

# CAPÍTULO 7

## O SÓDIO (Na) PODE SUBSTITUIR O POTÁSSIO (K) NOS TECIDOS DAS PLANTAS?: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Aglair Cardoso Alves  
João Marcos G. Souza  
Emanuelly C. Rodrigues  
Fábio N. de Jesus  
Edionelton G. de Macedo  
Marcos Vinicius S. Lopes  
João Manoel da Silva

### RESUMO


O uso de insumos potássicos ao longo dos anos possibilitou aumento da produtividade de diversas culturas, todavia, a escassez dos minerais com os quais os fertilizantes químicos são fabricados, tem contribuído para elevar os preços dos formulados potássicos, aumentando o risco de insegurança alimentar. Em vista disso, é fundamental que se invista em estudos que possam fornecer subsídios para o manejo racional dos recursos de nutrientes não renováveis, elevando a eficiência de uso dos fertilizantes. Nesse contexto, a relação do elemento Sódio (Na) com o potássio (K) tem despertado a atenção dos pesquisadores, já que, a substituição de parte do elemento essencial na nutrição de plantas por um outro nutriente não essencial, possibilita a economia nas doses de fertilizantes aplicadas as culturas. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar uma síntese do que tem sido descrito na literatura sobre a substituição do Na elemento não essencial pelo K nutriente que atualmente apresenta tendência de queda nas reservas mundiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nutrição mineral. Nutriente. Elemento benéfico.

### 1. INTRODUÇÃO

O potássio (K) é um dos nutrientes exigidos em grande quantidade pelas culturas agrícolas, já que, atua diretamente no metabolismo das plantas, em razão de estar envolvido em várias funções fisiológicas e bioquímicas, tais como, ativação enzimática, pois o K atua como um cofator ou ativador de enzimas do metabolismo (mais de 60 são ativadas por esse cátion), uma das mais importantes é a piruvato quinase, enzima principal da glicólise e respiração, atua no transporte de nutrientes através das membranas, neutralização aniônica e principalmente tem elevada contribuição para o potencial osmótico da planta, como por exemplo, o processo de abertura e fechamento dos estômatos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). A vista disso, entende-se sobre a essencialidade do K para o desenvolvimento das plantas, sendo, portanto, fundamental para as boas práticas agrícolas.

Ao longo dos anos a inserção do K através da adubação tem possibilitado aumento de produtividade de diversas culturas, como por exemplo, maiores médias na altura, diâmetro e ao número de colmos no cultivo de cana-de-açúcar (OTTO; VITTI; LUZ, 2010), também aumenta concentração de carboidratos na planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), maior número de



vagens na cultura da soja (SILVA *et al.*, 2022), assim como, conteúdo de óleo e proteínas dos grãos de soja (DECHEN; NACHTIGALL, 2006) melhoria na qualidade de grãos em cafeeiros (SILVA *et al.*, 2001, 2002), incremento do peso e qualidade de grãos de milho (PETTER *et al.*, 2016), entre outros. O potássio (K), juntamente com o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são requeridos em altas concentrações pela grande maioria das culturas, o que torna cada vez mais crescente a necessidade desses insumos no setor agrícola.

No Brasil, os solos, geralmente são intemperizados, dessa forma os teores de cátions básicos, como por exemplo K, apresenta-se em baixas concentrações, e assim, para alcançarem bons resultados de produção e produtividade agrícola, realiza-se anualmente, a inserção de milhares de toneladas de fertilizantes potássicos ao solo por meio da adubação. Esse cenário é muito preocupante para o setor agrícola, pois o Brasil tem pequenas jazidas potássicas, dessa forma, 90 % do consumo interno são importados, pois a produção interna de fertilizantes ainda é insuficiente para atender às necessidades das práticas agrícolas (COLA; SIMÃO 2012).

