



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA

DENISE DA SILVA MOREIRA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2026**

DENISE DA SILVA MOREIRA

EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA

Orientadora: Prof. Dra. Katiane Santiago Silva Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dm838 da Silva Moreira, Denise
e EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE
POTÁSSIO NA CULTURA DA SOJA / Denise da Silva Moreira;
orientador Katiane Santiago Silva Benett;
co-orientador Cleiton Gredson Sabin Benett . --
Ipameri, 2026.
34 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2026.

1. Adubação. 2. Fonolito. 3. Produtividade. I.
Santiago Silva Benett, Katiane , orient. II. Sabin
Benett , Cleiton Gredson , co-orient. III. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “Efeito residual da aplicação de fontes e doses de potássio na cultura da soja.”

AUTOR(A): Denise da Silva Moreira

ORIENTADOR(A): Katiane Santiago Silva Benett

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. Talles Eduardo Borges dos Santos

Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Documento assinado digitalmente
gov.br TALLES EDUARDO BORGES DOS SANTOS
Data: 27/02/2026 09:53:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Katiane Santiago Silva Benett (Orientador)

Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Documento assinado digitalmente
gov.br KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT
Data: 27/02/2026 09:18:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Flívia Fernandes de Jesus Souza

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Documento assinado digitalmente
gov.br FLÍVIA FERNANDES DE JESUS SOUZA
Data: 27/02/2026 09:40:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Data da realização: 26 de fevereiro de 2026

Registro de Declaração

Número: 318 Livro: R-01 Folhas: 05A Data: 26/02/2026 Assinatura:



Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiaram e acima de tudo, acreditaram no meu sonho. A vocês dois, o meu profundo e eterno agradecimento. Sempre e para sempre amarei vocês.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter guiado meu caminho e por me conceder forças, saúde e fé para chegar até este momento.

Aos meus pais, Edivaldo e Ilma, pelo apoio, incentivo e ensinamentos em todas as etapas da minha vida. Aos meus filhos, Ettore e Elisa, por serem a luz dos meus dias e minha motivação para seguir em frente. Ao Lélío Jerônimo, meu companheiro, pelo apoio e auxílio na condução do experimento, além de estar ao meu lado durante toda essa trajetória.

Aos meus orientadores, Prof.^a Dra. Katiane Santiago Silva Benett e Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett, pelos ensinamentos, paciência, confiança e por terem acompanhado todas as etapas do trabalho, desde o planejamento do plantio até a escrita final da dissertação.

Aos colegas do grupo de pesquisa GEPFI, pelo apoio, colaboração e auxílio nas atividades de campo e de laboratório.

Às professoras Mariana Pina da Silva Berti e Maria Erlan Inocência que, além de excelentes professoras, tornaram-se grandes amigas, estando ao meu lado desde a graduação.

À Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela disponibilização do campo experimental e dos equipamentos necessários para a condução do experimento, em especial à Juliana de Oliveira Melo, secretária do Mestrado, pela paciência e apoio em todos os momentos ao longo desta trajetória.

Aos membros da banca, Talles Eduardo Borges dos Santos e Flívia Fernandes de Jesus Souza, por terem aceitado o convite e por todas as contribuições.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e pelo fomento indispensável ao desenvolvimento desta pesquisa durante o Mestrado em Produção Vegetal.

Aos amigos que estiveram ao meu lado e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1. Cultura da soja	13
3.2. Produção e avanços tecnológicos no cultivo da soja	13
3.3. Potássio na cultura da soja	14
3.4. Fontes alternativas de potássio	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Área experimental.....	17
4.2. Delineamento experimental	17
4.3. Instalação do experimento	18
4.4. Variáveis avaliadas	18
4.5. Análise experimental	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6. CONCLUSÃO	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMO

A soja é uma das principais culturas agrícolas do mundo, sendo amplamente utilizada na alimentação humana e animal, bem como na produção de óleo vegetal e biocombustíveis. O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador mundial da cultura. A adubação exerce papel fundamental para a obtenção de altas produtividades e, dentre os nutrientes essenciais, o potássio é o segundo mais exigido pela soja, sendo o cloreto de potássio (KCL) a principal fonte de suprimento desse nutriente. No entanto, a dependência de fertilizantes importados e os impactos do uso contínuo do KCL têm impulsionado a busca por fontes alternativas, como o fonolito e o fonolito hidrotermalizado, que apresentam potencial de liberação gradual e efeito residual no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual de fontes e doses de potássio sobre características nutricionais, morfológicas e componentes de rendimento da cultura da soja. O experimento foi conduzido em condições de campo na safra 2024/2025, na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, no município de Ipameri-GO. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×5 , com três fontes de potássio (cloreto de potássio, fonolito e fonolito hidrotermalizado) e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), com quatro repetições. Avaliaram-se teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e silício, índice relativo de clorofila, características morfológicas e componentes de rendimento e a produtividade. Os resultados indicaram que as fontes de potássio não influenciaram significativamente os teores foliares de nitrogênio, fósforo, silício e o índice relativo de clorofila, havendo diferença apenas para o teor de potássio foliar, com maior valor para o cloreto de potássio. As doses residuais influenciaram os teores foliares de nitrogênio, potássio, silício e o índice relativo de clorofila. As características morfológicas não foram influenciadas pelas fontes ou doses, exceto a inserção da primeira vagem, que apresentou maior valor com o fonolito. A massa de 100 grãos respondeu às doses residuais de potássio, enquanto a produtividade não diferiu entre as fontes, variando de 3.411 a 3.542 kg ha⁻¹. Concluiu-se que o residual da adubação potássica com fonolito e fonolito hidrotermalizado foi eficiente em manter níveis satisfatórios de produtividade da soja, com desempenho semelhante ao cloreto de potássio.

Palavras-chave: *Glycine max*, Adubação, Fonolito, Produtividade, Pó de rocha.

ABSTRACT

Soybean is one of the main agricultural crops worldwide, widely used in human and animal nutrition, as well as in the production of vegetable oil and biofuels. Brazil stands out as the world's largest producer and exporter of this crop. Fertilization plays a fundamental role in achieving high yields, and among essential nutrients, potassium is the second most required by soybean, with potassium chloride (KCl) being the primary source. However, the dependence on imported fertilizers and the impacts of continuous KCl use have encouraged the search for alternative sources, such as phonolite and hydrothermalized phonolite, which offer potential for gradual nutrient release and residual effects in the soil. The objective of this study was to evaluate the residual effect of potassium sources and doses on nutritional and morphological characteristics and yield components of soybean. The experiment was conducted under field conditions during the 2024/2025 growing season at the State University of Goiás, South Campus, Ipameri University Unit, in Ipameri, GO, Brazil. The experimental design was a randomized block design in a 3×5 factorial scheme, with three potassium sources (potassium chloride, phonolite, and hydrothermalized phonolite) and five doses (0, 50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹), with four replications. Leaf concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, and silicon, relative chlorophyll index, morphological traits, yield components, and productivity were evaluated. The results indicated that potassium sources did not significantly affect leaf nitrogen, phosphorus, silicon contents, or the relative chlorophyll index, with differences observed only for leaf potassium content, which was higher with potassium chloride. Residual doses significantly influenced leaf nitrogen, potassium, and silicon contents, as well as the relative chlorophyll index. Morphological traits were not affected by potassium sources or doses, except for the first pod height, which was higher when phonolite was used. The 100-grain weight responded to residual potassium doses, while productivity did not differ among sources, ranging from 3,411 to 3,542 kg ha⁻¹. It is concluded that the residual effect of potassium fertilization with phonolite and hydrothermalized phonolite was efficient in maintaining satisfactory soybean yield levels, with a performance similar to potassium chloride.

Key-words: *Glycine max*, Fertilization, Phonolite, Yield, Rock powder.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) originária da Ásia é considerada uma das culturas mais antiga do mundo (SILVA et al., 2022) e representa a principal oleaginosa produzida e consumida mundialmente, sendo utilizada tanto para alimentação humana como animal e também na produção de biocombustível (OLIVEIRA et al., 2023).

De acordo com o USDA (2025), no ano de 2025, a produção mundial de soja atingiu 427,15 milhões de toneladas, das quais aproximadamente 40,1% foram produzidas pelo Brasil. Na safra de 2024/2025, a produção brasileira alcançou 171,47 milhões de toneladas, mantendo o país como o maior produtor mundial da cultura (CONAB, 2025). Na safra 2024/2025, o Estado de Goiás desempenhou papel significativo na produção de soja no país, com aumento de 23% na sua produção total em relação à safra anterior, passando de 16,8 milhões para 20,7 milhões de toneladas, ocupando a segunda colocação entre os maiores produtores nacionais, atrás do Estado do Mato Grosso (CONAB, 2025).

