

Disponibilidade de fósforo por diferentes extratores em solo com cafeeiros em produção submetidos a diferentes doses do nutriente

THIAGO HENRIQUE PEREIRA REIS¹, PAULO TÁCITO GONTIJO GUIMARÃES²; ANTÔNIO EDUARDO FURTINI NETO³; ANTÔNIO FERNANDO GUERRA⁴ & GUY CARVALHO RIBEIRO FILHO⁵

RESUMO – Resultados recentes de pesquisa mostraram respostas de cafeeiros em produção à aplicação de maiores doses anuais de fósforo no solo. Neste contexto, é importante observar o comportamento dos extratores de P, comumente utilizados no país, com relação a esse sistema agrícola. O presente trabalho teve o objetivo de quantificar as formas inorgânicas de P e sua relação com os teores de P disponível por Mehlich-1 e resina de troca iônica. O experimento foi realizado em área com cafeeiros irrigados, em produção, instalado num Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) em Planaltina, DF, com três repetições em blocos casualizados e submetido à adubação fosfatada anual, a partir de 2002, de 0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O fósforo foi determinado pelos extratores Mehlich-1, resina de troca iônica e pelo fracionamento de Chang & Jackson em amostras de solo coletadas nas profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm. Os teores de P, disponíveis pelos extratores de rotina, aumentaram com os incrementos das doses de P₂O₅ no solo. Houve correlação positiva entre os teores de P disponíveis por ambos os extratores de rotina Mehlich-1 e resina de troca iônica. Houve correlação positiva entre os teores de P fornecidos pelos extratores de rotina e a forma relativa de P-Al; correlação negativa entre aqueles extratores e as formas relativas de P-Fe e P-Ca. Ambos os extratores de rotina foram equivalentes na extração de P disponível deste solo. A forma de P-Al foi aquela que mais contribuiu para a disponibilidade do nutriente no sistema.

Palavras-Chave: fertilidade do solo, fósforo, extratores, doses

Introdução

O P é imprescindível ao crescimento e à reprodução das plantas [1] com principal função de armazenamento e transporte de energia na forma de ATP [2]. O nutriente tem uma dinâmica complexa em solos das regiões tropicais que apresentam em geral teores de P disponível limitantes ao desenvolvimento normal das culturas. Nestes solos, são grandes as quantidades de P a serem aplicadas para manter a disponibilidade adequada do nutriente para as plantas [3].

Resultados recentes de pesquisa mostraram respostas lineares de produção do cafeeiro irrigado submetido às doses crescentes de P₂O₅, variando de 0 a 400 kg ha⁻¹ [4]. Os autores questionaram os atuais critérios de recomendação de adubação fosfatada para o cafeeiro, uma vez que obtiveram resultados inéditos em relação àqueles comumente obtidos na literatura. Contudo, existe uma demanda por respostas em termos de comportamento desse nutriente, no solo, sob a aplicação de elevadas quantidades de P₂O₅ com relação ao extrator ideal de P nestas condições e à disponibilidade do nutriente para as plantas.

Os métodos tradicionais de análise química de P, no solo, são selecionados através de estudos de correlação com os rendimentos das culturas, não levando em consideração as formas inorgânicas de P nos solos que mais contribuem para o P da solução do solo, ou seja, o P disponível às plantas [5]. Essa falta de seletividade dos extratores na dissolução dos fosfatos do solo tem levado a uma variação dos resultados de análise do P residual e nativo disponível para as plantas. Vários experimentos com fracionamento de P mostram que a maior porção dos fosfatos adicionados, em solos ácidos são extraídos depois de algum tempo sob forma de P-Fe e P-Al [6, 7, 8]. Isso sugere que, para solos ácidos, um extrator com dissolução seletiva para formas de P ligadas a Fe e Al, forneceria uma boa avaliação de P disponível.