Para remediar a problemática destacada anteriormente, tem-se investido em , estudos visando a utilização de fontes alternativas de potássio, a exemplo do uso de rochas que contenha potássio (BARBOSA FILHO *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2010; RAMOS *et al.*, 2017; RATKE *et al.*, 2020), que é inclusive atende os princípios defendidos e seguidos na agricultura orgânica. Outra forma, que tem despertado a atenção dos pesquisadores, é a substituição do K na nutrição de plantas por um outro nutriente não essencial, tal como o Na (BALIZA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2014; SETTE *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2020). Já que, em algumas plantas, este elemento pode substituir parcialmente o íon K, principalmente diante da atuação osmótica (MALAVOLTA, 2006). Além disso, esses elementos benéficos reduzem o nível crítico de um elemento essencial (WAKEEL *et al.*, 2010). A partir desse conhecimento torna-se mais racional o manejo de adubação, uma vez que, podem-se utilizar adubações com taxas menores, mas sempre de acordo com a necessidade da cultura.

Diante disso, objetivou-se com trabalho apresentar uma síntese do que tem sido descrito na literatura sobre a substituição do Na elemento não essencial pelo K nutriente que atualmente apresenta tendência de queda nas reservas mundiais.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Problemática dos adubos potássicos no Brasil**

A expansão agrícola no país nas últimas décadas está atrelada ao aumento no consumo de fertilizantes, dentre eles os insumos formulados a base de K. O K é o principal nutriente

aplicado nos solos agrícolas do Brasil, seguido por cálcio e nitrogênio (CELLA; ROSSI 2010). O fertilizante potássico mais utilizado no mundo é o cloreto de potássio (KCl), esta fonte se destaca devido à sua alta concentração e baixo custo de produção (DIAS; FERNANDES, 2006).


Além do KCl, outros sais de potássio também, são utilizados como fertilizantes, como por exemplo, o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), sulfato de potássio e magnésio ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ), nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), nitrato de potássio e sódio ( $KNa(NO_3)_2$ ), carbonatos de potássio ( $K_2CO_3$ ,  $KHCO_3$ ), ortofosfatos de potássio ( $KH_2PO_4$ ;  $K_2HPO_4$ ), polifosfatos de potássio ( $K_2P_2O_7$ ) e metafosfatos de potássio ( $KPO_3$ ) (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS 2007).

Atualmente, 50 % da reserva de potássio existente no mundo esta na Ucrânia, Canadá, Reino Unido, Bielorrússia, Alemanha, Brasil e Estados Unidos hospedam, juntos, a outra metade da reserva de K mundial (DIAS; FERNANDES, 2006). As reservas brasileiras de potássio estão localizadas, em grande parte, no Aptiano da Bacia Sergipe-Alagoas e na região de Autazes, na Bacia do Amazonas (KIEFER; ULHEIN; FANTON, 2019).

Na Amazônia, a reserva em Autazes, a 113 quilômetros de Manaus, tem aproximadamente 425 milhões de toneladas de KCl, a 685 m de profundidade, sendo que apenas 44 % da área foi pesquisada, o que indicaria potencial de reservas bem maiores. (KULAIFF; GOES, 2016). Apesar disso, em Autazes, ainda não se iniciou a exploração do minério, uma vez que, o Projeto Potássio Autazes está em fase de licenciamento ambiental (MESQUITA, 2022) Mesmo assim, os depósitos da Bacia do Amazonas constituem-se na melhor perspectiva de elevar significativamente a produção de cloreto de potássio no Brasil (MARINI, 2006).

Atualmente, no Brasil, a única empresa que produz potássio, e a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em Taquari/Vassouras, no estado de Sergipe (DIAS; FERNANDES 2006). Dessa forma a agricultura depende do potássio importado de outros países para sustentar a produção nacional, uma vez que a empresa nacional não atende mais do que 10% da demanda brasileira.

No Brasil, justifica-se a baixa quantidades desses minerais nos solos, devido as condições climáticas que proporcionam um intemperismo químico muito intenso, como consequencias das altas precipitações e temperaturas, que alteram os seus matérias constituintes, restando pouca ou nenhuma reserva mineral nas frações grosseiras (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS 2007). Tais dados, revelam a evidente necessidade que o país demanda



por fontes alternativas de potássio, nesse caso, as opções se restringem ao uso de rochas que contenham K, cinzas e fertilizantes orgânicos (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

Ramalho e Pires (2010), aferiu potenciais fontes de potássio (casca de café com e sem pergaminho; dois tipos de cinzas de madeira e duas rochas fosfáticas (fina e grossa) para o sistema orgânico de produção e observaram resultados positivos para, todas as fontes alternativas testadas. Resultados semelhantes foram observados por Ribeiro *et al.* (2010), com outras fontes alternativas de potássio: pó de rochas silicáticas portadoras de K (ultramáfica alcalina com 2,79 % de  $K_2O$ , brecha piroclástica com 1,69 % de  $K_2O$  e flogopitito com 5,73 % de  $K_2O$ ).