O sucesso da cultura da soja no país é resultado dos avanços tecnológicos, como o uso de cultivares melhoradas, mecanização, manejo cultural adequado e a nutrição eficiente das plantas (QUINTAM; ASSUNÇÃO, 2024). A adubação tem como objetivo fornecer os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura, sendo essencial para alcançar altas produtividades (SANTOS et al., 2021).

O Estado de Goiás, pertencente ao bioma Cerrado se caracteriza por solos ácidos e baixa fertilidade natural, fatores que limitam o potencial produtivo da soja (TELES et al., 2025). Neste contexto, para mitigar esses problemas, são recomendadas práticas para corrigir a acidez e a adubação adequada de acordo com as exigências nutricionais da cultura (OLIVEIRA F. et al., 2023).

A soja tem alta exigência nutricional ao longo de seu ciclo, entre os principais nutrientes exigidos estão o nitrogênio, potássio e o fósforo, que são fundamentais para processos como a fotossíntese, síntese de proteínas, transporte de açúcares e desenvolvimento das estruturas reprodutivas das plantas (SAMPAIO et al., 2021).

O potássio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura da soja, sendo essencial para a regulação estomática e o metabolismo energético (SILVA, A. P. et al., 2022) e, devido à baixa disponibilidade natural desse nutriente nos solos, torna-se essencial adotar estratégias de manejo específicas como a aplicação de fertilizantes potássicos (BATISTA et al., 2018).

O cloreto de potássio (KCl) é amplamente utilizado na agricultura brasileira como fonte de potássio devido a sua alta concentração de K e sua solubilidade (SANTOS NETO et al., 2024). No entanto, seu uso excessivo pode influenciar negativamente em alguns aspectos químicos do solo (JUNQUEIRA et al., 2024), provocando aumento da salinidade, acúmulo

de íons de cloro e desequilíbrio na relação entre cátions, o que pode reduzir a disponibilidade e absorção de outros nutrientes essenciais pelas plantas e, consequentemente, afetar o desenvolvimento da cultura (ABUD et al., 2024; PARIHAR et al., 2015; KHAN et al., 2013). Além disso, o Brasil depende da importação desse insumo de outros países, aumentando consideravelmente o custo produção (CASTRO et al., 2022), e devido a isso, busca-se fontes alternativas, como o fonolito e o fonolito hidrotermalizado (JUNQUEIRA et al., 2024).

As fontes alternativas podem fornecer potássio de forma mais gradual, reduzindo os riscos de perdas por lixiviação (COUTO et al., 2024), apresentando também um efeito residual significativo, beneficiando culturas subsequentes no sistema de rotação (SORATTO et al., 2021), além de manter níveis adequados de potássio no solo por períodos prolongados, reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes e otimizando o processo produtivo (OLIVEIRA et al., 2022).

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito residual da aplicação de fontes e doses de potássio sobre as características morfológicas e componentes de produção da cultura da soja.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), originária da Ásia oriental, é a principal oleaginosa cultivada no mundo, estando entre as principais commodities agrícolas do mercado mundial (SILVA et al., 2022). No Brasil, sua introdução ocorreu em 1882 no Estado da Bahia, entretanto, seu cultivo adquiriu importância econômica somente a partir de 1940 (COMIN, 2021).

A soja é uma planta pertencente à família das leguminosas e apresenta elevada capacidade fotossintética (OLIVEIRA et al., 2023) e se destaca por sua capacidade de realizar o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), que é a simbiose de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que colonizam os nódulos radiculares da planta (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2023). Essas bactérias são capazes de capturar o nitrogênio atmosférico e o tornar disponível para as plantas (EMBRAPA, 2020), diminuindo a necessidade de aplicações elevadas de fertilizantes nitrogenados, proporcionando redução nos custos de produção (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2023).

Apesar da cultura não ser conhecida mundialmente como alimento básico, sua importância está ligada, principalmente, como fonte de proteína e óleo vegetal (BORÉM et al., 2022), sendo amplamente utilizada na elaboração de rações animais, produção de óleo e outros subprodutos, além do seu consumo in natura (FREZATO et al., 2021).

3.2. Produção e avanços tecnológicos no cultivo da soja

Os principais países produtores de soja são o Brasil, Estados Unidos e Argentina, e juntos foram responsáveis por aproximadamente 80% da produção mundial de soja na safra de 2024/2025 (USDA, 2025). Entre 2011 a 2020, o cultivo da soja cresceu em todas as regiões brasileiras, saindo de 24,2 milhões de hectares na safra 2010/2011 para 36,9 milhões de hectares na safra 2019/2020 (VOLKOVA; SMOLYANINOVA, 2024), proporcionando também o aumento na produção do grão, de 75,3 para 124,8 milhões de toneladas no mesmo período, fazendo o Brasil se tornar o maior produtor mundial de soja (HIRAKURI, 2021).

O Brasil, na safra de 2024/2025 alcançou uma produção de aproximadamente 171 milhões de toneladas, representando um incremento de 16% em relação à safra anterior (USDA, 2025; CONAB, 2025). No estado de Goiás, a soja consolida-se como o principal motor da economia agrícola, respondendo por cerca de 11,9 % da produção nacional, ficando na segunda colocação dos maiores produtores nacionais (CONAB, 2025). O crescimento da área destinada ao cultivo da soja no Brasil tem sido acompanhado pelas novas tecnologias

que impulsionam a produtividade, além de auxiliar na sustentabilidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2023). Dentre essas práticas, destaca-se o uso de sementes geneticamente modificadas, agricultura de precisão, sistemas de plantio direto, manejo integrado de pragas (MIP) e a adoção de estratégias de adubação eficientes tem sido essenciais para alcançar altos rendimentos e minimizar impactos ambientais (CELUPPI et al., 2024).

A adubação adequada é essencial para maximizar o potencial produtivo da planta, melhorar a qualidade dos grãos e garantir a sustentabilidade do sistema agrícola (BATISTA et al., 2024), no entanto, deve-se levar em consideração tanto as exigências nutricionais da cultura quanto a disponibilidade de nutrientes do solo (PRIMIERY; SANTOS, 2017). No Estado de Goiás essa exigência está ligada a baixa disponibilidade de nutrientes como o cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K), que são relativamente baixos nos solos do Cerrado (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2010). O potássio é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da soja e, atua na regulação osmótica, ativação enzimática e transporte de assimilados (SILVA, A. P. et al., 2022).

3.3. Potássio na cultura da soja

As maiores taxas de absorção do Potássio na soja ocorrem na fase vegetativa e contribui para realização da fotossíntese por participar da síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase e apresenta funções fundamentais na ativação de mais de sessenta sistemas enzimáticos nas plantas (SILVA et al., 2022).

A deficiência de potássio na soja pode levar a uma série de problemas, como redução do crescimento, aumento da suscetibilidade a doenças, quebra de ramos, queda na produtividade e também pode diminuir a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes (JUNQUEIRA et al., 2024).

O cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de potássio utilizada na agricultura brasileira, devido à sua alta solubilidade e elevada concentração do nutriente, no entanto, sua utilização pode afetar de forma negativa a química do solo e, por consequência, o desenvolvimento das plantas (BRIGNOLI et al., 2023). Isso ocorre porque o KCl aumenta a concentração eletrolítica no solo, elevando a pressão osmótica, o que pode dificultar a absorção de água pelas raízes (GARBIN et al., 2023).

3.4. Fontes alternativas de potássio

No Brasil, 96% do cloreto de potássio utilizado na agricultura é importado (LIMA et al., 2025). Em 2024, o país importou 14,05 milhões de toneladas de KCl, representando um aumento de 4,1% em relação ao ano anterior (BRASIL, 2025). Com isso, fontes alternativas,

como rochas e minerais ricos em potássio torna-se estratégias para reduzir a dependência externa e mitigar os impactos negativos do KCl no solo (SORATTO et al., 2021).

O uso direto de rochas na agricultura é uma técnica de fertilização natural, denominada de rochagem (rocks for crops) ou remineralização (TRANCHES et al., 2022). Após a aplicação no solo, o pó de rocha sofre ação do intemperismo, que é um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que degradam as rochas, proporcionando a liberação de minerais de forma gradual para o solo (LIMA et al., 2025).

