

LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM UM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ

MATEUS DE PAULA GOMES¹; CARLOS HENRIQUES SILVA REZENDE²; JOSÉ ADINAN SOUZA³ E GENELÍCIO CRUSOÉ ROCHA⁴

¹ Centro de Ciências Biológicas e da Natureza - Universidade Federal do Acre - Distrito Industrial, s/n, Campus Universitário, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil. E-mail: mateus.dpg@gmail.com

² Departamento de Solos - Universidade Federal de Viçosa - Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brasil. E-mail: phn.carlos@gmail.com

³ Departamento de Solos - Universidade Federal de Viçosa - Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brasil. E-mail: adinansouza@yahoo.com.br

⁴ Departamento de Solos - Universidade Federal de Viçosa - Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brasil. E-mail: genelicio.rocha@ufv.br

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as perdas de potássio por lixiviação em um Latossolo cultivado com café. O experimento foi conduzido em uma lavoura cafeeira localizada em Viçosa, Minas Gerais, cujo solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 2) + 1, sendo três doses de K₂O: 200, 400 e 600 kg ha⁻¹; duas formas de adubação: aplicação única e parcelada, e um tratamento controle, com quatro repetições, totalizando 28 parcelas. Em cada parcela foram instalados três tensiômetros nas profundidades de 0,90, 1,00 e 1,10 m para determinar o fluxo da água no solo, também foi instalado um extrator de solução do solo a 1,0 m de profundidade. O fluxo de potássio foi calculado a partir do produto do fluxo da água no solo pela concentração de potássio na solução do solo. O teor inicial de potássio no solo favoreceu a lixiviação do K. Houve aumento de 59, 104 e 140% na lixiviação de K₂O quando as doses foram de 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, mas a forma de aplicação do fertilizante não influenciou nas perdas do nutriente.

Palavras-chave: potássio no solo, adubação, perda de potássio.

**GOMES, M. P.; REZENDE, C. H. S.; SOUZA, J. A.; ROCHA, G. C.
POTASSIUM LEACHING IN A LATOSOL CULTIVATED WITH COFFEE**

2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate potassium loss by leaching in a Latosol cultivated with coffee. An experiment was conducted in a coffee plantation in Viçosa, Minas Gerais, whose soil was classified as Red-Yellow Latosol with a clay texture. A randomized block design in a (3 x 2) + 1 factorial arrangement with three doses of K₂O: 200, 400, and 600 kg ha⁻¹; two forms of fertilization: single and parceled application, and one control treatment, with four replications, totaling 28 parcels. In each plot, three tensiometers were installed at the depths of 0.90, 1.00, and 1.10 m to determine the flow of water in the soil, a soil solution extractor at a depth of 1.0 m was also installed. The potassium flow was calculated from the product of the water flow in the soil by concentrating potassium in the soil solution. The initial potassium content in the

soil favored the leaching of K. There was an increase of 59, 104, and 140% in the leaching of K₂O when the doses were 200, 400 and 600 kg ha⁻¹ of K₂O, respectively, but the form of application fertilizer did not influence nutrient losses.

Keywords: potassium in soil, fertilizing, potassium loss.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo que na safra 2018/2019 as exportações brasileiras representaram 30,6% das exportações mundiais (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2020). Para obter altas produtividades, a cafeicultura brasileira adota elevadas doses de fertilizantes associadas ao manejo eficiente de pragas e doenças e ao melhoramento genético.

O potássio (K) é o segundo nutriente mais demandado pelo cafeeiro, depois do nitrogênio (MATIELLO *et al.*, 2010), sendo o mais exportado pelos frutos, presente principalmente na casca. O K regula diversos complexos enzimáticos, participa da fosforilação oxidativa, da translocação de carboidratos e sua deficiência resulta em redução da fotossíntese. Além disso, esse nutriente influencia na eficiência de uso do fósforo e da água pelas plantas, no desenvolvimento da parede celular e na tolerância a algumas pragas e doenças (CARVALHO *et al.*, 2013; SANTOS; JUNQUEIRA; FREITAS, 2013). Especificamente em cultivos de café, o K está relacionado com aumento da produtividade e com a qualidade da bebida (MANCUSO *et al.*, 2014; VINECKY *et al.*, 2016).

