mestre em Desenvolvimento Regional com foco em Estratégia de Empreendimentos pela UNIALFA (2011) e Doutor em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade pela UFRRJ/CPDA (2021). Professor de Economia do IF Goiano – Campus Iporá desde 2011, atua nas áreas de Desenvolvimento Regional, Projetos de Investimentos no Agronegócio, Custos de Produção, Formação de Preços e Bioeconomia aplicada ao Agronegócio. É docente do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Bioinsumos/CEBIO e colaborador do Mestrado em Administração do Campus Rio Verde. Atualmente, coordena o curso de Tecnologia em Gestão de Agronegócios e a Transferência de Tecnologia do CEBIO – UTT Iporá, além de integrar a Comissão Executiva da Incubadora de Empresas Casa de Ideias e a Comissão Permanente do Comitê Científico do Campus Iporá.



**Romano Roberto Valichski**  
<http://lattes.cnpq.br/3914016324321986>

## **CAPÍTULO 1**

### **PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE RESÍDUOS DA CULTURA DA MANDIOCA ENRIQUECIDO COM PÓ DE ROCHA**

João Paulo Damasceno Rodrigues  
Romano Roberto Valicheski  
Paulo Alexandre Perdomo Salviano  
Cássio Henrique de Carvalho  
Estenio Moreira Alves  
Flavio Lopes Claudio

---

## **CAPÍTULO 2**

### **UTILIZAÇÃO DE PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE POTÁSSIO ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES**

Flavio Lopes Claudio  
Romano Roberto Valicheski  
Cássio Henrique de Carvalho  
Débora Martins Nunes  
Matheus Peixoto de Lima  
Caleb Domingues Silva  
Natália Oliveira Silva  
Paulo Alexandre Perdomo Salviano  
Estenio Moreira Alves  
Amanda Abdallah Chaibub

---

## **CAPÍTULO 3**

### **BIOINSUMOS, TÉCNICAS E VARIEDADES COMO ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE**

Cássio Henrique de Carvalho  
Paulo Alexandre Perdomo Salviano  
Romano Roberto Valicheski  
Estenio Moreira Alves  
Flavio Lopes Claudio  
João Paulo Damasceno Rodrigues