Devido à diversidade geológica do Brasil, o uso de pó de rocha, pode reduzir a dependência da importação de KCl e os custos de produção agrícola (NOGUEIRA et al., 2021). Dentre as rochas com potencial para serem utilizadas como fontes alternativas de K, destaca-se o fonolito, que é uma rocha de origem vulcânica, com grande abundância no Planalto de Poços de Caldas, localizada no Sul de Minas Gerais e apresenta alto teor de potássio (SANTOS et al., 2017).

O fonolito contém cerca de 8% de K_2O e 25% de silício (Si), já o fonolito hidrotermalizado que passa por um processo que visa aumentar a disponibilidade de potássio para as plantas, apresenta em sua composição 10% de K_2O e 25% de Si (BRASIL, 2021). Além do potássio, o fonolito também fornece silício, que, apesar de não ser essencial, contribui para o fortalecimento estrutural das plantas, melhora da fotossíntese e maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (FRITZSON JUNIOR, 2022; NAGEL, 2024).

O uso do fonolito e fonolito hidrotermalizado como fontes alternativas ao K, além de fornecerem potássio de forma gradual, também contribuem para a melhoria da estrutura do solo, aumentando a agregação e a porosidade, favorecendo a retenção de umidade, que são fatores essenciais para o desenvolvimento radicular (NOGUEIRA et al., 2021). Diferente do cloreto de potássio, essas fontes não acidificam o solo, mantendo o pH e a saturação por bases (V%) estáveis, devido às suas características alcalinas e baixa salinidade (TEIXEIRA et al., 2015).

Morais et al. (2025) ao avaliarem o desempenho agrônômico da cultura da soja em função da aplicação do fonolito e fonolito hidrotermalizado, em comparação ao cloreto de potássio verificaram que as fontes alternativas podem apresentar desempenho agrônômico semelhante ao KCl, proporcionando níveis satisfatórios de rendimento de grãos. Já Dias et al. (2024), ao estudarem o efeito residual dessas fontes no cultivo de sorgo, observaram que as doses de potássio, mesmo residuais, influenciaram positivamente variáveis como índice relativo de clorofila, altura de planta e diâmetro do colmo, com resposta positiva até a dose de $159,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, independentemente da fonte, demonstrando que as fontes alternativas podem suprir as necessidades nutricionais da cultura, sendo uma opção viável para

substituição do KCl.

Estudo realizado por Nogueira et al. (2021) relataram a eficiência agronômica do fonolito como uma fonte alternativa ao K na cultura do milho. Na cultura do café arábica (*Coffea arábica* L.), Mancuso et al. (2014) avaliaram o uso de fonolito moído e observaram aumento na produtividade dos grãos de café, com eficiência semelhante à do KCl na dose de potássio recomendada para a cultura.

A aplicação dessas fontes é geralmente realizada de forma única, cerca de 30 dias antes da semeadura, eliminando a necessidade de parcelamento e otimizando o manejo nutricional (TEIXEIRA et al., 2015). A aplicação direta de rochas potássico-silicáticas moídas, como o fonolito e rochas alcalinas fundidas, liberam potássio de forma gradual, proporcionando um efeito residual que beneficia culturas subsequentes, além de contribuírem para a sustentabilidade do sistema agrícola (SORATTO et al., 2021).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na safra 2024/2025, na área experimental da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, localizada no município de Ipameri - GO, cuja coordenadas geográficas são 17°71'85" Sul e 48°12'81" Oeste e com altitude de 794 metros.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é definindo como clima tropical (Aw), com estação seca no inverno (CARDOSO et al., 2014). Durante os meses de condução do experimento foram coletados dos dados de temperatura e pluviosidade na estação meteorológica da UEG (2025) (Figura 1).

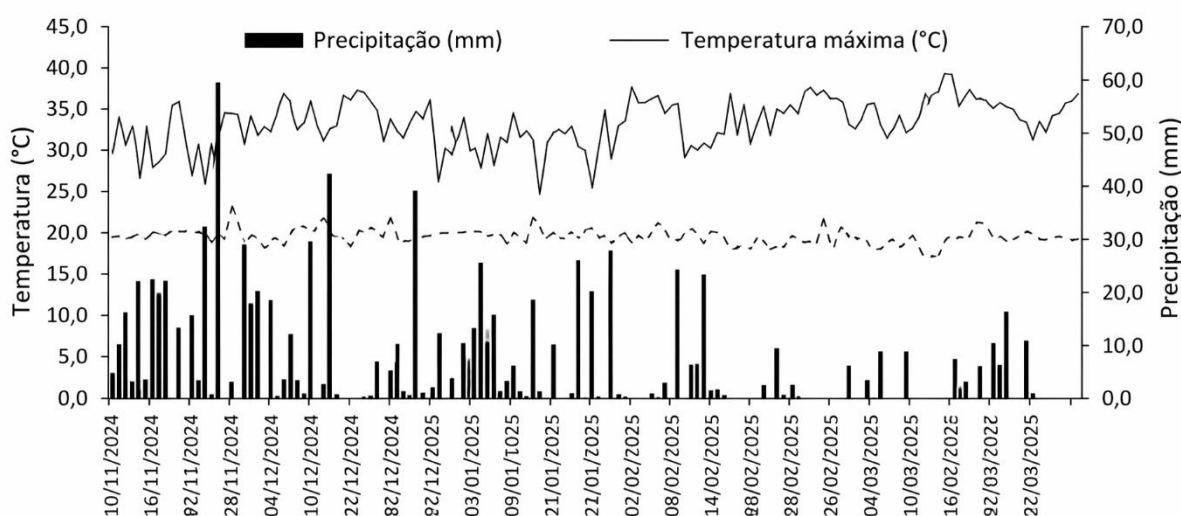


Figura 1. Valores de temperatura máxima, mínima e precipitação no período entre novembro de 2024 a março de 2025 durante o desenvolvimento da cultura da soja. Ipameri-GO, 2025. Fonte: UEG (2025).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura argilo-arenosa (SANTOS et al., 2018), cujos atributos químicos e físicos foram determinados antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999) e apresentaram os seguintes valores dos atributos químicos, na camada de 0-20 cm: 51 mg/dm⁻³ de P (resina); 24 g/dm⁻³ de M.O.; 5,4 pH em CaCl₂; 0,14 mg/dm⁻³ de K; 2,4 cmolc/dm⁻³ de Ca; 1,5 cmolc/dm⁻³ de Mg; 2,2 cmolc/dm⁻³ de H+Al; 4,0 soma de bases; 6,2 cmolc/dm⁻³ de CTC; 65% saturação por bases e 8,0 mg/dm⁻³ de Si. Já os valores dos atributos físicos foram: areia 480 g kg⁻¹, silte 68 g kg⁻¹ e argila 452 g kg⁻¹.

4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 3 x 5, sendo três fontes de potássio (Cloreto de potássio, Fonolito e Fonolito hidrotermalizado) e cinco doses de potássio (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹), com quatro

repetições, aplicadas via solo. Utilizou-se como fonte o cloreto de potássio (KCl: 58% de K_2O), fonolito (F1: 8% de K_2O e 25% de Si) e fonolito hidrotermalizado (FH2: 12% de K_2O e 25% de Si). Cada parcela foi composta por sete linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,50 m entre si, e 12 plantas por metro linear, perfazendo uma área total de 20 m². A área considerada útil foi constituída pelas três linhas centrais, desconsiderando 1,0 m em ambas as extremidades de cada parcela.

4.3. Instalação do experimento

Utilizou-se o sistema de plantio direto, sobre palhada de sorgo. A aplicação das fontes e doses de potássio foram realizadas 30 dias antes da semeadura da soja na safra 2023/2024. Já a adubação de semeadura (N e P) foi utilizada 300 kg/ha de MAP.

A cultivar de soja utilizada foi a 77HO111 I2X (Guapo), classificada como categoria S2, peneira P1 (5,5 mm) e hábito de crescimento indeterminado. O ciclo médio na região do experimento é de aproximadamente 115 dias, conforme recomendação técnica da empresa fornecedora. Trata-se de uma cultivar de alto potencial produtivo, com ampla resistência a nematoides de cisto (raças 3, 6, 9, 10 e 14). As sementes foram tratadas industrialmente com fungicidas, conforme o produto Standak® Top + Lab, contendo os princípios ativos Fipronil (25 g/L), Pyraclostrobina (25 g/L) e Tiofanato Metílico (225 g/L), na dose de 200 mL do produto para cada 100 kg de sementes.

