

## FRAÇÕES INORGÂNICAS DE FÓSFORO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO (LVd) CULTIVADO COM CAFEIEIRO IRRIGADO EM PRODUÇÃO

Thiago Henrique Pereira Reis<sup>1</sup>; Antonio Eduardo Furtini Neto<sup>2</sup>; Paulo Tácito Gontijo Guimarães<sup>3</sup>; Antônio Fernando Guerra<sup>4</sup>; Leandro Flávio Carneiro<sup>5</sup>; Guy Carvalho Ribeiro Filho<sup>6</sup>; Lucas Alberth Ribeiro do Valle<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., MSc., Doutorando em Ciência do Solo – CAPES/DCS/UFLA, Lavras-MG, [thiagohpreis@yahoo.com.br](mailto:thiagohpreis@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Prof., DSc., Departamento de Ciência do Solo – UFLA, Lavras-MG, [afurtini@ufla.br](mailto:afurtini@ufla.br)

<sup>3</sup> Pesquisador, DSc., EPAMIG, Lavras-MG, [paulotgg@ufla.br](mailto:paulotgg@ufla.br)

<sup>4</sup> Pesquisador, DSc., Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, [guerra@cpac.embrapa.br](mailto:guerra@cpac.embrapa.br)

<sup>5</sup> Doutorando em Ciência do Solo – CAPES/DCS/UFLA, Lavras-MG, [leoflacar@yahoo.com.br](mailto:leoflacar@yahoo.com.br)

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., Consultor, Cabo Verde-MG, [guycarvalho@outcenter.com.br](mailto:guycarvalho@outcenter.com.br)

<sup>7</sup> Iniciação Científica – DCS/UFLA, [lucas\\_arv@hotmail.com](mailto:lucas_arv@hotmail.com)

**RESUMO:** A dinâmica e a disponibilidade do fósforo no solo são influenciadas pelas adubações fosfatadas durante o desenvolvimento das plantas. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as frações inorgânicas de P ligadas a Ca, Fe e Al no solo. Foi analisado um experimento em área com cafeeiros irrigados em produção instalado num Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) em Planaltina, DF, submetida à adubação fosfatada anual, a partir de 2002, de 0, 50, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com três repetições em blocos casualizados. Foram determinadas frações de fósforo P-Fe, P-Al e P-Ca nas amostras de solo coletadas nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, conforme a metodologia de Chang & Jackson (1957). Ao aumentar a concentração de P no solo, todas as frações sofrem incrementos, sendo a fração P-Al aquela que apresenta os incrementos mais expressivos. O P aplicado ao solo encontra-se principalmente ligado ao Al e esta é a forma de fósforo no solo que está predominantemente fornecendo o nutriente ao cafeeiro. As frações de P neste trabalho apresentaram a seguinte magnitude: P-Al>P-Fe>P-Ca.

**Palavras-chave:** cafeeiro, fracionamento de fósforo

## INORGANIC PHOSPHORUS FRACTIONS IN A TYPIC DYSTROFIC RED LATOSOL (OXISOL) CULTIVATED WITH IRRIGATED COFFEE (*Coffea arabica* L.)

**ABSTRACT:** Phosphorus dynamics and availability in soils are influenced by phosphorus fertilizations. The objective of this study was to evaluate the inorganic P fractions linked to calcium, iron and aluminum in the soil. The experiment was carried out in an irrigated coffee crop (*Coffea arabica* L.) production area in a typical dystrophic Red Latosol (Oxisol), Planaltina, DF, being triple superphosphate annual fertilization, since 2002, of 0, 50, 100, 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in randomized blocks with three replications. Phosphorus fractions were determined in soil samples collected at three depths 0-10, 10-20 and 20-40cm, according to Chang & Jackson (1957) methodology. Soil P inputs increased all inorganic phosphorus fractions, being the P-Al one which presents the highest increments. The P applied in the soil remains mainly linked to Al and this form is the main source of this nutrient to the coffee plants. The inorganic P fractions presented the following sequence: P-Al > P-Fe > P-Ca.