Santos (2022), trabalhando com soja, avaliou a utilização do pó de rocha de nefelina – sienito como fonte potássica, analisando os efeitos na planta e nos atributos químicos do solo e concluiu que a utilização do mesmo proporcionou uma menor umidade dos grãos na colheita quando comparado a aplicação do cloreto de potássio (KCl). Sendo que para as demais variáveis analisadas a aplicação do pó de rocha de nefelina – sienito, proporcionou resultados similares ao KCl mostrando ser promissor o uso como fonte de  $K^+$  na soja.

Enquanto que, nos fertilizantes orgânicos a concentração de K é pequena, normalmente entre 2 e 4 %, entretanto, é muito variável a depender do estágio de decomposição dos resíduos e da forma como são armazenadas, o adubo orgânico fonte de potássio mais utilizado no Brasil é a cama de aves, devido a abundância, preço e facilidade e manipulação (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS 2007). Com a utilização de fontes alternativas de K é possível reduzir gastos com importação de adubos potássicos, assim como, estimular a economia do país, gerando empregos e renda.

Além disso, outra opção, são as técnicas envolvem o manejo da adubação potássica com objetivo de aumentar a sua eficiência, como por exemplo, o uso de sódio ( $Na^+$ ) para substituir parcialmente o potássio ( $K^+$ ), diminuindo assim, a quantidade de K aplicada na adubação, o que é extremamente interessante por alguns motivos, destacando por exemplo o custo, já que o cloreto de sódio (NaCl) é mais barato que KCl, além disso, o  $Na^+$  não é fixado pelos minerais de argila, em solos fixadores de  $K^+$ , além de outras implicações práticas substanciais para o manejo de fertilizantes (MALAVOLTA 1980; LACLAU *et al.*, 2003, BALIZA *et al.*, 2010, INOCÊNCIO; CARVALHO; NETO 2014; COSTA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2020).

## 2.2 Sódio como elemento benéfico

No decorrer do tempo e com a evolução das pesquisas na área de nutrição mineral de plantas, constatou-se que alguns elementos podem ser considerados benéficos para algumas espécies ou mesmo substituir parcialmente a função de elementos essenciais (KORNDORFER, 2006). Estes elementos quando encontrados em concentrações muito baixas, estimulam o crescimento de plantas, porém sua essencialidade não é demonstrada ou é, apenas demonstrada sob determinadas condições especiais, esses elementos têm sido classificados como elementos benéficos (MALAVOLTA 1980).

O sódio (Na) é classificado como elemento benéfico, juntamente com o Cobalto (Co), Selênio (Se) e Silício (Si), estes, quando presente no solo ou na solução nutritiva, promovem o aumento da produtividade de algumas plantas. Quanto ao sódio, em espécies agrícolas, tais como, aspargos, cevada, brócolis, alcaravia, cenoura, algodão, painço, aveia, beterraba sacarina, beterraba vermelha e nabo, o  $\text{Na}^+$  apesar do não ser essencial estimulou o crescimento (HARMER; BENNE, 1945; LARSON; PIERRE, 1953; LEHR, 1953; MONTASIR *et al.*, 1966). As plantas o absorve na forma iônica  $\text{Na}^+$  e nos tecidos vegetais possuem alta mobilidade, com uma concentração variando entre 0,013 e 35,1 g  $\text{kg}^{-1}$  na matéria seca e de 0,16 a 167,8 g  $\text{Kg}^{-1}$  nas cinzas (KORNDORFER, 2006).

Apesar de geralmente ser considerado um elemento benéfico, para algumas espécies de plantas, o Na é considerado elemento essencial, como foi demonstrado em *Atriplex versicaria* (BROWNELL, 1980). Porém o excesso de sódio promove o acúmulo de grandes quantidades na planta, tornando este elemento altamente tóxico em níveis fisiológicos para a grande maioria das espécies. Os danos causados pela toxidez de Na incluem deficiência dos nutrientes como K e Ca, desenvolvimento de estresse hídrico e indução de danos celulares resultantes do desbalanço do sistema de oxi-redução, resultando na produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (DIAS *et al.*, 2016).