A semeadura foi realizada no dia 25 de novembro de 2024 com o auxílio de conjunto trator-semeadora-adubadora de sete linhas, equipado com mecanismos de distribuição de sementes por discos alveolados horizontais e mecanismos de aplicação de fertilizantes com sulcadores.

Durante a condução do experimento foram realizados os demais tratos culturais, como controle de plantas daninhas os quais foram feitos com a utilização de herbicida e também se realizou aplicações de fungicidas e inseticidas conforme recomendação de Sediya et al. (2015), os quais foram aplicados de forma mecanizada, utilizando pulverizadores tratorizados. A colheita foi realizada no dia 12 de março de 2025.

4.4. Variáveis avaliadas

- **Índice relativo de clorofila:** realizou-se de forma aleatória a leitura indireta do teor de clorofila no terço médio de cinco plantas por parcela utilizando clorofilômetro portátil (ClorofiLOG modelo CFL 1030), no estágio R1 da cultura, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2020). Os resultados foram expressos em índice de clorofila Falker (ICF).

- **Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e silício:** coletou-se 30 folhas por parcela de forma aleatória, selecionando-se a terceira folha a partir do ápice da haste principal, conforme Ribeiro et al. (1999). As análises foram realizadas de acordo com Malavolta et al. (1997) para nitrogênio, fósforo e potássio, e Korndörfer et al. (2004) para silício.

Os componentes de produção foram avaliados por meio da amostragem de dez plantas da área útil de cada parcela, as quais foram coletadas no momento em que atingiram a maturidade fisiológica, e posteriormente levadas ao laboratório para determinação das seguintes variáveis:

- **Altura de planta:** realizada com uma fita métrica milimetrada tomando-se a medida entre o nível do solo ao ápice da planta, com resultados médios expressos em cm;
- **Diâmetro do caule:** As plantas foram medidas na base do colo com paquímetro digital e médias apresentadas em mm;
- **Altura de inserção da primeira vagem:** Foi medido com uma fita métrica milimetrada a distância entre a superfície do solo até a primeira vagem, e os valores obtidos foram expressos em cm;
- **Número de vagens por planta:** Foram contadas as vagens das dez plantas coletadas em cada parcela;
- **Comprimento de vagem:** Com o auxílio de uma régua graduada mensurou o comprimento das vagens presentes nas plantas coletadas de cada parcela, sendo expresso em cm;
- **Número de grãos por vagem:** Foram contados os grãos presentes nas vagens de cada planta, obtendo-se o total de grãos por planta. Esse valor foi então dividido pelo número total de vagens da respectiva planta, resultando na média de grãos por vagem;
- **Massa de 100 grãos:** Foram pesados 100 grãos de cada parcela utilizando balança de precisão e os resultados apresentados em gramas (g);

- **Produtividade:** Determinada a partir da colheita e trilha de 30 plantas por parcela. Para o cálculo da produtividade após a trilha, o teor de água dos grãos foi ajustado para 13,0% e realizou os descontos das impurezas. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .
- **Massa hectolétrica:** A determinação foi realizada com o Medidor de Umidade de Sementes Portátil G650i, com copo medidor de 0,25 L, utilizando grãos provenientes das 30 plantas coletadas por parcela, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida).

4.5. Análise experimental

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para as diferentes fontes de potássio e, para as doses de potássio realizou-se análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão os valores de temperatura máxima, mínima e a precipitação pluviométrica entre os meses de condução do experimento (novembro de 2024 a março de 2025). A soja é uma cultura muito dependente dos fatores climáticos, como disponibilidade hídrica, fotoperíodo e temperatura, e sua produção pode ser limitada tanto pela escassez quanto pelo excesso de água (SILVA et al., 2020).

Durante a condução do experimento, as temperaturas médias mensais variaram entre 25,15 °C e 26,20 °C (Figura 1), mantendo-se dentro da faixa considerada ideal para o desenvolvimento da cultura da soja. Segundo Farias et al. (2021), a soja apresenta bom desempenho em temperaturas do ar que variam de 20 °C a 30 °C.

Na Tabela 1 verifica-se que as variáveis teor de nitrogênio foliar, teor de fósforo foliar, teor de silício foliar e índice relativo de clorofila não apresentaram diferenças significativas em relação as diferentes fontes de potássio. Verificou-se que os teores de nitrogênio e fósforo ficaram dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura da soja, que variam de 40 a 54 g kg⁻¹ e de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹, respectivamente (RAIJ et al., 1996). Já em relação ao teor de potássio foliar, observou-se diferenças entre as fontes utilizadas, sendo o cloreto de potássio a fonte que proporcionou os maiores valores (14,9 g kg⁻¹), em comparação ao fonolito hidrotermalizado (12,9 g kg⁻¹) e ao fonolito (13,4 g kg⁻¹).

Observa-se que os teores de potássio foliar descrito na Tabela 1 ficaram abaixo da faixa adequada para a cultura da soja (17–25 g kg⁻¹), indicada por Raij et al. (1996) e Malavolta (2006), independente da fonte de potássio utilizada. No entanto, mesmo esses valores estando abaixo do recomendado, não apresentaram sintomas de deficiência durante o desenvolvimento das plantas. Morais et al. (2025) avaliando as mesmas fontes de potássio aplicadas diretamente na safra, encontraram teores foliares médios de 14,21 (cloreto de potássio), 13,78 (fonolito) e 13,43 (fonolito hidrotermalizado), sendo valores próximos aos encontrados neste estudo, o que sugere a liberação gradual de potássio pelas fontes avaliadas, podendo contribuir para a manutenção do estado nutricional das plantas ao longo do ciclo e indicar potencial efeito residual dessas fontes para a cultura subsequente.

Ao avaliar o efeito residual das doses de potássio, observa-se que o teor de fósforo foliar foi a única variável que não respondeu de forma significativa, enquanto os teores de nitrogênio, potássio, silício e o índice relativo de clorofila foram significativamente influenciados pelas diferentes doses aplicadas (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de nitrogênio foliar (TNF), teor de fósforo foliar (TPF), teor de potássio foliar (TKF), teor de silício foliar (TSIF) e índice relativo de clorofila (IRC) em plantas de soja em função do efeito residual das fontes e doses de potássio. Ipameri-GO, 2024/2025.

Fontes de K	TNF	TPF	TKF	TSIF	IRC
	----- g kg ⁻¹ MS -----				ICF
Cloreto de potássio	46,6 a	3,1 a	14,9 a	0,34 a	39,3 a
FH	46,3 a	3,1 a	12,9 b	0,30 a	40,2 a
F	46,9 a	3,2 a	13,4 b	0,31 a	40,5 a
Valor de F	1,09 ^{ns}	0,75 ^{ns}	22,68 ^{**}	2,87 ^{ns}	2,52 ^{ns}
Doses de K (kg ha ⁻¹)					
0		2,99			
50		3,16			
100		3,23			
150		3,02			
200		3,20			
Valor de F	10,67 ^{**}	2,05 ^{ns}	8,40 ^{**}	7,24 ^{**}	7,63 ^{**}
CV (%)	2,32	3,55	6,14	15,34	4,42

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F = Fonolito; FH = Fonolito Hidrotermalizado. ns = não significativo e *, **= Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

As variáveis teor de nitrogênio foliar e teor de potássio foliar apresentaram incremento até as doses residuais estimadas de 109,3 kg ha⁻¹ e 142,2 kg ha⁻¹, respectivamente, com teor máximo de 47,42 g kg⁻¹ de nitrogênio (Figura 1A) e 14,44 g kg⁻¹ de potássio (Figura 1B), e doses superiores influenciaram na diminuição dos teores para as duas variáveis. Resultados divergentes foram observados por Moraes et al. (2025) e Crusciol et al. (2022), que ao avaliarem o efeito de diferentes fontes e doses de potássio aplicados na semeadura da soja, não observaram diferenças significativas nos teores foliares de N e K, atribuindo a ausência de resposta à capacidade da cultura em manter relativa estabilidade nutricional, mesmo sob variação na disponibilidade de potássio no solo.

Para o teor de silício foliar, verificou-se incremento de acordo com o aumento das doses de potássio (Figura 1C). Soratto et al. (2021) avaliando o efeito direto e residual de doses das fontes cloreto de potássio, termopotássio e fonolito moído não observaram efeitos significativos na cultura da soja, no entanto, na avaliação residual na cultura do milho, observou-se um incremento linear no acúmulo de silício foliar. Os resultados do presente estudo podem estar associados à eficiência das rochas silicáticas, a qual é influenciada por fatores locais como a mineralogia da fonte, o tipo de solo e o regime de chuvas, que determinam a taxa de liberação de nutrientes (BARBOSA et al., 2025; CRUSCIOL et al., 2022).

