

Santo Antônio de Goiás, GO / Outubro, 2025



Adubação de sistema com fósforo e potássio na sucessão soja, milho e feijão-comum irrigado

Pedro Marques da Silveira, Adriano Stephan Nascente, Luís Fernando Stone e Maria da Conceição Santana Carvalho

Pesquisadores, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

Resumo – Em solos de Cerrado manejados de forma sustentável e com fertilidade construída, a demanda por novas adubações consistirá essencialmente da reposição do que foi exportado nos produtos colhidos. O objetivo do estudo foi aprimorar critérios para adubação com fósforo e potássio no sistema agrícola soja (verão)/milho (safrinha)/feijão irrigado (inverno). O estudo, realizado por três anos, teve o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constaram da adubação recomendada para o feijão e a soja combinados ou não com quantidades exportadas pela soja, sendo assim: 1. Feijão NPK (recomendado), Soja PK (recomendado); 2. Feijão NPK (recomendado), Soja (sem adubação); 3. Feijão (sem adubação), Soja PK (recomendado); 4. Feijão NPK (recomendado) + P (exportado pela soja), Soja K (recomendado); 5. Feijão NPK (recomendado) + P e K (exportados pela soja), Soja (sem adubação), sendo esses dois últimos considerados os tratamentos de adubação de sistema. Os tratamentos de adubação de sistema (4 e 5) proporcionaram produtividades similares ao tratamento em que as culturas do feijão e da soja receberam adubações individuais. Assim, visando maior rentabilidade operacional nas atividades de plantio, pode-se considerar esses tratamentos como opções de manejo da adubação do sistema agrícola soja/milho/ feijão irrigado.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., *Glycine max*, manejo da adubação, solos de fertilidade construída.

System fertilization with phosphorus and potassium in the succession of soybean, millet and irrigated common bean

Abstract – In Cerrado soils managed in a sustainable way and with built fertility, the demand for new fertilization will essentially consist of replacing the nutrients exported in the harvested products. The study aimed to improve fertilization criteria for phosphorus and potassium in the soybean (summer)/millet (off-season)/irrigated common bean (winter) agricultural system. The study was carried out over three growing seasons in a randomized block design, with five treatments and five replications. The treatments consisted of recommended fertilization for common bean and soybean, combined or not with the amounts

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12, Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de
Goiás, GO
www.embrapa.br/arroz-e-feijao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê Local de Publicações

Presidente

Isaac Leandro de Almeida

Membros

Fabiano Severino, Luís Fernando
Stone, Pedro Marques da Silveira,
Tereza Cristina de Oliveira Borba
e Priscila Vetrano Rizzo

Edição executiva

Riquelma de Sousa de Jesus

Revisão de texto

Luís Fernando Stone

Normalização bibliográfica

Riquelma de Sousa de Jesus
(CRB-2/349)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Fabiano Severino

Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

exported by soybean, as follows: 1. NPK common bean (recommended), PK soybean (recommended); 2. NPK common bean (recommended), Soybean (without fertilization); 3. Common bean (without fertilization), Soybean PK (recommended); 4. NPK common bean (recommended) + P (exported by soybean), Soybean K (recommended); 5. NPK common bean (recommended) + P and K (exported by soybean), Soybean (without fertilization). The last two were considered system fertilization treatments. These treatments (4 and 5) provided yields similar to those obtained when common bean and soybean received individual fertilization. Thus, aiming for greater operational profitability in planting activities, these treatments can be considered management options for fertilization in the soybean/millet/irrigated common bean agricultural system.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., *Glycine max*, fertilization management, constructed fertility soils.

Introdução

O Cerrado ocupa 207 milhões de hectares do território brasileiro, o que representa aproximadamente 4% da região tropical do mundo (Silva; Siqueira, 2022). Os solos de maior representatividade nesse Bioma são os Latossolos (46%), os Argissolos (15%) e os Neossolos Quartzarênicos (15%) (Reatto et al., 1998). Esses solos são intemperizados, e suas características marcantes são: o baixo teor de nutrientes, a elevada acidez e a predominância de argilas (caulinitas e óxi-hidróxidos de Fe e Al) de baixa atividade (Frazão et al., 2008).