As adubações sucessivas das lavouras com K promovem um efeito residual que melhoram as condições químicas dos solos. No entanto, o teor de K disponível no solo reduz rapidamente em épocas de intensa extração do nutriente pelas culturas (LACERDA *et al.*, 2015). Assim, é comum a aplicação de doses elevadas desse nutriente mesmo quando

este se encontra em níveis adequados no solo, o que pode acarretar em perdas de K.

As perdas de potássio por lixiviação são mais significativas em locais com elevadas precipitações pluviométricas, em solos arenosos e com baixa CTC. No entanto, o enriquecimento do perfil do solo com K, proveniente de fontes solúveis, pode resultar em perdas desse nutriente por lixiviação também em solos de textura argilosa e CTC elevada (WERLE; GARCIA; ROSOLEM, 2008; MONACO *et al.*, 2009; DUARTE; PEREIRA; KORNDÖRFER, 2013).

A perda de K por lixiviação reduz a eficiência da adubação potássica e resulta em prejuízos econômicos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011) e ambientais. Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar as perdas de potássio por lixiviação em um Latossolo cultivado com café arábica para alta produtividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Laje, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais, coordenadas geográficas 20° 41' S e 42° 48' O. O solo foi classificado como um Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com café (*Coffea arabica* L.) adensado, em sistema de terraços tipo patamar. O clima da região é classificado como Cwa, segundo a classificação internacional de Köppen (1931) (temperado úmido com inverno seco e verão quente).

Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 2) + 1, sendo três doses de K₂O: 200, 400 e 600

kg ha⁻¹; duas formas de adubação: aplicação única e parcelada e um tratamento controle sem fertilização; com quatro repetições, totalizando 28 parcelas.

Cada parcela experimental foi composta por 18 plantas (três linhas de plantio com seis plantas por linha), sendo as duas plantas centrais consideradas como área útil e as demais plantas como bordadura.

Utilizou-se o cloreto de potássio como fonte de K₂O. As aplicações foram realizadas na projeção da copa das plantas, sendo as doses aplicadas de uma única vez ou parceladas em aplicações de 100 kg ha⁻¹. A adubação de manutenção também contou com 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio via ureia.

Em cada parcela foi instalado um extrator de solução do solo a 1,0 m de profundidade, entre as duas plantas da área útil da parcela. Em cada extrator de solução foi aplicada uma tensão de -10 kPa, com auxílio de uma bomba de vácuo. A tensão utilizada equivale à tensão da capacidade de campo para o solo em estudo. As coletas foram realizadas sempre após ocorrência de chuvas, em no máximo 24 horas, com auxílio de seringa e tubo de polietileno.

Após a coleta, as soluções foram transferidas para recipientes plásticos e armazenadas em refrigerador até a análise da concentração de potássio. A determinação dos teores de K na solução foi realizada por fotometria de chama. Para determinação dos valores iniciais de potássio na solução do solo estudado, as coletas se iniciaram antes da realização das primeiras adubações.

Para determinar o potencial mátrico da água no solo, foram instalados três tensiômetros em cada parcela, localizados a 0,6 m de distância do extrator de solução, nas profundidades de 0,90, 1,00 e 1,10 m. Cada tensiômetro foi acoplado a um manômetro de mercúrio por meio de um tubo de polietileno, apresentando alta sensibilidade. As leituras foram realizadas em intervalos de três dias ou após a

ocorrência de chuvas. Assim, foi possível calcular o potencial total da água em cada profundidade e o gradiente de potencial total entre as profundidades de 0,90 e 1,10 m, conforme Libardi (2005).

Foram coletadas amostras de solo indeformadas a 1,00 m de profundidade para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (K₀). A determinação da condutividade hidráulica do solo não saturado (K_θ) foi realizada de modo indireto por meio da curva de retenção de água no solo ajustada pelo modelo de Van Genuchten (1980), da condutividade hidráulica do solo saturado (K₀) e da umidade do solo a 1,0 m de profundidade, conforme modelo matemático proposto por Mualem (1976).

Para a determinação da curva de retenção de água, amostras de solo indeformadas (1 m de profundidade) foram levadas à mesa de tensão na qual se determinou a umidade de equilíbrio nas tensões de 2, 4, 6 e 8 kPa. Em seguida, amostras de solo indeformadas (1 m de profundidade) foram levadas ao extrator de Richards para determinar a umidade de equilíbrio nas tensões de 10, 30, 50, 100, 500, 1000 e 1500 kPa. A modelagem destes resultados foi realizada com o software Soil Water Retention Curve – SWRC.