Buscando compreender como a disponibilidade de fósforo é influenciada pela adição de doses anuais de P o presente trabalho teve o objetivo quantificar as formas inorgânicas de P e sua relação com os teores de P disponível por Mehlich-1 e resina de troca iônica.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em janeiro de 2001, num Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), textura muito argilosa, em Planaltina, DF, na Embrapa Cerrados-CPAC. Foi utilizada a cultivar Rubi MG-1192, no espaçamento de 2,8 x 0,5m, seguindo-se as recomendações de adubação de plantio [9]. 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⁻¹ de P₂O₅), na projeção da copa dos cafeeiros, utilizando-se 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

¹ Primeiro Autor é Doutorando do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras, Bolsista da CAPES; Caixa Postal: 3037. CEP: 37200-000. Lavras/MG. thiagohpreis@yahoo.com.br

² Segundo Autor é Dr. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG, Caixa Postal: 176. CEP: 37200-000. Lavras/MG. paulotgg@ufla.br

³ Terceiro Autor é Prof. Dr de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras; Bolsista Produtividade/CNPq. Caixa Postal: 3037. CEP: 37200-000. Lavras/MG. afurtini@ufla.br.

⁴ Quarto Autor é Dr. Pesquisador da Embrapa Cerrados/CPAC, Caixa Postal 08223. CEP: 73310-970. Planaltina-DF, guerra@cpac.embrapa.br

⁵ Quinto autor é Engenheiro Agrônomo. Consultor. Rua São Lucas, 60. CEP: 37880-000. Cabo Verde – MG. guycarvalho@outcenter.com.br

os períodos de maior demanda do nutriente pela planta [2]. Foi mantida a mesma adubação de produção para os demais nutrientes aplicando-se anualmente 500 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, 500 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 100 kg ha⁻¹ 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, onde as parcelas foram constituídas de três linhas de plantio com 10 plantas, sendo as 8 centrais úteis. A área foi irrigada por pivô central, num regime de estresse hídrico moderado [10] 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, nos anos de 2007 e 2008, foram coletadas amostras de solo em três profundidades 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, antes das adubações anuais. Para cada profundidade, foram retiradas amostras compostas em pontos diferentes, respeitando-se, assim, a independência das camadas.

O fósforo foi avaliado pelos extratores de rotina Mehlich-1 e resina de troca iônica e também através do fracionamento de Chang & Jackson [6] que separa as formas de P ligadas a Al (P-Al), extraídas com NH₄F 0,5 mol L⁻¹ a pH 8,2; ligadas a Fe (P-Fe), extraídas com NaOH 0,1 mol L⁻¹; e ligadas a Ca (P-Ca), extraídas com H₂SO₄ 0,25 mol L⁻¹. 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 P₂O₅ utilizando-se o programa estatístico Sisvar [11]. Também foram feitas correlações de Pearson entre os teores de P disponível pelos diferentes extratores.

Resultados e discussão

Observou-se um comportamento semelhante quanto aos teores de P obtidos por ambos os extratores de rotina os quais apresentaram nos anos de 2007 e 2008 (Figuras 1 e 2) aumentos em função do acréscimo das doses de P₂O₅ aplicadas ao longo dos anos avaliados. Destaca-se que os maiores teores de P-disponível foram obtidos nas camadas de 0 a 10cm, nos dois anos avaliados, devido à conhecida baixa mobilidade do nutriente no solo [12], uma vez que, para o cafeeiro, os fertilizantes são aplicados em superfície e sem incorporação. Os teores de P obtidos, de maneira geral, tenderam a diminuir de 2007 para 2008, certamente em virtude das exigências da planta para seu crescimento vegetativo e reprodutivo. Ajustes lineares foram obtidos nessa camada em todas as formas de P-disponível no ano 2007 (Figura 1A e 2A) e ajustes quadráticos para o ano 2008 (Figura 1C e 2C).