Conforme Pedrotti *et al.* (2015) destaca o efeito do sódio ocorre de forma mais acentuada nos tecidos jovens, afetando os mecanismos de divisão e expansão celular nos pontos de crescimento da planta. Além destas, alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, pois o  $\text{Na}^+$  aumenta a espessura da dupla camada difusa, proporcionando dispersão das argilas, e conseqüente redizendo porosidade e a permeabilidade do solo, alterações estas que provocam desordens nutricionais nas plantas cultivadas, assim como acentua as limitações imposta a produtividade (KORNDORFER, 2006; FREIRE; FREIRE 2007).

### 2.3 Aplicação de sódio no manejo do potássio

O sódio pode substituir o potássio na ativação de numerosas enzimas, entre elas, na ativação enzimática da ATPase. Isso ocorre devido as características químicas e estruturais semelhantes entre os elementos, tal como, os raios iônicos hidratados do Na (0,358 nm) e do K (0,331 nm) que possuem valores próximos (MARSCHNER, 2012). Wakeel *et al.*, (2009) ao avaliarem a atividade hidrolítica e de bombeamento da H<sup>+</sup>-ATPase de folhas de beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) afetada pelo estresse salino, observaram que a atividade hidrolítica da H<sup>+</sup>-ATPase da membrana plasmática da beterraba sacarina não foi afetada quando K<sup>+</sup> 100 mM foi substituído por Na<sup>+</sup> 100 mM in vitro.

Porém, para a maioria das espécies ativação enzimática é uma função específica do K<sup>+</sup> e outros cátions como o Na<sup>+</sup> não podem substituí-lo (WAKEEL *et al.*, 2011). De acordo com Mengel, (2007) a substituição não é possível, diante do fato que mesmo o sódio, tendo carga elétrica idêntica, o Na<sup>+</sup> tem um invólucro de hidratação maior em relação ao K<sup>+</sup> e o transporte de Na<sup>+</sup> através das membranas biológicas não ocorrerá da mesma forma, já que, ao ligar-se a enzima no lugar do potássio, a conformação estrutural da enzima fica distorcida. Diante disso, na literatura as espécies, produzem satisfatoriamente sobre aplicação regular de K, com adição de Na, ou quando substitui parcialmente o potássio em baixas concentrações. Como por exemplo, os resultados encontrados por, Costa *et al.*, (2020) ao avaliarem a interação do cultivo de beterraba cv. Early Wonder Tall Top (*Beta vulgaris*) com o fornecimento de Na, observaram que esta cultura produz satisfatoriamente sobre aplicação regular de K, com adição de Na, bem como quando se substitui parcialmente o potássio ao nível de 25 %.

Além disso, algumas espécies de plantas pode usar Na<sup>+</sup>, em vez de K<sup>+</sup>, para cumprir funções inespecíficas, como a osmorregulação. Plantas com resistência moderada a alta ao sal, como por exemplo, a beterraba açucareira e a beterraba, podem acumular uma grande quantidade de Na<sup>+</sup> nos vacúolos celulares em altos níveis de salinidade (WAKEEL *et al.*, 2011), e conseqüentemente ascrecer significativas contribuições para as relações osmóticas, principalmente quando o K<sup>+</sup> está presente em concentrações abaixo do ideal, como mostrado no experimento de Costa *et al.*, (2020).

Resultados semelhantes, foram observados por Ali *et al.*, (2009) ao observarem que algodão (*Gossypium hirsutum* L.), planta tolerante a salinidade, é capaz de crescer bem sob substituição parcial de K<sup>+</sup> por Na<sup>+</sup>, assim como, Zhang *et al.* (2006), ao avaliarem os efeitos da

substituição de K por Na em diferentes proporções de mudas algodão, verificaram que o crescimento do algodoeiro foi maior com a dose adicional de Na na solução de cultivo.

