

LIXIVIAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO SOB DIFERENTES DOSES E PARCELAMENTOS DA ADUBAÇÃO DE CAFEIROS

Henrique F. E. de Oliveira²; Iraci Fidelis³; Alberto Colombo⁴; Rubens, J. Guimarães⁵; Myriane S. Scalco⁶

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café e CNPq

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – henrique.ellias@hotmail.com

³ Doutor, Bolsista CBP&D/Café, Universidade Federal de Lavras – elifidel@yahoo.com.br

⁴ Professor PhD, UFLA – Telef. (35) 3829-1481, e-mail: acolombo@br

⁵ Professor Associado, doutor, DAG/UFLA, Telef. (35) 3829-1581, e-mail: rubensj@ufla.br

⁶ Engenheira Agrônoma doutora em Fitotecnia, DAG/UFLA, Telef. (35) 3829-1776, e-mail: msscalco@ufla.br

RESUMO: O uso de doses e parcelamentos diferenciados de adubação via fertirrigação podem alterar o aproveitamento de nutrientes e a concentração dos mesmos na solução do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de potássio (K) na solução do solo, bem como a lixiviação deste nutriente em uma área cultivada com cafeeiros (cultivar Catiguá) fertirrigados sob diferentes doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. O experimento foi implantado em área da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, em delineamento experimental de blocos casualizados, esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos foram combinações de cinco doses de N e K₂O ((i) 70, 100, 130 e 190% da recomendação para sequeiro) e dois parcelamentos destas doses aplicadas via fertirrigação ((i) quatro (nov.- fev.) e (ii) doze parcelamentos por ano) além de uma testemunha não irrigada recebendo 100% da dose recomendada, através de quatro aplicações manuais efetuadas na época chuvosa. Semanalmente, no período compreendido entre agosto de 2008 e março de 2009, amostras de solução de solo foram retiradas utilizando-se lisímetros de sucção instalados nas profundidades de 50 e 90 cm. A Lixiviação de potássio foi estimada com base nos valores amostrados de concentração de potássio na solução do solo e no fluxo de drenagem da solução de solo estimada por meio de tensiômetros instalados nas profundidades de 40, 50, 80; e 100 cm. Os resultados indicaram que somente na profundidade de 50 cm dos tratamentos recebendo doze aplicações houve aumento nas perdas em função do aumento na dosagem. As perdas por lixiviação observadas nos tratamentos recebendo 12 aplicações equivalem a menos da metade das perdas com observadas nos tratamentos recebendo quatro aplicações.

Palavras-chave: fertirrigação, lixiviação, percolação.

LEACHING AND SOIL SOLUTION CONCENTRATION OF POTASSIUM UNDER DIFFERENT DOSES AND SPLITTINGS OF COFFEE FERTILIZATION

ABSTRACT: The use of different doses and splittings of fertigation application may change nutrient absorption efficiency and its soil solution concentration. The purpose of this study was to evaluate potassium (K) soil solution concentration, as well as the leaching of this nutrient in areas cultivated with coffee (cv Catiguá) that were fertigated with different doses and splittings of nitrogen and potassium fertilization. The experiment was carried out in an experimental area of the Universidade Federal de Lavras, at Lavras, MG. An experimental design with randomized blocks split-plots and four replications was used. Treatments were combinations among five doses of N e K₂O fertilization ((i) 70%, (ii) 100%, (iii) 130%, (iv) 160%, and (v) 190% of the recommended amount for non-irrigated coffee) and two application splitting managements ((i) four and (ii) twelve applications), and a non-irrigated control treatment receiving 100% of the recommended amount through four applications during the rainy season. Every week, during the period from July-2008 up to March-2009, soil solution samples were collected using suction lysimeters installed at 50 and 90 cm depths. Potassium leaching was estimated based on measured K soil solution concentration and soil solution drainage flow values monitored by tensiometers installed at the depths of 40; 60; 80 and 100 cm. Results indicated that only at the depth of 50cm of the treatments receiving twelve applications it was possible to observe an increase on leaching losses as the application dose was increased. Leaching losses estimated at the treatments receiving twelve applications were less than half of those observed at treatments receiving four applications.