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem se constituído em tema de crescente relevância, em razão do aumento das atividades antrópicas (Araújo et al., 2007). Com a correção do solo e o fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para as culturas, pelo uso de fertilizantes, pode-se obter aumentos significativos na produtividade agrícola (Fageria; Nascente, 2014). Assim, estima-se que atualmente os fertilizantes são responsáveis por 40-60% de toda a produção agrícola (Johnston; Bruulsema, 2014). Apesar das limitações químicas dos solos de Cerrado, foi por meio da correção da acidez do solo e da aplicação de fertilizantes para elevar a disponibilidade de nutrientes que se criou condições adequadas para o desenvolvimento da agricultura na região. O uso de técnicas adequadas para transformar o Cerrado num polo produtor de alimentos teve tanto sucesso que a região é hoje um dos principais locais de produção de

alimentos no mundo (Martins et al., 2015). O conjunto dessas técnicas passou a ser referido como manejo para “construção da fertilidade do solo”, que pode ser desdobrado em diversos procedimentos a serem executados a partir da interpretação de resultados da análise do solo (Resende et al., 2016).

Não havendo maiores perdas de nutrientes do sistema por erosão, lixiviação ou volatilização, a demanda por novas adubações consistirá, essencialmente, da reposição do que foi exportado nos produtos colhidos, ou seja, o solo de “fertilidade construída” passa a atuar como um reservatório de nutrientes, cuja capacidade máxima é dependente da natureza de seus constituintes e do manejo recebido (Resende et al., 2016). O sistema plantio direto e a rotação de culturas envolvendo culturas de cobertura têm papel importante no processo, assim como a análise das entradas e saídas de nutrientes ao longo das safras sucessivas (Silva et al., 2022). Por outro lado, sem critérios que leve em conta a análise do solo e as estimativas de exportação, o agricultor, ao utilizar os mesmos fertilizantes em doses fixas por longo período, acaba aumentando o risco de desbalanço nos estoques do sistema.

No caso dos nutrientes, o nitrogênio (N) e o potássio (K) podem ser mais facilmente perdidos da zona de exploração radicular por lixiviação, de modo que as aplicações antecipadas não podem ser realizadas em qualquer condição, pois dependem de fatores como solo, clima e cultura. Já o fósforo (P) não é perdido por lixiviação, uma vez que grande parte é fixada por minerais de argila e óxidos de alumínio e ferro. Com isso, seu fornecimento por meio das adubações sempre supera a exportação pelos grãos das culturas.

No sistema agrícola soja/milheto/feijão irrigado, muito usado na região central do Brasil, não se aplica N na soja, plantada logo após a colheita do feijão. A aplicação do P e K exportado pela soja no plantio de feijão é bastante viável, visto que, no inverno, quando se planta o feijão irrigado, o risco de perda desses nutrientes por lixiviação (potássio) é menor do que no verão, período chuvoso quando se planta a soja. Dessa forma, o rendimento operacional do plantio da soja seria elevado, visto não ser necessário todo o trabalho de transporte do adubo e o enchimento constante da semeadora-adubadora com os fertilizantes no momento do plantio.

O cálculo da adubação com P e K para a soja, a ser feita na cultura do feijão, vai depender da quantidade de nutrientes exportados no grão. Segundo a Embrapa (2013), a exportação de P e K pelos grãos de soja é equivalente a 10 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O para cada 1000 quilos de grãos. Uma

dificuldade ainda existente na implantação da adubação de sistema é a indisponibilidade de adubos formulados no mercado para atender as quantidades necessárias dos nutrientes a ser aplicados. A mistura de adubos pelo produtor na propriedade torna-se um ponto negativo dentro do processo. Por outro lado, como mencionado anteriormente, uma vantagem em se fazer a adubação de sistema é a possibilidade de fornecer, em uma única cultura, os nutrientes necessários para todo o ano agrícola, o que resulta em ganho de tempo durante a operação de plantio.