Para o cálculo do fluxo de água na direção vertical no solo utilizou-se a equação de Darcy-Buckingham. O fluxo de potássio foi calculado a partir do produto do fluxo de água no solo pela concentração de potássio na solução do solo. Para estimativa do balanço hídrico no solo, instalou-se um pluviômetro na área experimental para correlacionar a dinâmica do fluxo de água no solo com a precipitação ao longo do tempo.

A caracterização química do solo foi realizada em cada parcela nas camadas de 0-0,2 m, 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m (Tabela 1) e a caracterização física foi determinada em cada parcela, em intervalos de 0,10 m até 1,2 m de profundidade. A textura do solo

não apresentou variações que pudessem interferir no processo de drenagem interna do solo ao longo do perfil, sendo todas as

amostras classificadas na classe textural como Argila (> 50% de argila) (EMBRAPA, 1979).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental

Profundidade (m)	pH	P - mg dm ⁻³ -	K - mg dm ⁻³ -	Ca ²⁺ - mg dm ⁻³ -	Mg ²⁺ - mg dm ⁻³ -	Al ³⁺ - mg dm ⁻³ -	H+Al - mg dm ⁻³ -	SB - mg dm ⁻³ -	t - mg dm ⁻³ -	T - mg dm ⁻³ -	V - % -	m
0-0,2	5,70	105,4	115,0	3,9	0,2	0,0	2,3	4,4	4,4	6,7	66,0	0
0,2-0,4	6,50	78,3	285,5	3,1	0,4	0,0	1,7	4,3	4,3	6,1	71,2	0
0,4-0,6	5,73	17,1	193,7	2,3	0,3	0,0	1,9	3,1	3,1	4,9	63,4	0

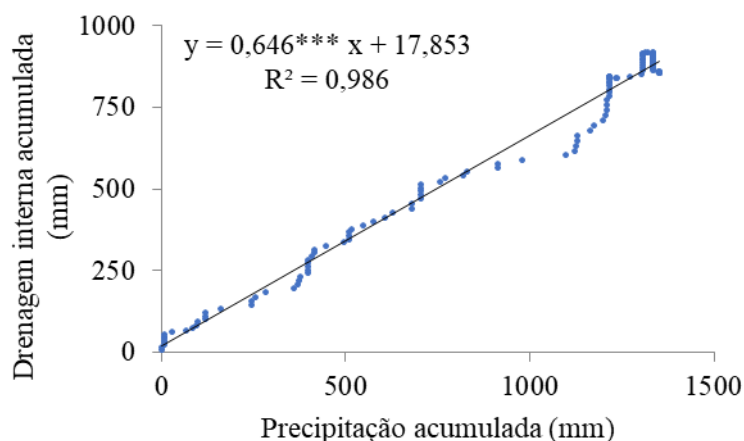
pH em água relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com uso do software Statistical Analysis System – SAS, em seguida ajustou-se modelos de regressão para as perdas de K em função das doses de fertilizantes aplicadas e da drenagem interna acumulada em função da precipitação acumulada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pluviosidade acumulada durante a condução do experimento foi de 1352 mm e a drenagem interna da água no solo foi de 857 mm, correspondendo a 63% das chuvas. Houve boa correlação entre a pluviosidade e a drenagem interna, demonstrando eficiência da metodologia utilizada para o cálculo do fluxo de água no solo (Figura 1).

Figura 1. Ajuste de regressão linear entre a precipitação acumulada e a drenagem interna acumulada. Sendo *** Significativo a 0,1% de probabilidade.



A análise química do solo da área experimental indicou que as fertilizações sucessivas ao longo dos anos resultaram em migração de K para as camadas mais profundas do solo, as quais apresentaram elevado teor de potássio (Tabela 1). Ernani *et al.* (2007) relataram que a adição de KCl sobre a superfície dos solos promoveu

movimentação vertical de K, mas as quantidades percoladas do nutriente foram pequenas.