Key words: fertirrigation, leaching, percolation.

INTRODUÇÃO

A maioria dos fertilizantes é adicionada ao solo na forma de sais. Ao ingressarem no sistema, eles alteram a composição da solução e, com isso, promovem modificações nos equilíbrios químicos entre as fases sólida e líquida. Assim, a adição de qualquer fertilizante, mesmo nas quantidades adequadas, pode afetar, temporariamente, a disponibilidade e a lixiviação de outros nutrientes (Ernani et al. 2007). A mobilidade dos nutrientes no perfil pode afetar a disponibilidade destes aos vegetais (Kepkler & Anghinoni, 1996) e também as perdas por lixiviação e, por isso, influencia a escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, incluindo épocas, doses e métodos de aplicação dos fertilizantes, tanto sob o ponto de vista agrônomo quanto ambiental (Ernani et al., 2007).

A disponibilidade de potássio às plantas depende muito de sua difusão no solo uma vez que a quantidade que chega até as raízes por fluxo de massa é muito menor do que a taxa de absorção (Neves et al., 2009). A difusão de um

ção no solo depende de alguns atributos inerentes a cada solo, a exemplo do teor de água e do tamanho e da distribuição dos poros, assim como de atributos bastante variáveis, como, por exemplo, a concentração iônica da solução do solo (Oliveira et al., 2004).

O uso irrigação do cafeeiro no Sul de Minas é recente e os cafeicultores priorizam informações de pesquisa quanto ao manejo de irrigação, viabilidade econômica e fertirrigação. O uso da fertirrigação em relação à adubação convencional também é pouco estudado. Neto et al. (2003), estudando níveis diferenciados de fertirrigação e parcelamento de N e K, não encontraram diferença significativa entre fertirrigação e adubação manual convencional junto com irrigação, mas ressaltaram as inúmeras vantagens dessa técnica em relação à adubação convencional. Sugerem ainda a necessidade de dar continuidade aos estudos nesta área. No que se refere ao parcelamento, Silva et al. (2002), estudando épocas de irrigação e parcelamento de adubação em 12 vezes, aplicando o adubo de forma manual, outros três parcelamentos de 12, 24, e 36 aplicações de fertilizantes via água de irrigação não encontraram diferenças significativas entre estes tratamentos. Mesmo assim não se sabe ainda se o parcelamento feito somente durante a época da seca é justificável já que os cafeeiros irrigados têm crescimento durante todo ano, necessitando assim de nutrientes durante todo o desenvolvimento.

Tendo em vista os diversos fatores que influem tanto o fluxo da água quanto a concentração de potássio na solução do solo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes doses e parcelamentos da adubação potássica de cafeeiros submetidos à fertirrigação sobre a lixiviação e concentração deste elemento na solução do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Lavras, em Lavra MG, onde predomina um latossolo vermelho escuro distrófico. O plantio das mudas de café foi efetuado em abril de 2007, utilizando-se mudas da cultivar Catiguá MG-3, com espaçamento de 2,50 m entre linhas e 0,6 m entre plantas (3906 plantas ha⁻¹). Foram estudadas cinco doses de adubação ((i) 70, 100, 130 e 190% da recomendação para sequeiro) e dois parcelamentos destas doses aplicadas via fertirrigação ((i) quatro (nov.- fev.) e (ii) doze parcelamentos por ano) além de uma testemunha não irrigada e adubada manualmente nas águas. A diferenciação dos tratamentos de doses de aplicação e parcelamentos ocorreu a partir do início das águas (novembro 2007). A recomendação de adubação foi feita de acordo com Guimarães et al. (1999), com base na análise de solo coletado em todas as parcelas de tratamento antes da aplicação dos mesmos. O fósforo (superfosfato simples foi aplicado no plantio) em dose única e o nitrogênio e potássio conforme os tratamentos, utilizando-se como fonte de nitrogênio a uréia pecuária (45% de N) e o nitrato de potássio (13% de N) que também forneceu o potássio (44% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos com aplicações foliares de sulfato de zinco, cobre e boro (0,3%). Foram fornecidas ainda na fase inicial pulverizações quinzenais de sulfato de magnésio, e posteriormente calcárias como fonte de cálcio as plantas

Nas duas formas de parcelamento (4 e 12 aplicações por ano) e nos tratamentos recebendo doses de 70%, 100%, 130% e 190% da adubação recomendada por Guimarães et al. (1999), foi monitorado o fluxo de potássio (K) em duas profundidades diferentes (50 e 90 cm).