**Key-words:** *Coffea*, phosphorus fractionation

## INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma das principais culturas difundidas no Brasil, tendo, além de caráter econômico, alto significado social, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra. O País é o maior produtor de café do mundo e também o segundo maior consumidor do produto. Atualmente, possui uma área plantada de aproximadamente 2,1 milhões de hectares, responsável por 33,74 milhões de sacas beneficiadas produzidas na safra de 2007/08 e participa com 6,2% das exportações do agronegócio brasileiro. Entretanto, possui baixa média de produtividade, com 16,3 sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>, neste mesmo ano (Conab, 2009).

Por muitos anos, o cafeeiro foi considerado uma planta que não respondia à aplicação de doses de P no solo em sua fase de produção (Bataglia, 2004). A pesquisa, provavelmente, chegou a esta conclusão devido ao fato de o P ser um dos macronutrientes menos exportados pelo cafeeiro (Malavolta, 1986) e, sendo assim, a planta não precisaria de grande quantidade do nutriente para completar seu ciclo reprodutivo. Além disso, anteriormente, o cafeeiro era cultivado em solos de média a alta fertilidade e a maioria das fazendas experimentais nas diferentes regiões do mundo situava-se em localidades nessas condições. Entretanto, alguns trabalhos têm mostrado que esta planta consegue responder a incrementos de P, principalmente nos solos de baixa fertilidade como os originalmente sob cerrado, na fase de implantação da cultura e em anos de alta produtividade (Guimarães, 1986; Gallo et al., 1999; Prezzotti & Rocha,

2004). Resultados recentes de pesquisa mostram respostas do cafeeiro à adubação fosfatada anual de até 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Guerra et al., 2007 e 2008).

É de grande importância para a cafeicultura o entendimento do comportamento do P no solo sob maiores aplicações do nutriente. Espera-se que as formas inorgânicas de P, após incrementos anuais do nutriente, estejam, em sua maioria, ligadas ao Ca, visto que, em culturas perenes, aplicam-se corretivos e fertilizantes sem haver incorporação. Entretanto, é consenso na literatura que os solos brasileiros são, em sua maioria, ácidos, ricos em óxidos de ferro e alumínio e apresentam compostos de P ligados a Fe, Al e Ca, nessa ordem de preferência (Raij, 2004). Esses compostos possuem diferentes solubilidades no solo e podem ter seu equilíbrio alterado pelo incremento de P nos sistemas de produção. Neste contexto, existe a necessidade de estudos que caracterizem a variação dos mesmos ao longo dos ciclos de cultivo em diferentes solos, com a finalidade de avaliar as principais formas disponíveis do nutriente, a resposta das culturas, o sistema de manejo e o residual da adubação fosfatada no solo.

O fracionamento das formas inorgânicas de P é uma das maneiras de caracterizar o nutriente no solo e, se analisado em conjunto com o P-disponível, obtido pelos extratores de rotina, torna-se uma ferramenta muito útil para o entendimento da dinâmica e da disponibilidade de P para as plantas, permitindo, dessa maneira, auxiliar as recomendações da adubação fosfatada para o cafeeiro.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar e avaliar a dinâmica e disponibilidade de fósforo em um solo sob cafeeiros submetidos a aplicações anuais de diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por meio do fracionamento das formas inorgânicas de P ligadas a Ca, Fe e Al.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2001, num Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) textura muito argilosa, localizado no município de Planaltina, DF, no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado – Embrapa/CPAC. Foi utilizada a cultivar Rubi MG-1192, no espaçamento de 2,8 x 0,5m, seguindo-se as recomendações de adubação de plantio da CFSEMG (1999). A partir da primeira florada, em 2002, iniciou-se a aplicação anual de diferentes doses de fósforo (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na projeção da copa dos cafeeiros, utilizando como fonte o superfosfato triplo, aplicando-se 2/3 da dose em setembro, antes do retorno das irrigações após período de estresse hídrico, e 1/3 entre o final de dezembro e início de janeiro. Este parcelamento não é comumente utilizado na cafeicultura, entretanto, são os períodos de maior demanda do nutriente pela planta (Malavolta, 2006). Foi mantida a mesma adubação de produção para os demais nutrientes aplicando-se anualmente 500 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, 500 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR10 (Zn=7%; B=2,5; Cu=1%; Fe=4%; Mn=4%; Mo=0,1%; Co=0,1%) para suprimento de micronutrientes. O N e o K foram parcelados em 4 aplicações de setembro a fevereiro e o tratamento fitossanitário, quando necessário, foi igual para todas as parcelas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, em que os blocos foram constituídos de três linhas de plantio, sendo a linha central considerada útil e ambas as laterais bordaduras. As parcelas foram constituídas de 10 plantas, sendo as 8 centrais úteis. A área foi irrigada por pivô central, num regime de estresse hídrico moderado conforme Guerra et al. (2006) para sincronização do desenvolvimento de gemas reprodutivas e uniformização da florada.