O potássio tem boa mobilidade no solo, principalmente em solos de textura arenosa e com baixa CTC (UCKER *et al.*, 2016), entretanto, as aplicações sucessivas de doses elevadas de K podem aumentar a

mobilidade e, conseqüentemente, os teores desse nutriente em maiores profundidades, mesmo em solos argilosos, independentemente da CTC (ROSOLEM *et al.*, 2010).

A forma de aplicação do fertilizante não influenciou nas perdas do nutriente (Tabela 2), apesar de o KCl ser uma fonte de K altamente solúvel, liberando aproximadamente 72% do K em 24 h (BLEY *et al.*, 2017). Isto indica que em

solos argilosos o parcelamento das doses de K pode ser dispensado, visando reduzir os custos da aplicação do fertilizante, mesmo quando são utilizadas doses elevadas e em condição de intensa pluviosidade. No entanto, ressalta-se que a profundidade de 1 m considerada no presente estudo não se aplica a lavouras de café em fase inicial de desenvolvimento, ou para culturas que possuem sistemas radiculares menos profundos.

Tabela 2. Resumo do quadro de ANOVA para a lixiviação de K₂O acumulada

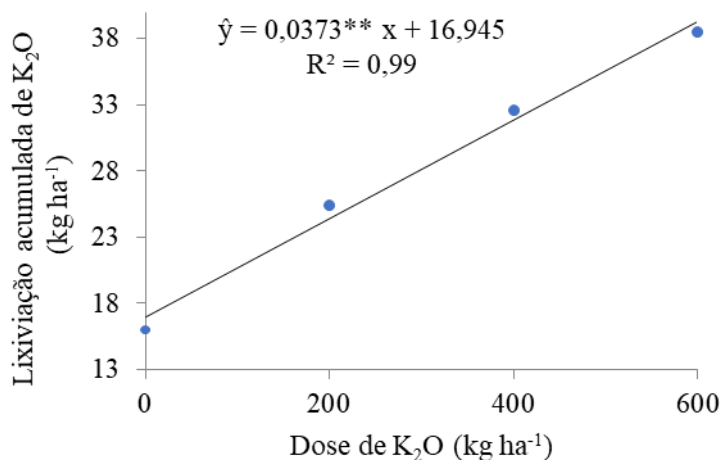
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	388,3 *
Aplicação	1	34,8 ^{ns}
Dose	2	340,5 °
Aplicação x dose	2	15,3 ^{ns}
Fatorial x adicional	1	896,5 **
Resíduo	18	82,9
Total	27	
CV (%)	30.51	

Sendo ** Significativo a 1%, * significativo a 5%, ° significativo a 10% e ^{ns} não significativo.

As doses de K₂O apresentaram efeito positivo e linear ($p < 0,1$) na lixiviação acumulada do potássio (Tabela 2). As perdas acumuladas de K₂O, na dose zero, foram de 16 kg ha⁻¹ em 96 dias de condução do experimento (Figura 2). Houve aumento de 59, 104 e 140% na lixiviação de K₂O quando as doses foram de 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Nesse caso, o teor inicial de potássio no solo favoreceu a lixiviação do nutriente. Werle, Garcia e Rosolem (2008) relataram que o efeito residual das adubações potássicas aumenta as quantidades de K percolado mesmo em solo

de textura argilosa. Segundo os autores, a movimentação de K no perfil do solo está relacionada com o teor inicial resultante das adubações potássicas anteriores, independente da textura do solo. Silva Filho *et al.* (2019) não encontraram nenhuma lixiviação de K para as camadas mais profundas (abaixo de 0,4 m) de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura franco-arenosa (61% de areia), independentemente da dose aplicada, no entanto, o solo em questão apresentava teores iniciais muito baixos de K em todas as camadas analisadas.

Figura 2. Ajuste de regressão para a lixiviação K₂O acumulada em função da dose de K₂O aplicada. Sendo ** significativo a 1% de probabilidade.