O monitoramento do fluxo de potássio (K) nas profundidades de 50 e 90 cm, foram efetuados através de uma metodologia muito semelhante àquela descrita por Paramasian et al. (2001). Para tanto, nos quatro tratamentos monitorados, foram instalados tensiômetros, nas profundidades de 40, 60, 80 e 100 cm, e lisímetros de sucção, nas profundidades de 50 e 90 cm. Em cada profundidade de instalação dos tensiômetros, os valores médios de tensão, medidos no período compreendido entre 06 de Agosto de 2008 e 23 de Março de 2009, dados pelas leituras de um tensímetro digital de pulsão da marca Hidrodinâmica, com escala em bar, foram utilizados para determinar o potencial total da água no solo (Potencial matricial – profundidade de instalação dos tensiômetros). Neste mesmo período, os valores de potenciais totais de água, nas profundidades de 40, 60, 80 e 100 cm, foram utilizados para estabelecer os valores do gradiente vertical do potencial total ($d\psi_T/dZ$) e o potencial matricial da água (ψ_M) no solo correspondente às profundidades de 50 e 90 cm.

Os valores de potencial matricial da água no solo (ψ_M , em cm) nas profundidades de 50 e 90 cm, foram utilizados para estimar o valor da condutividade hidráulica não saturada ($K(\psi_M)$), no instante da leitura dos tensiômetros. A transformação dos valores potencial matricial da água no solo (ψ_M , em cm) em valores de condutividade hidráulica foi feita através da seguinte Equação 1, que foi ajustada ao solo local por Silva e Godinho (2002):

$$K(\psi_M) = 6.4 \cdot e^{0.0410 \cdot \psi_M} \quad (1)$$

onde $K(\psi_M)$ é a condutividade hidráulica, em mm.dia⁻¹, e ψ_M é o potencial matricial da água em cm.

Na seqüência do cálculo, os valores de condutividade hidráulica ($K(\psi_M)$) foram multiplicados pelos valores de gradiente de potencial total da água ($d\psi_T/dZ$) para determinação da densidade de fluxo (q em L m⁻².dia⁻¹), conforme Equação 2:

$$q = -K(\Psi_M) \cdot \frac{d\psi_T}{dZ} \quad (2)$$

onde valores negativos de q representam perda de água do perfil e valores positivos representam ganho de água no perfil (ascensão de água).

No período compreendido entre 06 de Agosto de 2008 e 23 de Março de 2009, este processo de cálculo forneceu 97 estimativas de densidade de fluxo (q). Em cada uma das profundidades monitoradas (50 e 90 cm), os 97 valores de densidade de fluxo foram utilizados para determinar os parâmetros de um spline cúbico (Burden & Faires, 2003), que permitiu interpolar o valor da densidade de fluxo em cada um dos 229 dias pertencentes ao período de monitoramento anteriormente citado. Com base nestes valores diários, em mm.dia^{-1} , foi possível chegar ao valor da lâmina total drenada no período considerado (204 mm).

De acordo com a metodologia descrita por Paramasian et al. (2001), em um dado intervalo de tempo, a quantidade de potássio lixiviada (em $\text{mg.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) através do perfil de solo monitorado é dada pela somatória do produto do volume diário de solução de solo drenada (q em mm.dia^{-1} ou $\text{L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) pela concentração de potássio (em ppm ou mg.L^{-1}).