Em 2005, as plantas do experimento foram podadas, sofrendo esqueletamento e decote. Nas parcelas experimentais, no ano de 2007, foram coletadas amostras de solo em três profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, antes das adubações para o ano agrícola 2007/2008. As amostras foram retiradas utilizando-se trado. Para cada profundidade foram retiradas amostras compostas em pontos diferentes, respeitando-se, assim, a independência das camadas. No ano de 2008, na ocasião da colheita, retiraram-se novamente amostras nessas parcelas, seguindo-se os mesmos procedimentos do ano anterior.

Foi realizado o fracionamento de fósforo segundo Chang & Jackson (1957) com o intuito de separar as formas de P ligadas a Al (P-Al), a Fe (P-Fe), e P ligado a Ca (P-Ca). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para avaliar as diferenças entre os tratamentos. Foram ajustadas equações de regressão para as diferentes frações de P como variáveis dependentes das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os resultados obtidos pelo fracionamento do P inorgânico, onde não ocorreu a adição de P no solo (dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), observa-se que a maior parte do nutriente está complexada com Fe, prevalecendo a ordem P-Fe>P-Al>P-Ca, para todas as camadas avaliadas nos dois anos (Tabela 1 e Figura 1). Esses resultados corroboram com aqueles normalmente obtidos nos solos ácidos brasileiros (Motta et al., 2002; Raij, 2004), refletindo o estágio avançado de intemperismo em que estes solos se encontram (Machado et al., 1993).

À medida que aumentaram-se as doses de P no solo, nota-se que todas as frações inorgânicas do nutriente tenderam a aumentar, de modo mais expressivo o P-Al, seguido do P-Fe e, posteriormente, o P-Ca (Tabela 1). Esse comportamento foi observado com maior destaque nas camadas 0 a 10 e 10 a 20cm, uma vez que a adubação fosfatada na cultura do cafeeiro ocorre em superfície, sem haver incorporação, e, este nutriente tem baixa mobilidade no solo (Novais et al., 2007).

Observou-se, com relação aos valores relativos de P no solo, na camada de 0 a 10cm, nos dois anos avaliados, que a proporção de P-Fe foi maior que a de P-Al até a dose de 111,2 e 113,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente nos anos

2007 e 2008, quando elas se igualaram próximo a 46% de contribuição com o P inorgânico total (Figura 1A e 1D). A partir daí, os compostos de Al controlam a disponibilidade de P, uma vez que os teores relativos de P-Al aumentam em detrimento daqueles de P-Fe. Nas camadas de 10 a 20cm (Figura 1B e 1E) e de 20 a 40cm (Figura 1D e 1F), observa-se que houve uma diminuição da proporção de P-Fe, como também um aumento da proporção de P-Al, mostrando que existe um efeito da aplicação das doses de P em determinada profundidade. Entretanto, ocorre um comportamento diferente da camada de 0 a 10cm, não havendo um ponto de equilíbrio entre o P-Fe e o P-Al no intervalo de doses estudado. Estes resultados são coincidentes com os de Bahia Filho et al. (1982), que também observaram maiores incrementos relativos para P-Al quando aplicaram superfosfato triplo no solo, apesar de P-Fe ser a fração predominante. Analisando-se as inclinações das equações de regressão obtidas naquele trabalho também se observa uma semelhança na tendência de um ponto de equilíbrio entre o P-Al e o P-Fe, se as doses de  $P_2O_5$  aplicadas fossem extrapoladas.