Dessa forma, para algumas espécies, conclui-se que o Na<sup>+</sup> pode substituir parcialmente o K<sup>+</sup> como é o caso, da nutrição da beterraba e no cultivo do algodoeiro. Coelho *et al.* (2022) ao avaliarem o desenvolvimento de gengibre ornamental (*Zingiber spectabile* Griff.) em decorrência da substituição do K pelo Na nas seguintes proporções: 6K:0Na, 5K:1Na, 4K:2Na, 3K:3Na, 2K:4Na, 1K:5Na, e 0K:6Na, observaram que, as plantas dos tratamentos 1K:5Na e 0K:6Na apresentaram sintomas característicos de deficiência de K aproximadamente após 51 dias de estabelecidos os tratamentos, onde o primeiro sintoma foi a redução do crescimento da planta, tanto da parte aérea quando do sistema radicular. Vale ressaltar que nas plantas com omissão total de K (0K:6Na), os sintomas se manifestaram de forma mais severa. As plantas de outros tratamentos como 2K:4Na e 3K:3Na, mesmo com baixo suprimento de K, não apresentaram sintomas de deficiência, indicando a baixa necessidade de K pelas plantas de gengibre ornamental (*Zingiber spectabile* Griff.), sendo para esta espécie a presença do potássio fundamental para o seu desenvolvimento inicial, com excessão, para algumas variáveis analisadas, número de folhas e números de hastes.

Baliza *et al.* (2010) ao avaliarem o crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá Cerrado, seleção MG-1474, influenciadas pela substituição do potássio pelo sódio, observaram que as médias de altura de planta, diâmetro do caule, número de pares de folhas do tratamento com 25 % da substituição do K pela Na foram significativamente iguais aos do tratamento que não recebeu Na. Entretanto os autores relatam que, baseado apenas nesse trabalho, não se pode afirmar com certeza que o Na<sup>+</sup> substituiu em 25 % o K na nutrição das mudas de cafeeiro, já que, talvez, apenas a redução em 25 % da concentração de K pode não ter sido suficiente para afetar significativamente o crescimento das plantas. Os mesmos concluíram que a presença do Na na solução nutritiva não promove benefício adicional às mudas de cafeeiro.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo, procurou destacar os estudos recentes acerca das descobertas que envolvem essa temática da substituição do K<sup>+</sup> por Na<sup>+</sup> na fisiologia vegetal, assim como, as implicações práticas. Diante dos resultados encontrados na literatura, não se pode substituir totalmente o potássio, entretanto, a substituição parcial para algumas culturas representa um

manejo de nutrientes racional com segurança, até certos níveis percentuais sem diminuir a produção.

## REFERÊNCIAS

ALI, L. *et al.* Potassium substitution by sodium in root medium influencing growth behavior and potassium efficiency in cotton genotypes. **Journal of Plant Nutrition**. v. 32, p. 1657–1673. 2009. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103041912>>. Acessado em: Mar. 2023.

BALIZA, D. P. *et al.* Crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro influenciadas pela substituição do potássio pelo sódio. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 272-282, set./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/341>>. Acessado em: Mar. 2023.

BARBOSA FILHO, M. P. *et al.* Aplicação de rochas silicáticas como fontes alternativas de potássio para a cultura do arroz de terras altas. **Revista Espaço e Geografia**, p. 63-84, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegografia/article/view/39770>>. Acessado em: Mar. 2023.

BROWNELL, P. F.; Sodium as an essential micronutrient element for plantas and its possible role in metabolism. **Advances in Botanical Research**, v.7, p.117 – 224, 1980. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065229608600889>>. Acessado em: Mar. 2023.

CELLA, D.; ROSSI, M. C. L.; Análise do mercado de fertilizantes no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 7, n. 1, p. 41-50, 2010. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/43>>. Acessado em: Mar. 2023.

COELHO, V. A. T. *et al.* Potássio e sódio na nutrição mineral e crescimento em plantas de gengibre ornamental. In: MIRANDA, M. L. D.; **Fitoquímica: potencialidades biológicas dos biomas brasileiros** – v. 2. Editora científica digital, 2022 – Guarujá – SP. Disponível em: <<https://www.editoracientifica.com.br/artigos/potassio-e-sodio-na-nutricao-mineral-e-crescimento-em-plantas-de-gengibre-ornamental>>. Acessado em: Mar. 2023.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 7, n. 4, p. 3, 2012. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132>>. Acessado em: Mar. 2023.