O índice relativo de clorofila apresentou o ponto de máxima com a dose estimada de

116,5 kg ha⁻¹ de K, com um IRC de 40,48 (Figura 1D). Esse comportamento observado pode ser atribuído a sinergia entre potássio e nitrogênio, uma vez que o K atua como ativador de sistemas enzimáticos essenciais à fotossíntese e ao metabolismo da planta (SORATTO et al., 2021). Resultados diferentes foram verificados por Moraes et al. (2025) que, ao avaliarem a aplicação direta das mesmas fontes de potássio na mesma localidade, não observaram efeito significativo das doses sobre o índice relativo de clorofila, sugerindo que o efeito residual pode ter favorecido a liberação gradual e a disponibilidade dos nutrientes ao longo do tempo.

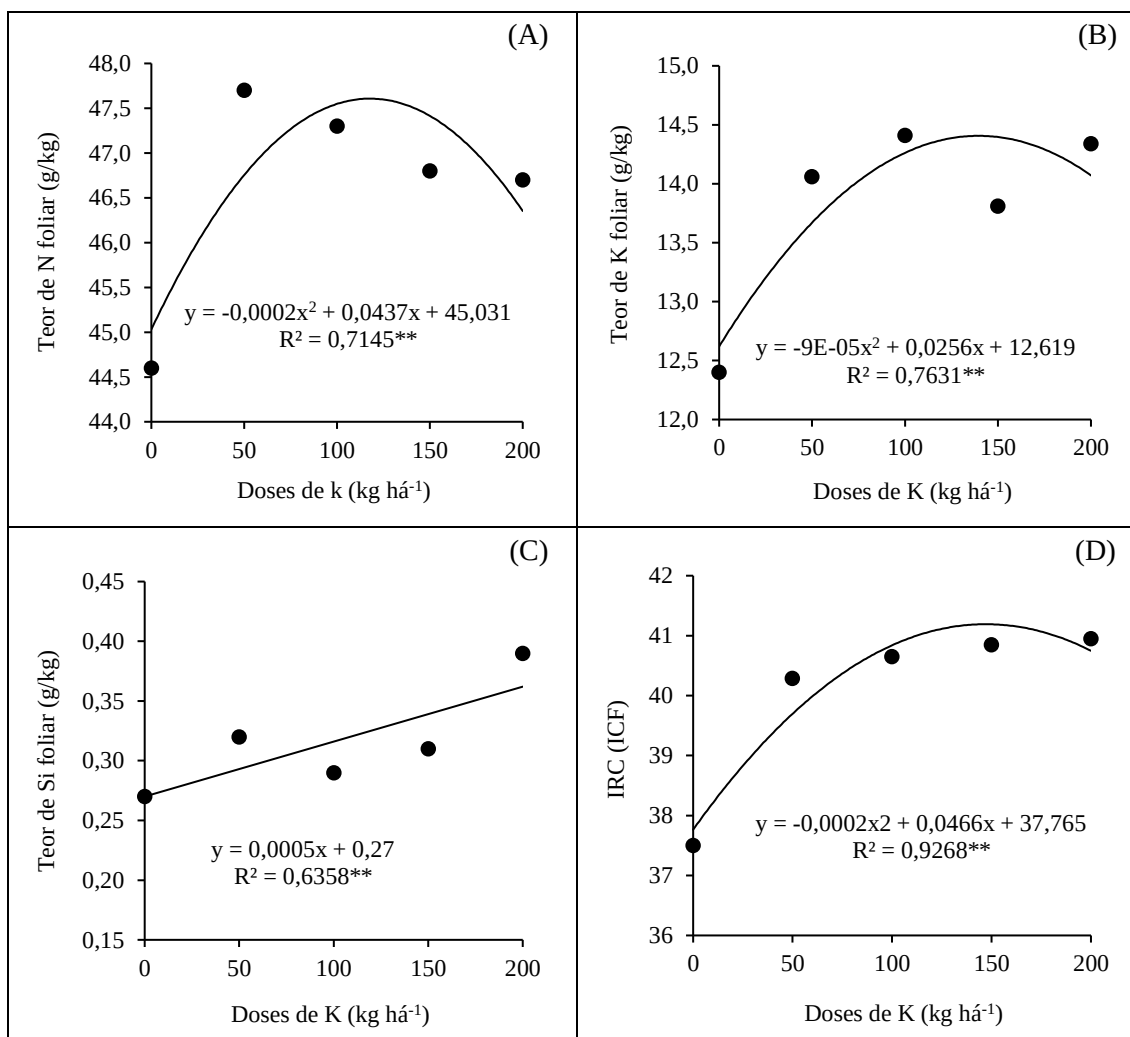


Figura 1. Teor de nitrogênio foliar (A), teor de potássio foliar (B), teor de silício foliar (C) e índice relativo de clorofila (IRC) em função do efeito residual das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2024/2025. ** = Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 verifica-se que as diferentes fontes de potássio não influenciaram significativamente na altura de planta, diâmetro do caule, comprimento de vagens e número de vagens por planta. A ausência de efeito significativo das diferentes fontes de potássio para a altura de planta e diâmetro do caule podem estar associadas a própria característica da planta, além da influência de fatores ambientais e a forma de manejo da cultura, como a densidade de semeadura, espaçamento e época de plantio (TOURINO et al., 2002). Dessa forma, podemos

observar que a utilização das fontes alternativas de potássio contribui de maneira eficiente em relação a fonte tradicional, onde os valores das variáveis foram semelhantes (Tabela 2).

Para a variável inserção da primeira vagem foi observado diferenças significativas entre as diferentes fontes de potássio. A fonte fonolito apresentou o maior valor (18,7 cm), diferindo estatisticamente da fonte fonolito hidrotermalizado obteve valor (17,4 cm), mas não diferindo da fonte Cloreto de potássio (17,7 cm) (Tabela 2). Por outro lado, Morais et al. (2025), trabalhando com as mesmas fontes e doses de potássio utilizadas neste estudo, observaram efeito significativo apenas entre as doses, encontrando uma maior inserção da primeira vagem com a dose de 137,56 kg ha⁻¹ de K.

Contudo, a inserção da primeira vagem pode ser influenciada por diversos fatores genéticos e ambientais, como a cultivar utilizada, fotoperíodo, disponibilidade hídrica, época de semeadura, condições climáticas e o manejo cultural (LIU et al., 2022). Entretanto, o fornecimento adequado de nutrientes no solo é essencial para que as plantas expressem seu potencial máximo de desenvolvimento, o que inclui as práticas de fertilização (PETTER et al., 2012). Com isso, esses resultados sugerem que o fonolito, por liberar potássio de forma mais gradual e contínua, pode ter favorecido o desenvolvimento equilibrado da planta ao longo do ciclo, resultando em uma maior altura de inserção da primeira vagem.

A inserção da primeira vagem mais alta é agronomicamente desejável, pois reduz as perdas durante a colheita mecanizada, especialmente em terrenos irregulares (SEDIYAMA et al., 1999). De acordo com Rocha et al. (2012), a altura entre 12 a 15 cm é o desejável em quase todas as áreas de produção, quando as vagens estão muito próximas ao solo têm maior risco de não serem colhidas pelas plataformas das colhedoras, comprometendo assim, a eficiência da operação. Além disso, para alcançar essas vagens baixas, é necessário ajustar a plataforma para operar mais próxima ao solo, o que eleva o risco de danificar o equipamento ao entrar em contato com pedras e também pode aumentar a coleta de impurezas, reduzindo a qualidade do produto final (EMBRAPA, 2013).

Para o comprimento de vagens e número de vagens por plantas são foram observados efeito significativo, onde as fontes e doses de potássio apresentaram valores próximos (Tabela 2). Isso demonstra que as fontes alterativas de potássio podem ser utilizadas em substituição a fonte tradicional.

Tabela 2. Altura de planta (ALTP), diâmetro do caule (DIAC), inserção da primeira vagem (IPV), comprimento de vagens (COMPV) e número de vagens por planta (NV) em plantas de soja em função do efeito residual das fontes e doses de potássio. Ipameri-GO, 2024/2025.