**Tabela 1** - Teores de P-Al, P-Fe e P-Ca determinados em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) de Planaltina, DF, submetido a doses de  $P_2O_5$  por vários anos, em dois anos de estudo, 2007 e 2008.

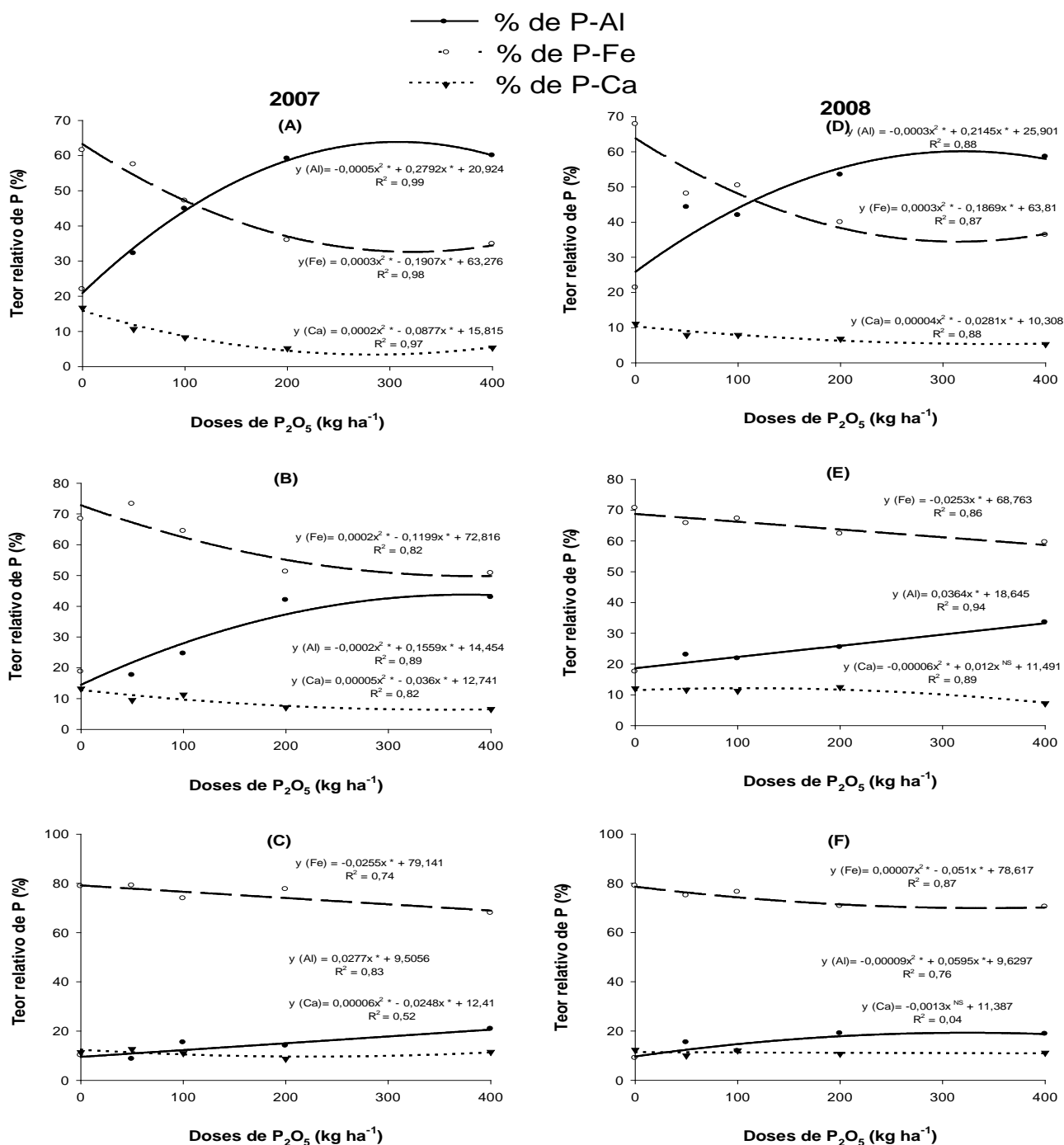
Doses de $P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	Ano 2007			Ano 2008			Depleção de P *		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 a 10	10 a 20	20 a 40	0 a 10	10 a 20	20 a 40	0 a 10	10 a 20	20 a 40
	<b>P-Al (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
0	26,1	11,3	4,2	25,6	10,1	3,6	-0,5 (-2%) **	-1,2 (-10%)	-0,6 (-14%)
50	56,3	11,9	3,6	135,4	15,6	8,1	79,1 (140%)	3,7 (31%)	4,5 (126%)
100	146,5	19,5	9,2	109,4	15,5	5,4	-37,1 (-25%)	-4,0 (-21%)	-3,8 (-41%)
200	347,5	85,6	8,2	272,3	21,0	11,4	-75,2 (-22%)	-64,6 (-76%)	3,2 (38%)
400	421,3	91,4	19,1	355,6	52,5	13,0	-65,7 (-16%)	-38,9 (-43%)	-6,1 (-32%)
	<b>P-Fe (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
0	73,3	41,4	32,5	81,8	41,0	31,5	8,5 (12%)	-0,3 (-1%)	-1,0 (-3%)
50	98,2	49,2	32,1	146,2	44,8	39,7	48,0 (49%)	-4,4 (-9%)	7,7 (24%)
100	153,4	50,5	44,0	131,3	48,0	35,0	-22,0 (-14%)	-2,6 (-5%)	-9,0 (-20%)
200	211,0	102,1	49,3	203,5	51,6	42,2	-7,5 (-4%)	-50,5 (-49%)	-7,1 (-14%)
400	240,7	108,5	62,4	220,6	93,1	48,3	-20,1 (-8%)	-15,4 (-14%)	-14,1 (-23%)
	<b>P-Ca (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
0	19,9	8,0	4,7	13,4	7,0	4,9	-6,6 (-33%)	-1,0 (-12%)	0,1 (3%)