O objetivo do estudo foi aprimorar critérios para adubação com fósforo e potássio no sistema agrícola soja/milho/feijão irrigado por pivô-central. Este trabalho está vinculado ao ODS 2 (Fome zero e agricultura sustentável).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido por três anos agrícolas, em 2019/20, 2020/21 e 2021/22, na Estação Experimental da Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil, coordenadas 16°28'00" S e 49°17'00" W, e a 823 m de altitude. O clima é de savana tropical Aw (tropical com verão úmido e inverno seco), de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual está entre 1500 e 1700 mm, e a temperatura média anual é 22,7 °C, variando anualmente de 14,2 °C a 34,8 °C.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho ácrico (Santos et al., 2018). A análise do solo no início do estudo mostrou pH (H_2O) = 5,9; teores de Ca e Mg, respectivamente 20,3 e 12,2 cmol_c dm⁻³, P e K de, respectivamente, 8,89 e 109,8 g dm⁻³, teores esses classificados por Sousa e Lobato (2004) como adequados a altos, caracterizando um solo de fertilidade construída. Os teores de areia, silte e argila foram de, respectivamente, 496; 95 e 409 g kg⁻¹ (argiloso), e o de matéria orgânica foi 30,7 g kg⁻¹.

O estudo foi conduzido com o sistema agrícola feijão irrigado (outono-inverno) em sucessão com soja (verão-safra) e milho (safrinha). Foram utilizados cinco tratamentos de adubação nas culturas do feijão e da soja, em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos de adubação envolveram quantidades recomendadas para as culturas do feijão e da soja combinados ou não com quantidades exportadas pela cultura da soja, tais como: 1. Feijão NPK (recomendado), Soja PK (recomendado); 2. Feijão NPK (recomendado), Soja (sem adubação); 3. Feijão (sem adubação), Soja PK (recomendado); 4. Feijão NPK (recomendado) + P (exportado pela soja), Soja K

(recomendado); 5. Feijão NPK (recomendado) + P e K (exportados pela soja), Soja (sem adubação). Os tratamentos 4 e 5 são verdadeiramente os tratamentos de adubação de sistema, visto que as adubações das culturas são dependentes. Na adubação do feijão, além da quantidade recomendada para a cultura, foi adicionada o P isoladamente ou o P e o K exportados pela soja em sucessão.

Baseado na análise química do solo no início do estudo, a adubação recomendada para o feijão foi de 300 kg ha⁻¹ do formulado 5-30-15. Para atender os tratamentos 4 e 5 do feijão foi adicionado superfosfato triplo no formulado do feijão. Em cobertura, foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de N no estágio V4 (terceiro trifólio aberto). No caso do tratamento 5 do feijão foi aplicado, também em cobertura, o K₂O exportado pela soja. O K₂O no tratamento 4 da soja também foi aplicado em cobertura. As doses recomendadas de P₂O₅ e K₂O para a soja foram de, respectivamente, 90 kg ha⁻¹ e de 60 kg ha⁻¹. Para os tratamentos de reposição do P e K exportados pelos grãos de soja, seguiu-se a orientação da Embrapa (2003), que relata ser a exportação igual a 10 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O para cada 1000 quilos de grãos produzidos. Trabalhou-se com expectativa de produtividade da soja de 3.600 kg ha⁻¹ e, assim, as quantidades dos adubos foram de 80 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (45% de P₂O₅) e 120 kg ha⁻¹ de KCl (60% de K₂O). A soja não recebeu adubação nitrogenada em cobertura. Foram aplicados em toda área experimental, em 6/11/2020, 2.000 kg ha⁻¹ de calcário e 1.000 kg ha⁻¹ de gesso agrícola.