Fontes de K	ALTP	DIAC	IPV	COMPV	NV
	cm	mm	---	cm	---

Cloreto de potássio	93,8 a	7,2 a	17,7 ab	4,0 a	68,8 a
FH	93,4 a	7,0 a	17,4 b	4,0 a	63,2 a
F	93,9 a	7,2 a	18,7 a	3,9 a	68,9 a
Valor de F	0,08 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,8 ^{**}	2,86 ^{ns}	2,19 ^{ns}
Doses de K (kg ha ⁻¹)					
0	91,3	7,1	16,9	3,9	63,5
50	94,7	6,9	17,8	4,0	62,1
100	93,4	7,0	19,2	3,9	70,5
150	94,3	7,4	18,4	4,1	68,5
200	94,9	7,2	17,3	4,0	70,3
Valor de F	1,49 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,86 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,87 ^{ns}
CV (%)	4,36	9,09	13,12	4,77	14,89

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F = Fonolito; FH = Fonolito Hidrotermalizado. ns = não significativo e *; **= Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade da cultura da soja, em função do efeito residual das fontes e doses de potássio (Tabela 3). Resultados semelhantes foram verificados por Cavalli e Lange (2018), que, ao avaliarem o efeito residual de diferentes doses de potássio (K₂O) na cultura da soja, cultivada no Cerrado Mato-grossense, não observaram efeitos significativos para as variáveis altura de planta, inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos) e produtividade e destacam que a produtividade se manteve estável entre os tratamentos nas duas safras avaliadas.

Petter et al. (2012) observaram que a resposta da soja à adubação potássica tende a ocorrer em solos com baixo teor de K e destacam que a eficiência agrônômica da adubação potássica é influenciada pelas características edafoclimáticas, como o teor de K, textura e a matéria orgânica do solo. Já Serafim et al. (2012) encontraram resposta positiva da soja à adubação com K apenas sob condições controladas e com deficiência hídrica, com isso, entende-se que em solos com níveis adequados de potássio, a adição do nutriente pode não promover incrementos significativos na produtividade da cultura.

Na Tabela 3, observa-se que a massa de 100 grãos apresentou diferenças significativas apenas para as doses de potássio a qual se ajustou ao modelo de regressão quadrática com ponto de máximo de 140 kg ha⁻¹ (Figura 2). Essa variável é um importante componente para a produtividade final da soja, pois representa o peso de uma amostra padrão de 100 sementes e reflete diretamente o acúmulo de reservas durante o enchimento dos grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

O efeito significativo observado para as doses independentemente da fonte utilizada,

sugere que mesmo sem a nova aplicação do nutriente no solo, o potássio residual das três fontes avaliadas foi suficiente para favorecer o acúmulo de reservas nos grãos, promovendo maior enchimento e refletindo diretamente no aumento da massa de 100 grãos.

Ritchey et al. (1983) avaliando experimento de longa duração conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro no Cerrado, observaram que a redução nos níveis de potássio no solo devido à ausência de reaplicação do nutriente resultou em diminuição da massa de 100 grãos. Estudos de Firmano (2017) verificou que a massa de 100 grãos foi positivamente influenciada pelo potássio residual mesmo após várias safras sem reaplicação do nutriente. Entretanto, Cavalli e Lange (2018) ao avaliarem o efeito residual de doses de potássio (0 a 320 kg ha⁻¹ de K₂O) em sistema soja-milho safrinha, não verificaram diferença significativa na massa de 100 grãos e encontrou valores médios entre 11,0 e 11,2g. Diversas variáveis podem ser influenciadas tanto positivamente quanto de forma negativa de acordo com as condições edafoclimáticas, histórico de adubação da área e a dinâmica de disponibilidade do nutriente no solo (CAVALLI; LANGE, 2018).

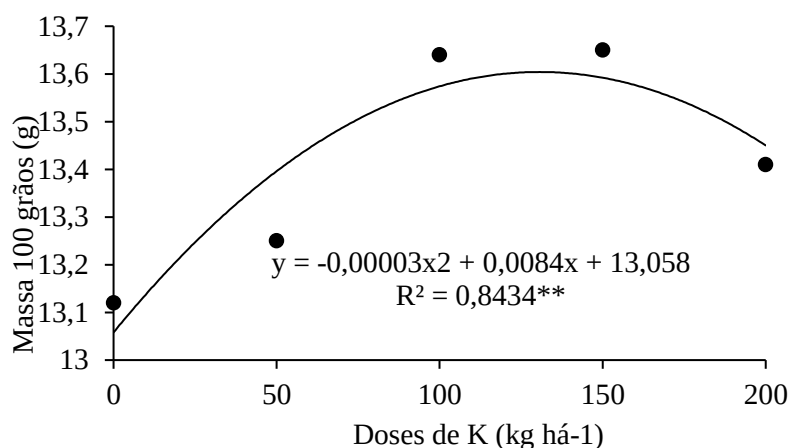


Figura 2. Massa de 100 grãos em função do efeito residual das doses de potássio na cultura da soja. Ipameri-GO, 2024/2025. ** = Significativo a 5% de probabilidade.

A variável massa hectolétrica apresentou diferenças significativas entre as fontes de potássio, sendo a fonte Cloreto de potássio a que apresentou o maior valor médio (68,2 kg/100 L), diferindo estatisticamente do fonolito hidrotermalizado (67,1 kg/100 L), que obteve o menor resultado e o fonolito apresentou valor intermediário de 67,9 kg/100 L (Tabela 3). Já Moraes et al. (2025), ao avaliarem o efeito direto das mesmas fontes e doses de potássio utilizadas neste estudo, encontraram resultado significativo para a variável massa hectolétrica (MH) em função das doses, com valor máximo estimado de 73,28 kg/100 L na dose de 176,66 kg ha⁻¹ de potássio. Na cultura do trigo, essa variável é considerada como um fator de qualidade onde, massas hectolétrica mais densas produzem farinha de melhor qualidade e em maior quantidade (SANTOS et al., 2015)

Tabela 3. Número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100), massa hectolétrica (MH) e produtividade (PROD) em plantas de soja em função do efeito residual das fontes e doses de potássio. Ipameri-GO, 2024/2025.

Fontes de K	NGV	M100	MH	PROD
	---	g	kg/100L	kg ha ⁻¹
Cloreto de potássio	3,0 a	13,6 a	68,2 a	3542 a
FH	3,0 a	13,1 a	67,1 b	3411 a
F	2,9 a	13,4 a	67,9 ab	3480 a
Valor de F	1,03 ^{ns}	1,98 ^{ns}	3,94*	0,57 ^{ns}
Doses de K (kg ha ⁻¹)				
0	3,0		67,8	3404
50	3,0		67,7	3443
100	3,0		67,7	3516
150	3,0		68,1	3527
200	2,9		67,5	3433
Valor de F	1,00 ^{ns}	3,92**	0,37 ^{ns}	0,21 ^{ns}
CV (%)	4,32	6,11	1,87	12,24

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F = Fonolito; FH = Fonolito Hidrotermalizado. ns = não significativo e *, **= Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

As produtividades médias encontradas neste trabalho para a fonte Cloreto de potássio, fonolito hidrotermalizado (FH) e fonolito (F) foram 3.542, 3.411 e 3.480 kg ha⁻¹, respectivamente, as quais alcançaram médias esperadas de produtividade de soja cultivada no Estado de Goiás. Segundo dados da Conab (2025), na safra 2024/2025, a produtividade média nacional da soja em Goiás foi de aproximadamente 4.183 kg ha⁻¹, representando um incremento de aproximadamente 20% em relação à safra anterior, sendo considerada um recorde histórico para o estado, aumento o qual pode estar relacionado a uma melhor distribuição pluviométrica durante o período de cultivo da soja.

Embora a fonte Cloreto de potássio tenha apresentado o maior valor, observa-se que as fontes alternativas fonolito e fonolito hidrotermalizado proporcionaram produtividades médias próximas, mesmo com o nutriente sendo aplicado em cultivo anterior, ou seja, sob efeito residual. MORAIS et al., (2025) avaliaram diretamente as respostas da cultura da soja às mesmas fontes e doses de potássio na safra 2022/2023 e observaram produtividades médias de 4.318, 4.096 e 4.127 kg ha⁻¹, para cloreto de potássio, fonolito e fonolito hidrotermalizado, respectivamente, destacando que o desempenho das fontes alternativas, apresentaram rendimentos comparáveis ao Cloreto de potássio.

Os resultados encontrados neste trabalho evidenciam que mesmo sob efeito residual, as fontes alternativas de potássio (fonolito e fonolito hidrotermalizado) apresentaram desempenho

agronômico semelhante ao cloreto de potássio, tanto em produtividade quanto nos componentes de rendimento da cultura da soja. A liberação gradual de potássio favoreceu o suprimento contínuo do nutriente ao longo do ciclo, contribuindo para a disponibilidade do nutriente as plantas de soja.