50	18,0	6,4	5,2	23,8	7,9	5,3	5,8 (32%)	1,5 (24%)	0,1 (2%)
100	26,9	8,8	6,8	20,0	8,1	5,5	-6,4 (-24%)	-0,8 (-9%)	-1,2 (-18%)
200	30,6	14,2	5,3	34,8	10,3	6,3	4,2 (14%)	-3,8 (-27%)	1,1 (20%)
400	36,9	14,0	10,6	32,2	11,7	7,6	-4,7 (-13%)	-2,6 (-19%)	-3,0 (-28%)

\* Os valores dessas colunas foram obtidos pela diferença entre os teores do ano 2008 e 2007.

\*\* % da diferença do ano de 2008 em relação ao ano de 2007.

As elevadas taxas de conversão do fósforo adicionado em P-Al e P-Fe evidenciam a relevância dos óxidos de Fe e Al, no que tange à adsorção de fósforo em solos ácidos (Barbosa Filho et al., 1987). Normalmente, em solos intemperizados, as formas de P-Fe aumentam com o tempo de contato entre o fosfato e o solo (Novelino, 1999). Entretanto, quando o P adicionado ao solo reage com estes metais, primeiramente há um estágio amorfo de complexação, a partir do qual ocorre a cristalização dos compostos. Em meio ácido, o P-Al cristaliza-se numa velocidade inferior à do P-Fe e, sendo assim, permanece disponível para as plantas por maior tempo (Juo & Ellis, 1968). Isso explica, em parte, os maiores teores de P-Al no presente trabalho. Neste contexto, ainda é necessário considerar que o solo vem recebendo adubações fosfatadas anuais por seis anos consecutivos e, portanto, apesar das extrações de P pelo cafeeiro ao longo dos seus ciclos de cultivo, existe uma disponibilidade de P no solo muito mais expressiva que aquela encontrada em outros estudos.