O primeiro plantio de feijão foi feito no dia 10/06/2019 (colheita 18/09/2019), o segundo em 8/06/2020 (colheita 15/09/2020) e o terceiro dia 31/05/2021 (colheita 9/09/2021). Para a soja foram feitos plantios dia 5/12/2019 (colheita 17/02/2020), dia 3/11/2020 (colheita 22/02/2021) e dia 4/11/2021 (colheita dia 22/02/2022). Para atender o sistema agrícola proposto foram feitos plantios de milho, em 2020 (plantio 10/03/2020 e colheita 25/05/2020) e em 2021 (plantio dia 4/03/2021 e colheita dia 18/05/2021), logo após a colheita da soja e antes do plantio do feijão irrigado. Utilizou-se semeadora-adubadora de parcelas. O milho não recebeu adubação e, na colheita, foi roçado e a matéria vegetal verde deixada na superfície do solo. As parcelas foram fixas para os tratamentos e tinham dimensões de 7,0 metros de comprimento por 4,0 metros de largura. As cultivares de feijão utilizadas foram BRSMG Uai (1º plantio) e BRSCF 402 (2º e 3º plantios). As da soja foram BRS112-25533 (1º plantio) e a NS 6906 IPRO (2º e 3º plantios).

Foram realizadas amostragens do solo no mês de fevereiro de 2022 (após a colheita da última safra de soja) na camada de 0-0,20 m. Foram retiradas aleatoriamente, com a utilização de trado holandês, oito amostras simples por parcela para constituir uma amostra composta. As amostras compostas foram secas ao ar e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente, foram submetidas à análise para determinação do pH (água), matéria orgânica e P, Al, Ca e K trocáveis, conforme metodologia proposta por Claessen (1997). Os teores dos nutrientes no solo foram comparados com os teores iniciais pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade.

Determinou-se a produtividade de grãos (130 g kg⁻¹ de água) do feijão e da soja realizando-se a colheita de três linhas centrais de 5 metros em cada parcela, desprezando-se 0,50 m de cada lado. Os dados de produtividade das culturas, em razão dos tratamentos, foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott.

Resultados e Discussão

Na cultura do feijão, o tratamento sem adubação apresentou produtividade de grãos significativamente inferior a dos demais tratamentos com adubo (Tabela 1). Por outro lado, na cultura da soja, todos os tratamentos tiveram comportamentos semelhantes e não diferiram estatisticamente entre si. Entretanto, vale ressaltar que considerando que o tratamento 2, que não teve adubação no plantio da soja e também não recebeu adubo adicional no plantio anterior de feijão, ou seja, utilizou da fertilidade do solo construída, apesar de obter produtividade igual, não é sustentável ao longo do tempo. A falta do manejo adequado da fertilidade pode

causar consequências graves, como o esgotamento do solo, pela redução nos teores de seus nutrientes.

Observa-se (Tabela 1) que os dois tratamentos de adubação de sistema alcançaram produtividades iguais ao tratamento em que as culturas do feijão e da soja receberam adubações individuais (Tabela 1). Assim, pode-se considerar esses tratamentos de adubação de sistema como duas opções de manejo da adubação do sistema agrícola soja/milheto/ feijão irrigado: o tratamento 4, em que a P exportado pelos grãos da soja foi adicionado ao adubo utilizado no feijão e o K aplicado em cobertura na soja, ou o tratamento 5, em que os dois nutrientes foram adicionados anteriormente no cultivo do feijão. Esses dois tratamentos proporcionaram maior rendimento operacional no plantio da soja, visto da não necessidade de transporte de adubo para o campo e de abastecimento da semeadora-adubadora, sem causar redução da produtividade da soja e nem esgotamento dos nutrientes no solo. O tratamento 4 seria melhor empregado em solos mais arenosos, pois o K aplicado no feijão está mais sujeito a perdas no solo. A aplicação de K na soja em cobertura evita uma provável toxidez de K às sementes no sulco de plantio, devido ao seu alto índice salino, como observado por Kappes e Silva (2022).