6. CONCLUSÃO

A adubação potássica residual com Fonolito e Fonolito hidrotermalizado foi eficiente em manter níveis satisfatórios de produtividade da soja, com desempenho semelhante ao Cloreto de potássio.

As doses residuais de potássio influenciaram positivamente os teores foliares de nitrogênio, potássio, silício e o índice relativo de clorofila, indicando que a adubação da safra anterior contribuiu para a nutrição da cultura subsequente.

A altura de inserção da primeira vagem foi superior com o uso de Fonolito, o que pode favorecer a colheita mecanizada, reduzindo perdas e custos operacionais.

A massa de 100 grãos apresentou resposta significativa às doses residuais de potássio, com valor máximo estimado na dose de 135 kg ha^{-1} , independentemente da fonte utilizada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, L. L. S.; GUERRA NETO, R.; LIMA, V. M. M. Efeito de solução de KCl na germinação de sementes de milho. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36560/17420241953>
- ANDRADE, P. J.; FERRONATO, A.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; CANEPPELE, M. A. B. Physical quality of soybean grains, cultivar TMG115RR, submitted to simulation of rain during the delay of harvest. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 281–292, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v11i4.18262>.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos, Versão 1.0** [77]. Jaboticabal, FCAV/UNESP: 396p, 2015.
- BARBOSA, M. C.; FERNANDES, G. C.; LIMA, B. H.; ROSA, L. G. P.; ITO, W. C. N.; SOUZA, L. F. R. de; JALAL, A.; NOGUEIRA, T. A. R.; OLIVEIRA, C. E. da S.; GHALEY, B. B.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. The effects of potassium dose, timing, and source in soybean crops in Brazilian Savannah Oxisol. **Sustainability**, v. 17, n. 3, p. 934, jan. 2025. DOI: 10.3390/su17030934.
- BARROS, T. H. S.; ALMEIDA, A. M.; COSTA, J. O.; SILVA, F. R. B.; ULIANA, M. V.; ABRAU-JUNIOR, C. H.; COELHO, R. D.; JOSÉ, J. V. Effect of Water Stress on Brazilian Soybean Production. In: **JIMENEZ-LOPEZ, J. C.; ESCUDERO-FELIU, J. (ed.). Soybean Crop – Physiological and Nutraceutical Aspects**. Rijeka: IntechOpen, 2024. cap. 3. DOI: [10.5772/intechopen.107791](https://doi.org/10.5772/intechopen.107791).
- BATISTA, L. A.; MELO, P. R.; ANDRADE, C. L. L. de; CABRAL FILHO, F. R.; VENTURA, M. V. A. Desempenho agrônômico da cultura da soja submetida a diferentes soluções nutricionais. **Revista Brasileira de Pulverização Agrícola**, v. 1, n. 1, p. 47–55, 2024. DOI: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; ESPER-NETO, M.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 113-162. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>.
- BORÉM, A.; SILVA, F.; SEDIYAMA, T.; CAMARA, G. **Soja: do plantio à colheita**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 312 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anexo I da Instrução Normativa nº 39, de 25 de outubro de 2018 – Inclusão do Fonolito Hidrotermalizado**. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/anexo-i-in-39-2018-inclui-fonolito-hidrotermalizado-15-04-21.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2025.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Comex Stat: estatísticas de comércio exterior**. Brasília: MDIC, 2025. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/33936>. Acesso em: 2 mai. 2025.
- BRIGNOLI, F. M.; MUMBACH, G. L.; GRANDO, D. L.; SOUZA JUNIOR, A. A.; MISFELD, A. G.; HAMM, A. R.; SHAFFER, B. A.; PAJARA, F. F. D. Características morfológicas e produtivas da soja influenciadas por doses de Cloreto de potássio na linha de

semeadura. **Acta Biológica Catarinense**, v. 10, n. 1, p. 4-12, 2023

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de KöppenGeiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014

CASTRO, J.; LEANDRO, W.; BRASIL, E.; FERREIRA, K.; OLIVEIRA, C.; PASSOS, P. Eficiência Agronômica de Remineralizador do Solo de Micaxisto na Sucessão Milheto-Soja. P. e76111435864, v. 11. **Research, Society and Development**, 2022. DOI 10.33448/rsd-v11i14.35864.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado mato-grossense. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, p. 310–326, 2018. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n2p310-326>.

CELUPPI, G.; LAJÚS, C. R.; DALCATON, F.; DAL PIVA, A. J.; GIRARDI, N.; SAUER, A. V.; OLIAS, C. Produção mais limpa: uma ferramenta sustentável em soja para reduzir a pegada ambiental do uso de fertilizantes convencionais. **Revista Aracê**, v. 6, n. 3, p. 9317–9342, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev6n3-296>

COMIN, M. A difusão da soja em Soledade/RS entre 1960 e 1985. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 161, p. 169–186, dez. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: 12º levantamento - Safra 2024/25**. Brasília, DF: Conab, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2024-25/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_2025.pdf. Acesso em: 15 jan. 2026.

COUTO, E. S.; COUTINHO, A. P. N.; SOUZA, Á. H. C.; TAVARES, C. J.; MENDONÇA, Y. C. M.; MARQUES, M. A.; MAIA, S. C. M.; OLIVEIRA, R. C. Uso de remineralizador como fonte alternativa de fósforo e potássio na produção de feijão comum. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 12, e8431, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n12-272>.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; GILABEL, A. P.; COSTA, C. H. M. da; CAMPOS, M. de; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J. Broadcast application of ground silicate rocks as potassium sources for grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 57, p. e02443, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02443. Acesso em: 29 ago. 2025.

DIAS, J. F.; MORAIS, Y. C. R.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; SANTOS, T. E. B. dos; MONTES, R. M. Resíduo da adubação potássica pode influenciar na cultura do sorgo? **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, v. 13, n. 4, p. 01–15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rcssv13n4-001>.

EMBRAPA. **Manual do copo medidor para avaliação das perdas na colheita mecanizada da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p. (Documentos, 344). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/979883/1/ManualCopoMedidorbaixacompleto.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja: exigências climáticas – temperatura**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/exigencias-climaticas/temperatura>. Acesso em: 19 jan. 2026.

FIRMANO, R. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; CASTRO, C.; VALE, F.; ALLEONI, L. R. F. Long-Term potassium administration/deprivation cycles on tropical oxisol: effects on soil fertility and soybean performance. **E-Ifc**, n. 51, p. 1–12, 2017. Disponível em: <https://app.ipipotash.org/udocs/e-ifc-51-dec2017-brazil-soybean.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2026.

FREZATO, P.; BRAGA, A. A. O.; SORACE, M. A. F.; COSSA, C. A.; PIRES, C. E. M.; MACHADO, V. J. J.; LHAMAS, L. S.; OSIPI, E. A. F. Ação de bioestimulantes e nutrientes via tratamento de sementes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Glycine max* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18674–18679, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-486>.

FRITZSONS JUNIOR, O. **Remineralização de solos com rochas ricas em silício, potássio e outros nutrientes: uma solução para solos pouco férteis e envelhecidos de Cerrados?** São Paulo: Editora Dialética, 2022. E-book. ISBN 978-65-252-3629-2, 156p

GARBIN, I.; GARBIN, M.; FONTANA, R.; CAPITANI, L.; ALMEIDA, M.; LAJÚS, C. R.; ANASTÁCIO, T. C.; BUSNELLO, F. J. Efeito da distância do Cloreto de potássio sobre a emergência e crescimento radicular do milho. In: **LAJÚS, C. R. et al. Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis**. Chapecó: UNOCHAPECÓ, 2023. p. 176-186.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C., NACKE, H., MARENGONI, N. G., CARVALHO, E. A. D.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 660-666, 2010.

HIRAKURI, M. H. Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020. **Embrapa**, 2021. (Circular Técnica, n. 169).

JUNQUEIRA, E.; BENETT, C. G. S.; MORAIS, Y. C. R.; ARRUDA, N.; OLIVEIRA, L. N. A.; CAMPOS, A. O.; BENETT, K. S. S.; MOREIRA, D. S. Potencial fisiológico de sementes de soja em função de diferentes doses e fontes alternativas de potássio (bioinsumos). **Caribeña de Ciencias Sociales**, v. 14, n. 2, e4458, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rcssv14n2-013>.