COSTA, A. L.; CARVALHO, K. F.; E OLIVEIRA, N. P. Crescimento e Nutrição da beterraba sob doses de sódio e potássio. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e340985500, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5500>>. Acessado em: Mar. 2023.



DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 432, 2007.

DIAS, N. S. *et al.* Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R. *et al.* **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2ª ed 2016. p. 151-162. Disponível em: <<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=330391>>. Acessado em: Mar. 2023.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: Uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 107, 2006. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>>. Acessado em: Mar. 2023.

ERNANI, P. R. *et al.* **Fertilidade solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 551-594.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Manejo em Solos afetados por Sais. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 929-951.

HARMER, P. M.; BENNE, E. J. Sodium as a crop nutrient. **Soil Science Society of America Journal**. v. 60, p. 137-148. 1945. Disponível em: <[https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1945/08000/SODIUM\\_AS\\_A\\_CROP\\_NUTRIENT.7.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1945/08000/SODIUM_AS_A_CROP_NUTRIENT.7.aspx)>. Acessado em: Mar. 2023.

INOCENCIO, M. F.; CARVALHO, J. G.; NETO, A. E. F. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.113-123, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100011>>. Acessado em: Mar. 2023.

KIEFER, G. L. S.; UHLEIN, A.; FANTON, J. Jb. O depósito potassífero de Autazes no contexto estratigráfico da Bacia do Amazonas. **Revista de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 349-365, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i2.12857>>. Acessado em: Mar. 2023.

KORNDORFER, G. H. Elementos Benéficos. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 355-370.

KULAIIF, Y.; GÓES, A. M. Potássio no Brasil. Recursos In: MELFI, A. J. *et al.* (Org.). **Minerais no Brasil: problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 84-95.

LACLAU, J. P. *et al.* Nutrient cycling in a clonal stand of Eucalyptus and an adjacent savanna ecosystem in Congo: 1. Chemical composition of rainfall, throughfall and stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**. v.176, 105-119. 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00280-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00280-3)>. Acessado em: Mar. 2023.

LARSON, W. E.; PIERRE, W. H. Interaction of sodium and potassium on yield and cation composition of selected crops. **Soil Science Society of America Journal**, v.76, p. 51-64. 1953.

Disponível em: [https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1953/07000/Interaction\\_of\\_Sodium\\_and\\_Potassium\\_on\\_Yield\\_and.6.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1953/07000/Interaction_of_Sodium_and_Potassium_on_Yield_and.6.aspx). Acessado em: Mar. 2023.

LEHR, J. J. Sodium as a plant nutrient. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.4, p. 460–471. 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740041002>. Acessado em: Mar. 2023.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, p. 251, 1980.

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

MARINI, O. Potencial Mineral do Brasil. In: MELFI, A. *et al.* (Org.), Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios. Rio de Janeiro: **Academia Brasileira de Ciências**. p. 18-31, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Maisa-Abram/publication/328839006\\_Fosfato\\_no\\_Brasil/links/5be5b5324585150b2baa6e63/Fosfato-no-Brasil.pdf#page=19](https://www.researchgate.net/profile/Maisa-Abram/publication/328839006_Fosfato_no_Brasil/links/5be5b5324585150b2baa6e63/Fosfato-no-Brasil.pdf#page=19). Acessado em: Mar. 2023.

MARSCHNER, H. MARSCHNER'S Mineral Nutrition of Higher Plants. London: **Academic Press**. 2012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=yqKV3USG41cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mineral+Nutrition+of+Higher+Plants.+&ots=VcaGT5y0Bd&sig=7oSYLj7QmARRB2n2vGRLve6iM8M#v=onepage&q=Mineral%20Nutrition%20of%20Higher%20Plants.&f=false>. Acessado em: Mar. 2023.

MARTINS, E. S. *et al.* Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F. (EE.) **Rochas e Minerais Industriais: Usos e especificações**, v. 2, p. 209, 2008. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1098/1/09.%20MRI%20-%20P%C3%B3de%20Rochas.pdf>. Acessado em: Mar. 2023.