Visando determinar a concentração de potássio na solução de solo, no mesmo período em que se avaliou a drenagem do solo, foram retiradas amostras da solução de solo, com auxílio de lisímetros de sucção, da marca Irrrometer. Esses lisímetros foram instalados nas duas profundidades monitoradas (50 e 90 cm) nas parcelas que foram submetidas às duas formas de parcelamento (4 e 12 aplicações/safra) com as quatro dosagens avaliadas (70, 100, 130 e 190% do recomendado). Imediatamente após a coleta das amostras foi determinada a concentração de potássio nas mesmas, com o auxílio de um fotômetro de chama da marca Micronal

No período de estudo, foram determinados 460 valores de concentração de potássio na solução (cerca de 29 determinações por profundidade de cada tratamento monitorado). Os valores de concentração de potássio, obtidos em cada uma das profundidades dos tratamentos com monitoramento da lixiviação, foram utilizados para determinar os parâmetros de um spline cúbico (Burden & Faires, 2003). Isto permitiu interpolar o valor da concentração de potássio na solução de solo de cada um dos 229 dias pertencentes ao período compreendido entre 06 de Agosto de 2008 e 23 de Março de 2009

Tendo em vista que os valores de lixiviação obtidos neste processo são representativos da faixa molhada, de cerca de 60 cm de largura, que se forma abaixo das linhas de gotejamento, que foram dispostas no mesmo espaçamento (2,5 m) das linhas de plantio do café, ou seja, em apenas 24% da área plantada ($0,6/2,5 = 0,24$), aplicou-se um fator de redução com valor igual a 0,24, no cálculo da massa de potássio lixiviada em cada hectare plantado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 e nas Figuras 1a e 1b são apresentadas as estimativas da massa total de potássio perdida no período avaliado. Na Tabela 1 são também apresentados os valores médios da concentração de potássio na solução de solo (ppm) no mesmo período (06 de Agosto de 2008 a 23 de Março de 2009).

Tabela 1. Estimativas da concentração média de potássio na solução de solo e estimativas de perdas de potássio por hectare de área plantada nos diferentes tratamentos

Profundidade de 50 cm				
Dose	4 aplicações/safra		12 aplicações/safra	
	PPM	kg.ha^{-1}	PPM	kg.ha^{-1}
70%	12	8	9	4
100%	7	4	9	4
130%	16	7	13	7
190%	30	22	16	8
Média	17	10	12	6
Profundidade de 90 cm				
Dose	4 aplicações por safra		12 aplicações por safra	
	PPM	kg.ha^{-1}	PPM	kg.ha^{-1}
70%	29	16	21	8
100%	21	12	17	7
130%	22	6	20	8
190%	24	9	33	14
Média	24	11	23	9

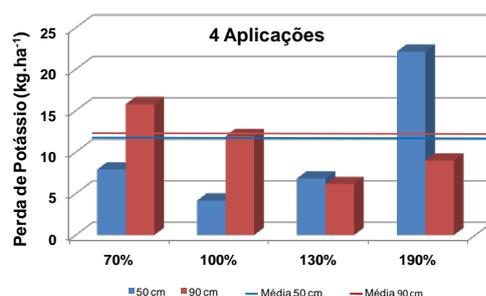


Figura 1a. Estimativas das perdas de potássio em diferentes profundidades nos tratamentos que receberam 4 aplicações por safra.

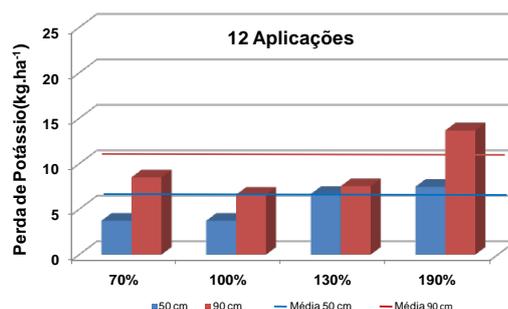


Figura 1b. Estimativas das perdas de potássio em diferentes profundidades nos tratamentos que receberam 12 aplicações por safra.

Conforme indicado na tabela 1 e nas figuras 1a e 1b, nos dois parcelamentos (4 e 12 aplicações), as perdas médias estimadas na profundidade de 90 cm foram maiores que as observadas a 50 cm. Este resultado está de acordo com as observações de Ernani et al. (2007) que atribuem a elevação dos valores de K trocável com o aumento da profundidade do solo ao aumento da concentração do nutriente na solução do solo, decorrente da adição do fertilizante potássico.