A maior disponibilidade de P-Al para as plantas de café pode ser confirmada ao observar a depleção de P de um ano para o outro em função do ciclo de produção da cultura (Tabela 1). Nota-se que, apesar do incremento de P no sistema solo-planta em função das doses de  $P_2O_5$  aplicadas, o compartimento P-Al foi, em geral, o que apresentou os maiores déficits de P em todas as camadas avaliadas, em função da produtividade do cafeeiro, quando se observam os dois anos de estudo. Também houve depleção dos teores de P-Fe em uma magnitude intermediária e de P-Ca em uma magnitude menos expressiva em relação às demais.



**Figura 1** - Teores de P ligado a Ca, Fe e Al relativos ao P inorgânico total do solo –  $\Sigma$  (P-Ca + P-Fe + P-Al), em diferentes profundidades, num LVd de Planaltina, DF, em função da aplicação de doses anuais de  $P_2O_5$ , em amostras coletadas em dois anos (A, B e C = camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, respectivamente, no ano 2007; D, E e F = camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, respectivamente, no ano 2008). \* Significativo, pelo teste de t, a 5%.

## CONCLUSÕES

O P aplicado ao solo encontra-se principalmente ligado ao Al e esta é a forma de fósforo no solo que está predominantemente fornecendo o nutriente ao cafeeiro.

As frações de P neste trabalho apresentaram a seguinte magnitude: P-Al>P-Fe>P-Ca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L.; MENDES, J.F.; PITTA, G.V.E.; OLIVEIRA, A.C. Formas de fósforo inorgânico e fósforo disponível em um Latossolo Vermelho Escuro, fertilizado com diferentes fosfatos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 99-104, 1982.
- BARBOSA FILHO, M. P.; KINJO, T.; MURAOKA, T. Relações entre fósforo “extraível”, frações inorgânicas de fósforo e crescimento do arroz em função de fontes de fósforo, calagem e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n.2, p. 147-155, maio/ago. 1987.
- BATAGLIA, O.C. Resposta à adubação fosfatada na cultura do café. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/Anda, 2004. p. 307-328.
- CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 289-302.
- CHANG, S.C.; JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, Baltimore, v.84, n. 1, p. 133-144, Aug. 1957.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Histórico de produção de café**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=132>>. Acesso em: 29 jan. 2009
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e Resumos...**São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.
- GALLO, P.B.; RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.341-351, 1999.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C. Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2006.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **ITEM**, Brasília, n.73, p. 52-61, 2007.
- GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arabica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p- 62-66.
- GUIMARÃES, P.T.G. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais**. 1986. 140p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- JUO, A.S.R.; ELLIS, B.G. Particle size distribution of aluminum, iron and calcium phosphates in soil profiles. **Soil Science**, Baltimore, v.106,n.5, p.374-380, 1968.
- MACHADO, M.I.C.S.; BRAUNER, J.L.; VIANNA, A.C.T. Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,Campinas, v.17, n.3, p.331-336, set./dez. 1993.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 136-274.
- MOTTA, P.E.F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B. van; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 349-359, abr./jun. 2002.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. 471-550p.
- NOVELINO, J.O. **Disponibilidade de fósforo e sua cinética, em solos sob cerrado fertilizados com fósforo, avaliada por diferentes métodos de extração**. 1999. 70p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG
- PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.239-251, maio/ago. 2004.
- RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S. (Ed.) **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos/ Anda, 2004. p. 107-116.