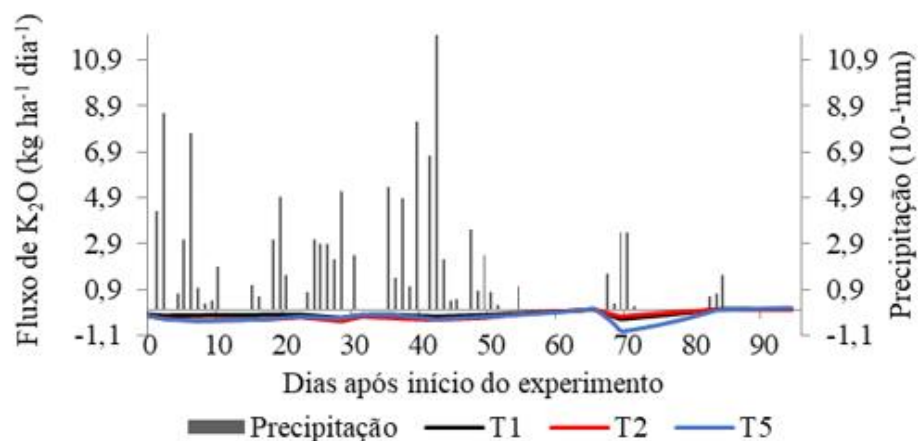
Apesar do aumento da dose resultar em maior lixiviação de K, ressalta-se que as perdas corresponderam a apenas 4,72, 4,15 e 3,74% do fertilizante aplicado (excluindo a lixiviação de K₂O do tratamento com dose zero) para as doses de 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Bley *et al.* (2017) encontraram perdas de K inferiores a 1% do total disponível de K, independentemente da dose aplicada em um

solo argiloso com teor inicial de 85 mg dm⁻³ de K.

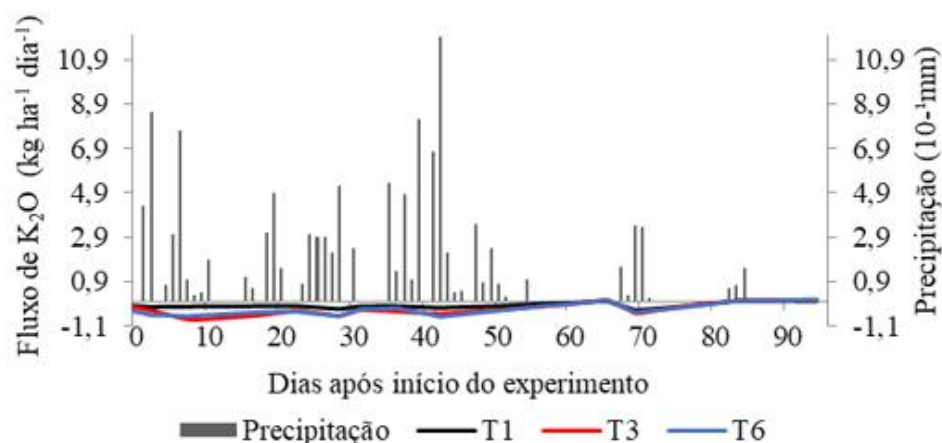
A lixiviação de K tende a aumentar com o aumento do volume de água (MENDES *et al.*, 2016). Contudo, no presente estudo, mesmo com elevado índice pluviométrico, o fluxo de K₂O foi baixo ao longo do experimento, sendo pouco influenciado pela precipitação, não ultrapassando 1 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 3).

Figura 3. Fluxo de K_2O no solo, ao longo do experimento. T1 = 0 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , T2 e T5 = 200 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em aplicação única e parcelada, respectivamente (A); T1 = 0 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , T3 e T6 = 400 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em aplicação única e parcelada, respectivamente.

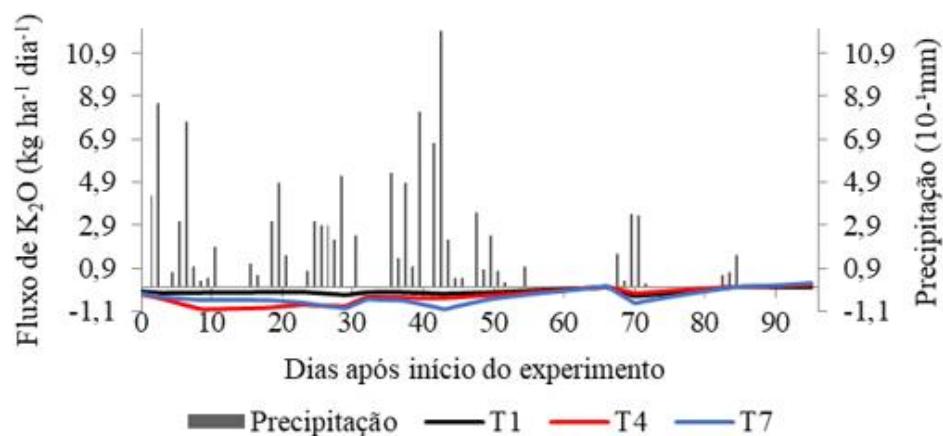
A.