Na profundidade de 90 cm os valores mostrados não permitem estabelecer uma relação entre a massa de potássio percolada e dosagem aplicada. Já na profundidade de 50 cm, em decorrência da maior estabilidade dos valores das concentrações amostradas nos tratamentos recebendo 12 aplicações (Figura 2b) é possível delinear um aumento nas perdas de potássio à medida que se aumenta a dose aplicada. Paglia et. al. (2007) ao estudar a influência das doses de potássio na lixiviação do solo, observou um aumento nas concentrações do K^+ além de Al^{3+} na solução lixiviada com a elevação da dose de K_2O aplicada, assim como Ernani et al. (2007) ao aplicar KCl sobre a superfície do solo notou a descida de K para profundidades superiores a 10 cm, além do aumento da lixiviação com a dose. Valores mínimo ($4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de perda de potássio foram observados nos tratamentos com 70 e 100% da dose recomendada e 12 aplicações/ano e 100% da dose com 4 aplicações/ano. O valor máximo ($22 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de perda de potássio (K) foi observado no tratamento com 190% da dose recomendada e 4 aplicações/ano. Estes valores correspondem a perdas de 4,8 e $26,4 \text{ kg}$ de K_2O por ha^{-1} , respectivamente.

Em termos médios (média das perdas observadas em todas as dosagens), nas duas profundidades monitoradas, as perdas de potássio estimadas nos tratamentos recebendo adubação com doze parcelamentos foram menos da metade daquelas observadas nos tratamentos recebendo quatro aplicações.

As Figuras 2a e 2b mostram a distribuição temporal da concentração de potássio na solução do solo, corrigida para o valor equivalente do extrato saturado do solo, nas profundidades de 50 cm (Figura 2a) e 90 cm (Figura 2b). De uma maneira geral, os resultados obtidos com a análise do teor de potássio na solução do solo indicam que os parcelamentos afetaram de maneira marcante a distribuição espacial e temporal do teor de potássio principalmente na profundidade de 50 cm. Na Figura 2a, é possível notar, para as quatro dosagens avaliadas, a partir do mês de novembro e para a profundidade de 50 cm, considerável acréscimo nos níveis de potássio na solução do solo, destacando ser este o período de abrangência do tratamento com 4 aplicações/ano, além do início do período chuvoso. Na Figura 2b, percebe-se que os níveis de potássio apresentaram uma leve queda durante o período de análise, apresentando, porém, uma maior estabilidade temporal. Tais resultados vêm confirmar as observações feitas por Ribeiro et. al. (1999) ao recomendar a aplicação de adubos potássicos parcelada durante todo o ciclo de vida da cultura.

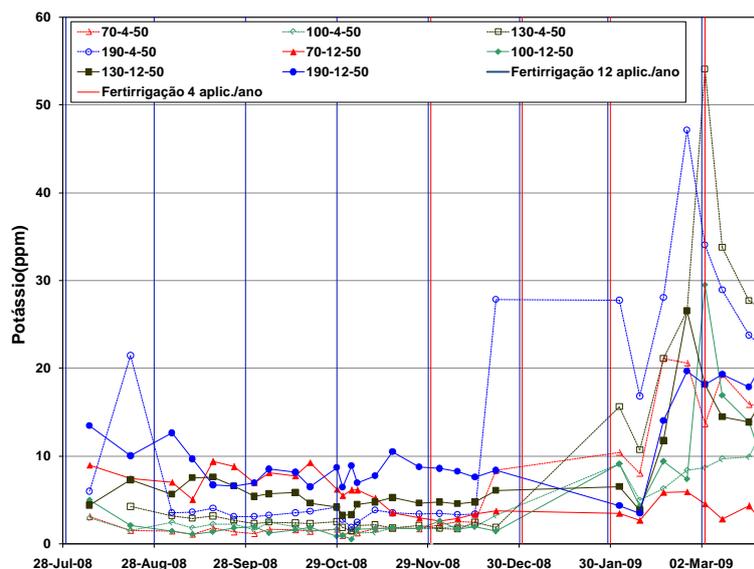


Figura 2a. Concentração de Potássio (ppm) na solução do solo na profundidade de 50 cm, nas parcelas que receberam quatro diferentes dosagens (70, 100, 130 e 190%) de adubação divididas em 4 (linha contínua) e 12 aplicações (linha tracejada).