As formas de P das camadas de 10 a 20cm apresentaram ajustes lineares para a maioria dos

resultados, exceto para resina de troca iônica em 2007 (Figura 2B). Também houve interação significativa das formas de P das camadas de 20 a 40cm com as doses de P₂O₅ aplicadas para a resina de troca iônica apenas no ano de 2008 (Figura 2E). Uma vez que a adubação fosfatada foi feita em superfície e sem incorporação, as camadas subsuperficiais geralmente apresentaram teores bem menores do que aqueles da camada de 0 a 10cm. Os teores de P dessas camadas, para os extratores de rotina, em geral diminuíram mais abruptamente de 2007 para o ano de 2008, evidenciando extração do nutriente pelas plantas e a não reposição do mesmo, tão rapidamente, como ocorre na camada de 0 a 10cm.

Ao associar os valores relativos das formas de P-Al, P-Fe e P-Ca em relação ao P inorgânico total (P-Al + P-Fe + P-Ca) obtidas pelo fracionamento e os teores de P disponível determinados pelos extratores de rotina, observa-se uma correlação positiva entre os teores de P-Mehlich-1 e P-resina com os valores de P-Al e uma correlação negativa com os demais valores de P-Fe e P-Ca (Tabela 1). Isso evidencia que o P-Al no presente trabalho foi a forma de P no solo que preferencialmente disponibilizou o nutriente para as plantas de café neste sistema com grandes incrementos anuais do nutriente. Entretanto, quando se consideram diferentes tipos de solo, qualquer uma das formas de P pode ser importante fonte do mesmo para as plantas [12].

Observou-se também alta correlação entre os teores de P obtidos com os extratores Mehlich-1 e resina de troca iônica (Tabela 1). Resultados semelhantes também foram observados [13], entretanto, não são coincidentes com aqueles normalmente encontrados na literatura [14, 15, 16].

Apesar de o extrator Mehlich-1 ser sensível a solos com alto fator capacidade de fósforo [12], a quantidade de P-Ca é baixa em todas as três camadas em relação a P-Fe e P-Al e, nestas condições, sob adubação fosfatada com fontes solúveis, ambos os extratores estão sendo semelhantes em estimar o P disponível para as plantas.

Conclusões

Ambos os extratores de rotina foram equivalentes na extração de P disponível deste solo. A forma de P-Al foi aquela que mais contribuiu para a disponibilidade do nutriente no sistema.

Referências Bibliográficas

- [1] MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, 1995. 887p.
- [2] MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- [3] SOUSA, D.M.G. de.; LOBATO, E.; REIN, A.T. Adubação fosfatada. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p.147-168.
- [4] 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, 73, p.52, 2007.

- [5] 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. **Rev. Bras. Cien. Solo**, Campinas, 11:2, p. 147-155, 1987.
- [6] CHANG, S.C.; JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, Baltimore, v.84, n. 1, p. 133-144, Aug. 1957.
- [7] NOVAIS, R.F.; KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. **Soil Sci. Soc. AM. Journ.**, 42, p. 931-935, 1978.
- [8] 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. **Rev. Bras. Cien. Solo**, Viçosa, MG, 26: 2, p. 349-359, 2002.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.
- [13] 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.
- [14] HOLANDA, J.S.; BRASIL, E.C.; SALVIANO, A.A.C.; CARVALHO, M.C.S.; RODRIGUES, M.R.L.; MALAVOLTA, E. Eficiência de extratores de fósforo para um solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 52: 3, p.561, 1995.
- [15] RAIJ, B. van. Bioavailable testes: alternatives to standard soil extractions. **Communication in Soil Science and Plant Analyses**, New York, 29: 11-14, p. 1553-1570, 1998.
- [16] SILVA, F.C.; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 34: 2, p.267-288, 1999.

Tabela 1 - Coeficientes de correlação linear simples entre os extratores Mehlich-1 e resina de troca iônica e as formas relativas de P-Al, P-Fe e P-Ca, em dois anos de estudo, 2007 e 2008, onde se utilizaram doses de P₂O₅ por vários anos, em um LVd de Planaltina, DF.