KHAN, S. A.; MULVANEY, R. L.; ELLSWORTH, T. R. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, n. 1, p. 3–27, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170513000318>.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: **UFU. Boletim Técnico**, v. 2, p. 34, 2004.

LIMA, Y. N.; LEANDRO, W. M.; CASTRO, J. P. V.; SILVEIRA, A. L. R.; MATIAS, R. K. Análise comparativa da eficiência de remineralizadores como fonte de potássio no capim-elefante (*Cenchrus purpureus*). **Revista UniAraguaia (Online)**, v. 20, n. 1, p. 109, 2025. Disponível em: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Acesso em: 2 mai. 2025.

LIU, C., WANG, X., CHEN, H., XIA, H., TU, B., LI, Y., LIU, X. Nutritional quality of different potassium efficiency types of vegetable soybean as affected by potassium nutrition.

Food Quality and Safety, v. 6, n. 39, 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 319, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MANCUSO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; CASTRO, G.S.A. Effect of potassium sources and rates on Arabica coffee yield, nutrition and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1448-1456, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500010>.

MORAIS, Y. C. R.; CAMPOS, A. O.; OLIVEIRA, L. N. A. de; SOUZA, T. A. A.; JUNQUEIRA, E.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; MONTES, R. M. Alternative sources of potassium for soybean crops. **Journal of Sustainable Development**, v. 18, n. 2, p. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5539/jsd.v18n2p1>.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento**. Porto Alegre: UFRGS, 2005, 30p

NAGEL, J. C. O uso do silício na cultura da soja: avanços recentes e impactos na produtividade. **Revista DELOS**, v. 17, n. 62, p. 01–10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n62-075>.

NASCIMENTO JUNIOR, V. C. do; PRETE, C. E. C.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio em soja com diferentes níveis de tolerância à seca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 3, e3268, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i3a3268>.

NOGUEIRA, T.A.R.; MIRANDA, B.G.; JALAL, A.; LESSA, L.G.F.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; MARCANTE, N.C.; ABREU-JUNIOR, C.H.; JANI, A.D.; CAPRA, G.F.; MOREIRA, A.; MARTINS, É. de S. Nepheline syenite and phonolite as alternative potassium sources for maize. **Agronomy**, v.11, art.1385, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11071385>.

OLIVEIRA, F. A. de; CASTRO, C. de; MOREIRA, A.; SILVA, L. S. da. Efeito residual da adubação com rochas brasileiras como fontes de potássio para a cultura da soja. **Revista Espaço e Geografia**, v. 9, n. 2, p. 247–262, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26512/2236-56562006e39791>.

OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; KLEPKER, D.; FIRMANO, R. F. Tecnologias de manejo da fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. **Embrapa Soja**, 2023. 75 p. (Embrapa Soja. Documentos, 458).

OLIVEIRA, L. P. de; RESENDE, O.; ALMEIDA, A. B. de; PAULA, I. S. M. de; CABRAL, J. C. O. Composição físico-química dos grãos de soja em função da altura na planta. **Científica**, v. 51, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5016/1984-5529.2023.v51.14551>.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 4056–4075, 2015. DOI: 10.1007/s11356-014-3739-1.

- PETTER, F. A., DA SILVA, J. A., PACHECO, L. P., DE ALMEIDA, F. A., DE ALCÂNTARA NETO, F., ZUFFO, A. M., & DE LIMA, L. B. Desempenho agrônomo da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.
- PRIMIERY, B. F.; SANTOS, R. F. Solo, adubação e nutrição da cultura da soja (*Glycine max* L.). **Acta Iguazu**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 80–91, 2017. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v6i5.18472>
- QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. **RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia**, v. 4, n. 7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3641>.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a. Aproximação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 359, 1999.
- RITCHEY, K. D.; CERKAUSKAS, R. F.; SILVA, J. E.; VILELA, L. Efeito residual de potássio e magnésio na produção de grãos e nas doenças de soja num Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 8, p. 825–832, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1987.v22.14881>.
- ROCHA, R.S.; SILVA, J.A.L.; NEVES, J.A.; SEDIYAMA, T. E TEIXEIRA. R.C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.
- SAMPAIO, M. C.; OLIVEIRA, P. S. R. de; SANTOS, R. F.; MORAES REGO, C. A. R. de; PIANO, J. T.; TSUTSUMI, C. Y. Componentes agrônômicos e nutrição mineral de soja cultivada após doses elevadas de calcário calcítico. **Acta Iguazu**, v. 10, n. 1, p. 22–37, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v10i1.26606>.
- SANTOS NETO, J. M. dos; RAMOS, H. T.; GUIMARÃES, C. R. R.; OLIVEIRA, R. A. P. de. Adubação química e orgânica na produção de rabanete: uma revisão. **Revista Novos Desafios**, v. 4, n. 2, p. 223–233, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14204730>.
- SANTOS, F. D.; FANTINEL, R. A.; WEILER, E. B.; CRUZ, J. C. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **TECNO-LÓGICA**, v. 25, n. 2, p. 272-278, jul./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v25i2.15552>.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, H. P., FONTANELI, R. S., CASTRO, R. L., VERDI, A. C., VARGAS, A. M.; BIAZUS, V. Avaliação de trigo para grãos e duplo propósito, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 43-48, 2015.

SANTOS, W. O.; MATTIELLO, E. M.; PACHECO, A. A.; VERGUTZ, L.; SOUZA-FILHO, L. F. S.; ABDALA, D. B. Thermal treatment of a potassium-rich metamorphic rock in formation of soluble K forms. **International Journal of Mineral Processing**, v. 159, p. 16-21, 2017.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do Plantio à Colheita**. 1a ed. Viçosa: UFV, p. 333, 2015.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.478-533.

SERAFIM, M. E.; ONO, F. B.; ZEVIANI, W. M.; NOVELINO, J. O.; SILVA, J. V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p.222-227, 2012.

SILVA, A. P. R.; RODRIGUES, W. P.; CAVALCANTE, T. L.; CARMO, E. L. do; RAIMUNDO, C. de S. Desenvolvimento da soja sob doses de potássio. **Revista Cultura Agronômica**, v. 31, n. 2, p. 55–63, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2022v31n2p55-63>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SILVA, A. D. R.; FERREIRA, B. B.; SILVA, E. J. M.; ALMEIDA, L. V. X. de; SOUSA, L. C. M. de; SALDANHA, P. V.; SILVA, R. F. M. de F. e; GAMBOA, T. dos S.; CARVALHO, J. C. de A. Os efeitos do desmatamento da cultura da soja exportada. **Revista do CEDS**, v. 2, n. 11, 2022.

SILVA, L. M.; OLIVEIRA, L. R.; RODRIGUES, F.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Relative chlorophyll index of maize and soybean according to weather conditions at different times of day. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 66-71, 2020.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. de; GILABEL, A. P.; COSTA, C. H. M. da; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J. Efficiency and residual effect of alternative potassium sources in grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 56, p. e02686, 2021. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02686.

TEIXEIRA, A. M. S., GARRIDO, F. M. S., MEDEIROS, M. E., SAMPAIO, J. A. Estudo do comportamento térmico da rocha fonolito com fins à produção de fertilizantes. **Holos**, v. 5, p. 52- 64, 2015.

TELES, J. B. Q.; PEREIRA, J. L.; JAKELAITIS, A.; SILVA, G. M.; CAIXETA, K. S.; VALE, P. H. M. Seleção de plantas de cobertura para a segunda safra do Cerrado no município de Cristalina-GO. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 01-12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv11n1-052>.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1071-1077. 2002.

TRANCHES, E. R.; SOUZA, F. R. C.; SANTOS, A. R.; SANTOS, N. B.; BIANCHINI, H. C.; FLORENTINO, L. A. Utilização de fonolito associado à vinhaça na cultura da cana-de-açúcar. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e3311426996, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26996>.

UEG. Universidade Estadual de Goiás. **Dados meteorológicos da Estação Meteorológica da Unidade Universitária de Ipameri-GO**. Ipameri, 2025. Disponível em:

<<https://www.ueg.br/ipameri/conteudo/14585>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Production, Supply, and Distribution Online**: Oilseeds, Soybean. Washington, DC: FAS/USDA, 2025. Disponível em:

<https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2222000>. Acesso em: 15 jan. 2026.

VOLKOVA, E.; SMOLYANINOVA, N. Analysis of world trends in soybean production. **BIO Web of Conferences**, v. 141, n. 01026, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1051/bioconf/202414101026>.