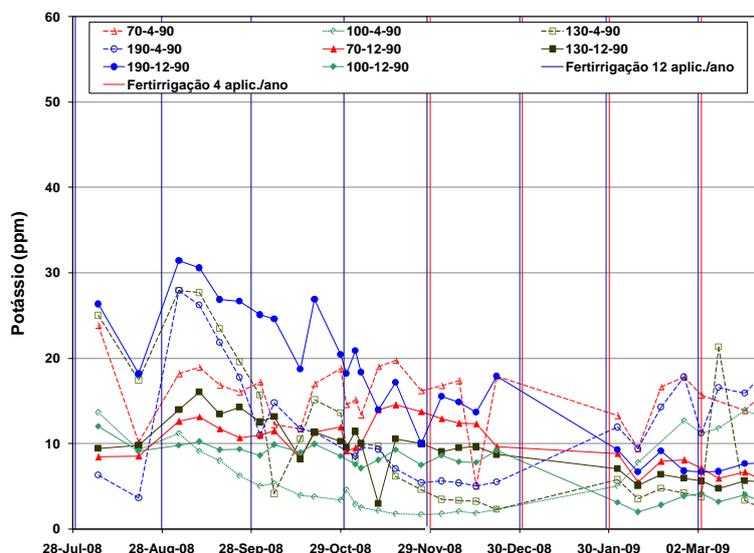


Figura 2b. Concentração de Potássio (ppm) na solução do solo na profundidade de 90 cm, nas parcelas que receberam quatro diferentes dosagens (70, 100, 130 e 190%) de adubação divididas em 4 (linha contínua) e 12 aplicações (linha tracejada).

CONCLUSÕES

A metodologia adotada para estimativa da concentração de potássio na solução do solo e de sua lixiviação nas profundidades de 50 e 90 cm permitiu concluir que: (i) ao final do primeiro ano de diferenciação dos tratamentos, à exceção dos dados coletados na profundidade de 50 cm, dos tratamentos recebendo aplicações mensais de fertilizante, não foi observada uma tendência clara entre dosagem e quantidade de potássio lixiviada; (ii) as perdas observadas com doze aplicações anuais foram menos da metade daquelas observadas com quatro aplicações

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURDEN, R. L.; FAIRES, J. D. *Análise Numérica*. 1. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2003. 736p.

ERNANI P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. M. de; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *R. Bras. Ci. Solo*, 31: 393-402, 2007

- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5º Aproximação. Editores, RIBEIRO et al.. Viçosa, MG, 1999, 359 p. p. 289-302.
- KLEPKLER, d. & ANFHIONI, i. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 2:79-86, 1996.
- NETO, A. C. F., MOURA, B. R., MANTOVANI, E. C., RENA, A. B., PALARETTI, L. F., Influência da irrigação e da fertirrigação na produtividade da variedade acaíá cerrado (dados de duas safras), em Viçosa – MG, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA 6, 2003, Araguari, **Anais...**, Araguari. 2002. p. 141 – 144
- NEVES, L. S. da; ERMANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:25-32, 2009
- OLIVEIRA, M. M. O.; RUIZ, H. A.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ V., V. H. & BORGES JUNIOR, J. C. F. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão de fosfato, potássio e amônio em solos de Minas Gerais. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 8:196-203, 2004.
- PARAMASIVAM, S., ALVA, A. K., FARES, A., SAJWAN, K.S. Estmation leaching in na entisol under optimun citrus production. *Soil Science Society American Journal*, v. 65, p. 914-921, may-june, 2001.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; Alvarez V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. CFSEMG, 5ª aproximação - Viçosa - 1999. 176 p
- SILVA, A. M., COELHO, G., SILVA P. A. M., COELHO G. S., FREITAS R. A., Efeito da época de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro catuaí em 4 safras consecutivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5, 2002, Araguari. **Anais...**, Araguari, 2002. p. 144 – 149.
- SILVA, E. L.; GODINHO, F. V. Infiltrômetro de disco para determinação da condutividade hidráulica de solo não saturado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 3, p. 585-588, 2002.