MESQUITA, T. B. **Amazonas tem potássio para reduzir dependência da Rússia na compra de fertilizantes**. Amazonas atual, 2 de abril de 2022. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/amazonas-tem-potassio-para-reduzir-dependencia-da-russia-na-compra-de-fertilizantes/>. Acessado: Mar. 2023.

MONTASIR, A. H.; SHAROUBEEM, H. H.; SIDRAK, G. H. Partial substitution of sodium for potassium in water cultures. **Plant Soil**, v.25, p. 181–194, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01347817>. Acessado em: Mar. 2023.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1137-1145, 2010. Disponível em: <https://www.rbcjournal.org/pt-br/article/manejo-da-adubacao-potassica-na-cultura-da-cana-de-acucar/>. Acessado em: Mar. 2023.

PEDROTTI, A. *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 1308-1324, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231164824.pdf>. Acessado em: Mar. 2023.

PETTER, F. A. *et al.* Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agrônômico do milho no cerrado piauiense. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 372-382, 2016. Disponível

em: < <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/1218/418>>. Acessado em: Mar. 2023.

RAMALHO, A. M.; PIRES, A. M. M. **Fontes alternativas de potássio em agricultura orgânica**. In: Congresso interinstitucional de iniciação científica, 2., 2008, Campinas: IAC: ITAL: APTA; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2010. 1 CD-ROM. 10401. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/872866/1/2010PC-FontesAlternativas-Pires.pdf>>. Acessado em: Mar. 2023.

RAMOS, T. C. D. A. *et al.* **Produção de ácidos orgânicos como mecanismo de biossolubilização de rochas silicáticas por fungos filamentosos isolados de solos ferruginosos**. 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/166166/1/Producao-acidos.pdf>>. Acessado em: Mar. 2023.

RATKE, R. F. *et al.* Pós de rochas regionais como fonte de fósforo e potássio para plantas. **Research, Society and Development, Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, e 497974257, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4257>>. Acessado em: Mar. 2023.

RIBEIRO, L. D. S. *et al.* Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 891-897, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bJWdVFtntC9gHHNsqw3wWfP/?lang=pt>>. Acessado em: Mar. 2023.


SANTOS, R. A. **Pó de rocha de Nefelina - Sienito como fonte potássica: efeitos na soja e nos atributos químicos do solo**. Rio Verde. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Bioenergia e Grãos), Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. p.53. 2022. Disponível em: <[https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3175/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Renato%20Aparecido%20Santos.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3175/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Renato%20Aparecido%20Santos.pdf)>. Acessado em: Mar. 2023.

SETTE JR, C. R. *et al.* Alterações nas características químicas da madeira com a substituição do K por Na em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, p. 569-578, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/275674779\\_Alteracoes\\_nas\\_caracteristicas\\_quimicas\\_da\\_madeira\\_com\\_a\\_substituicao\\_do\\_K\\_por\\_Na\\_em\\_plantacoes\\_de\\_eucalipto](https://www.researchgate.net/publication/275674779_Alteracoes_nas_caracteristicas_quimicas_da_madeira_com_a_substituicao_do_K_por_Na_em_plantacoes_de_eucalipto)>. Acessado em: Mar. 2023.

SILVA, I. P. *et al.* Crescimento e nutrição de mudas de pinhão manso influenciados pela substituição do potássio pelo sódio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 194-199, 2014. Disponível em: <[https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2823/pdf\\_103](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2823/pdf_103)>. Acessado em: Mar. 2023.

WAKEEL, A. *et al.* Potassium Substitution by Sodium in Plants, **Critical Reviews in Plant Sciences**, 30:4, 401-413, DOI: 10.1080/07352689.2011.587728. 2011. Acessado em: <<https://doi.org/10.1080/07352689.2011.587728>>. Acessado em: Mar. 2023.

WAKEEL, A.; STEFFENS, D.; SCHUBERT, S. Potassium substitution by sodium in sugar beet (*Beta vulgaris*) nutrition on K-fixing soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**,



Weinheim, v. 173, n. 1, p. 127–134, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200900270>>. Acessado em: Mar. 2023.

ZHANG, Y. *et al.* Effects of partial replacement of potassium by sodium on cotton seedling development and yield. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 29, n. 10, p. 1845- 1854, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01904160600899378>>. Acessado em: Mar. 2022.