B.



C.



Observam-se pequenos picos de lixiviação de K_2O após as chuvas que sucederam períodos de estiagem (Figura 3). Apesar dos elevados teores iniciais de K no solo, a textura e a CTC do solo foram importantes para conter a lixiviação do K, independentemente da precipitação e da forma de aplicação do fertilizante. Mendes *et al.* (2016) relataram perdas de 3,26 e 7,99% do K aplicado em um solo argiloso quando a lâmina de irrigação foi de 150 e 200% da lâmina de água necessária para levar o solo à umidade na capacidade de campo, respectivamente. Ao aplicar as mesmas lâminas de água em um solo arenoso, as perdas foram de 43,91 e 57,04% do K aplicado, respectivamente.

6 CONCLUSÃO

A forma de aplicação do fertilizante (parcelada ou aplicação única) não influenciou na lixiviação de K.

A lixiviação de K foi pouco influenciada pelo volume de chuvas.

A lixiviação de K aumentou com o aumento das doses de KCl.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

8 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; SOUZA, A. E. R.; ROLIM, M. M. Lixiviação de potássio em um cultivo de pimentão sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 135-144, 2011.
- BLEY, H.; GIANELLO, C.; SANTOS, L. S.; SELAU, L. P. R. Nutrient release, plant nutrition, And potassium leaching from polymer-coated fertilizer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 41, n. e0160142, p. 1-13, 2017.
- CARVALHO, D. O.; POZZA, E. A.; CASELA, C. R.; COSTA, R. V.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, C. O. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 380-387, 2013.
- DUARTE, I. N.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Lixiviação de potássio proveniente do termopotássio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 195-200, 2013.
- ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 393-402, 2007.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Monthly Coffee market report (2019/2020)**. London: International Coffee Organization, 2020. Disponível em: <http://www.ico.org/Market-Report-19-20-e.asp>. Acesso em: 30 set. 2020.
- KÖPPEN, W. P. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

- LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da Água no solo**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2005.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações**. 3. ed. Rio de Janeiro: MAPA: Procafe, 2010.
- 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**, Viçosa, v. 38, n. 38, p. 1448-1456, 2014.
- MENDES, W. C.; ALVES JÚNIOR, J.; CUNHA, P. C. R.; SILVA, A. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 972-977, 2016.
- MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.
- MUALEM, Y. A new model for prediction the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.
- ROSOLEM, C. A.; SGARIBLDI, T.; GARCIA, R. A.; CALONEGO, J. C. Potassium Leaching as Affected by Soil Texture and Residual Fertilization in Tropical Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 41, p. 1934-1943, 2010.
- SILVA FILHO, V. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; LOPES, A. S. Nitrate and potassium dynamics in profiles of soils cultivated with fertigated sugarcane crops. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 924-933, 2019.
- SANTOS, M. C.; JUNQUEIRA, A. M. R.; FREITAS, L. M. Efeito do silício, nitrogênio e potássio na incidência da traçado-tomateiro em plantas para processamento industrial. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 19-24, 2013.
- UCKER, F. E.; DE-CAMPOS, A. B.; HERNANI, L. C.; MACÊDO, J. R.; MELO, A. S. Movimentação vertical do íon potássio em Neossolos Quartzarênicos sob cultivo com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1548-1556, 2016.
- VAN GENUCHTEN, M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 892-898, 1980.
- VINECKY, F.; DAVRIEUX, F.; MERA, A. C.; ALVES, G. S. C.; LAVAGNINI, G.; LEROY, T.; BONNOT, F.; ROCHA, O. C.; BARTHOLO, G. F.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; MARRACCINI, P.; ANDRADE, A. C. Controlled irrigation and nitrogen, phosphorous and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of Arabica coffee

beans. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 155, p. 902-918, 2016.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2297-2305, 2008.