Não houve efeito das diferentes estratégias de adubação sobre o pH do solo e os teores de Ca, Mg e K (Tabela 2). Por outro lado, houve efeito sobre os teores de P. Dessa forma, constata-se que o tratamento 1, no qual as duas culturas receberam as doses recomendadas de P individualmente, favoreceu o incremento dos teores desse nutriente no solo em relação aos demais tratamentos. As quantidades recomendadas de P nas adubações são sempre superiores às quantidades exportadas nos nutrientes pelos grãos, visto que o nutriente é altamente fixado pelo solo (Leite et al., 2017).

Tabela 1. Produtividade de grãos do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e da soja (*Glycine max* L.) em razão do tratamento de adubação. Santo Antônio de Goiás, média dos anos agrícolas 2019/20, 2020/21 e 2021/22.

Feijão		Soja	
Tratamento de adubação	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Tratamento de adubação	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
T1:NPK recomendado	2830 a	T1:PK recomendado	4353 a
T2:NPK recomendado	2968 a	T2: sem adubo	4512 a
T3: sem adubo	2638 b	T3:PK recomendado	4717 a
T4:NPK + P exportado pela soja	2945 a	T4: K exportado pela soja	4485 a
T5:NPK + P e K exportado pela soja	2829 a	T5: sem adubo	4412 a
C.V.	5,23		4,60

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade

Tabela 2. Valores do pH e teores de Ca, Mg, P e K do solo, inicial (maio 2019) e final (fevereiro 2022), em razão do tratamento de adubação utilizada em três anos agrícolas (2019/20, 2020/21 e 2021/22).

Ano	Tratamento ¹	pH	Ca	Mg	P	K
		H ₂ O	cmol dm ⁻³		mg dm ⁻³	
2022 (final)	T1	6,11 a ^{*3}	36,7 a [*]	13,04 a [*]	16,30 a [*]	59,2 a [*]
	T2	6,10 a ²	34,2 a [*]	12,41 a	9,74 b	56,6 a [*]
	T3	6,04 a	34,3 a [*]	12,63 a	10,51 b	55,8 a [*]
	T4	6,13 a [*]	34,2 a [*]	12,41 a	9,77 b	70,1 a [*]
	T5	6,00 a	32,7 a [*]	11,83 a	10,95 b	70,2 a [*]
C.V.		2,94	10,77	14,64	28,63	15,76
2019 (início)		5,91	20,3	12,15	8,89	109,8

¹ T1. Feijão NPK (recomendado), Soja PK (recomendado); T2. Feijão NPK (recomendado), Soja (sem adubação); T3. Feijão (sem adubação), Soja PK (recomendado); T4. Feijão NPK (recomendado) + P (exportado pela soja), Soja K (exportado); T5. Feijão NPK (recomendado) + P e K (exportados pela soja), Soja (sem adubação), ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, ³Médias seguidas de asterístico diferem do valor inicial pelo teste t a 5% de probabilidade.

Analisando os teores dos nutrientes no solo no início e no final do estudo, após os cultivos de feijão e soja por três safras agrícolas para cada cultura, constata-se que houve aumento do pH em dois tratamentos e do Ca em todos os tratamentos no final do estudo (Tabela 2). Isso é explicado porque houve aplicação de calcário na área experimental (06/11/2020). De acordo com Fageria e Nascente (2014), a utilização de calcário proporciona incrementos nos teores de cálcio no solo e elevação do pH. Grande destaque aparece para o K, que diminuiu significativamente no final do estudo em relação ao valor inicial no solo, de 109,8 mg kg⁻¹. Sabe-se que a cultura da soja é altamente exigente em K (Foloni; Rosolem, 2008) e, assim, as quantidades do nutriente recomendadas e exportadas não foram suficientes para a cultura, que teve de retirá-lo da reserva do solo. A razão disto é que a quantidade trabalhada de K₂O exportado pelo grão de soja foi de 20 kg ha⁻¹ para cada 1 tonelada de grão, sendo a produtividade estimada no estudo de 3.600 kg ha⁻¹ fixa para todos os 3 anos, entretanto, a produtividade alcançada foi maior, média de 4.496 kg ha⁻¹. Logo, a quantidade de K₂O aplicada foi menor do que a necessidade da cultura, o que explica essa diminuição do K do solo no final do estudo. Assim, a adubação de K₂O da cultura baseada na exportação do elemento pelo grão tem que ser calculada anualmente. Para isso, é necessário considerar a produtividade obtida no plantio anterior, aliada à estimativa real da produtividade futura, para estimar o que vai ser exportado pelo grão e evitar redução do seu teor no solo.

Os dados desse trabalho conduzido por três anos agrícolas indicam que é possível se fazer a adubação de sistema com base no cálculo da exportação dos nutrientes pelos grãos. Adicionalmente, constata-se que a aplicação do fósforo e do potássio somente na cultura do feijão é vantajoso para o agricultor. Essa estratégia possibilita o aumento do rendimento operacional do plantio da soja, uma vez que não há necessidade de se abastecer constantemente a semeadora com fertilizantes. Vale ressaltar que, na fertilidade construída, a adubação do sistema não elimina a necessidade de se realizar o acompanhamento anual da fertilidade do solo e do desenvolvimento das plantas para identificar a necessidade de complementação de nutrientes via adubação.

Conclusões

Os tratamentos de adubação de sistema em que a cultura do feijão recebeu o P e ou o P e o K exportados pela soja em sucessão alcançaram produtividades iguais ao tratamento em que as duas culturas receberam adubações individuais. Assim, pode-se considerar esses tratamentos como opções de manejo da adubação do sistema agrícola soja/milho/ feijão irrigado;

A adubação baseada na exportação do elemento pelo grão tem que ser calculada anualmente e considerar a produtividade obtida no plantio anterior, aliada a boa estimativa da produtividade futura, para quantificar o que vai ser exportado pelo grão e evitar decréscimo na fertilidade do solo.

Referências

- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, out. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500025>.
- CLAESSEN, M. E. C. (org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/330804/1/Manualdemetodosdeanalisedesolo2ed1997.pdf>. Acesso em: 23 set. 2025.
- Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/975595/1/SP16online.pdf>. Acesso em: 23 set. 2025.
- FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v. 128, p. 221-275, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802139-2.00006-8>.
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1549-561, ago. 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000400019.
- FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. de C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 5, p. 641-648, maio 2008. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/29/5432>. Acesso em: 23 set. 2025.
- JOHNSTON, A. M.; BRUULSEMA, T. W. 4R Nutrient Stewardship for Improved Nutrient Use Efficiency. **Procedia Engineering**, v. 83, p. 365-370. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.029>.
- KAPPES, C.; SILVA, R. G. da. Cloreto de potássio no sulco de semeadura da soja: por que se preocupar? **Informativo Técnico**, n. 2, abr. 2022. Disponível em: https://nemabio.com.br/wp-content/uploads/2022/04/Informativo-Tecnico_n_2_KCl_Sulco_Kappes_2022.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.
- LEITE, R. C.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; CASALI, M. E.; SILVA, R. R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 28-35, out./dez. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99554928004>. Acesso em: 23 set. 2025.
- MARTINS, R. M.; JANTALIA, C. P.; POLIDORO, J. C.; BATISTA, J. N.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Nitrous oxide and ammonia emissions from N fertilization of maize crop under no-till in a Cerrado soil. **Soil and Tillage Research**, v. 151, p. 75-81, Aug. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.004>.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 47-86.
- RESENDE, A. V. de; FONTOURA, S. M. V.; BORG, E.; SANTOS, F. C. dos; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agronômicas**, n. 156, dez. 2016.
- 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; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>. Acesso em: 247 set. 2025.
- SILVA, A. R.; SIQUEIRA, G. M. Edaphic fauna and physico-chemical attributes of soil in different phytophysionomies of Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 103-110, Feb. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p103-110>.
- SILVA, E. L.; SECCO, D.; MARINS, A. C. de; BASSEGIO, D.; CASTRO, M. B. S. Soil physical characteristics and corn grain yield as a function of cover crops. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e21511124823, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24823>.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.



Ministério da
Agricultura e Pecuária