Correlações	P-Mehlich-1	P-resina	% P-Al	% P-Fe	% P-Ca
-------------	-------------	----------	--------	--------	--------

Camada 0 a 10cm					
P-Mehlich-1	-	0,994*	0,784*	-0,792*	-0,649*
P-resina	0,994*	-	0,776*	-0,782*	-0,649*
Camada 10 a 20cm					
P-Mehlich-1	-	0,981*	0,912*	-0,843*	-0,805*
P-resina	0,981*	-	0,897*	-0,841*	-0,759*
Camada 20 a 40cm					
P-Mehlich-1	-	0,876*	0,849*	-0,852*	-0,107 ^{NS}
P-resina	0,876*	-	0,788*	-0,837*	0,033 ^{NS}
Camada 0 a 40cm					
P-Mehlich-1	-	0,993*	0,774*	-0,760*	-0,622*
P-resina	0,993*	-	0,792*	-0,776*	-0,642*

* Teste de t ($p < 0,001$).

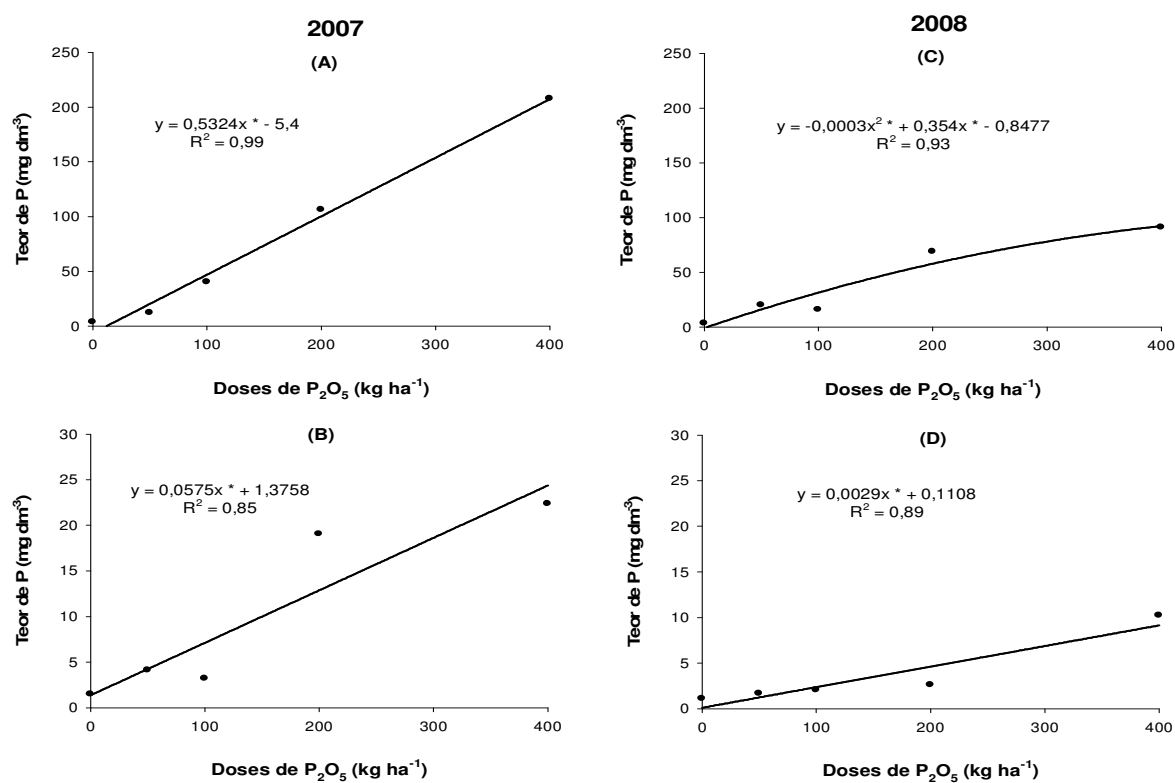


Figura 1 - Teores de fósforo disponível pelo extrator de Mehlich-1 no solo, em diferentes profundidades num LVd de Planaltina, DF, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em amostras coletadas em dois anos (A e B = camadas de 0 a 10 e 10 a 20cm, respectivamente, no ano de 2007; C e D = camadas de 0 a 10 e 10 a 20cm, respectivamente, no ano de 2008). * Significativo, pelo teste de t, a 5%.

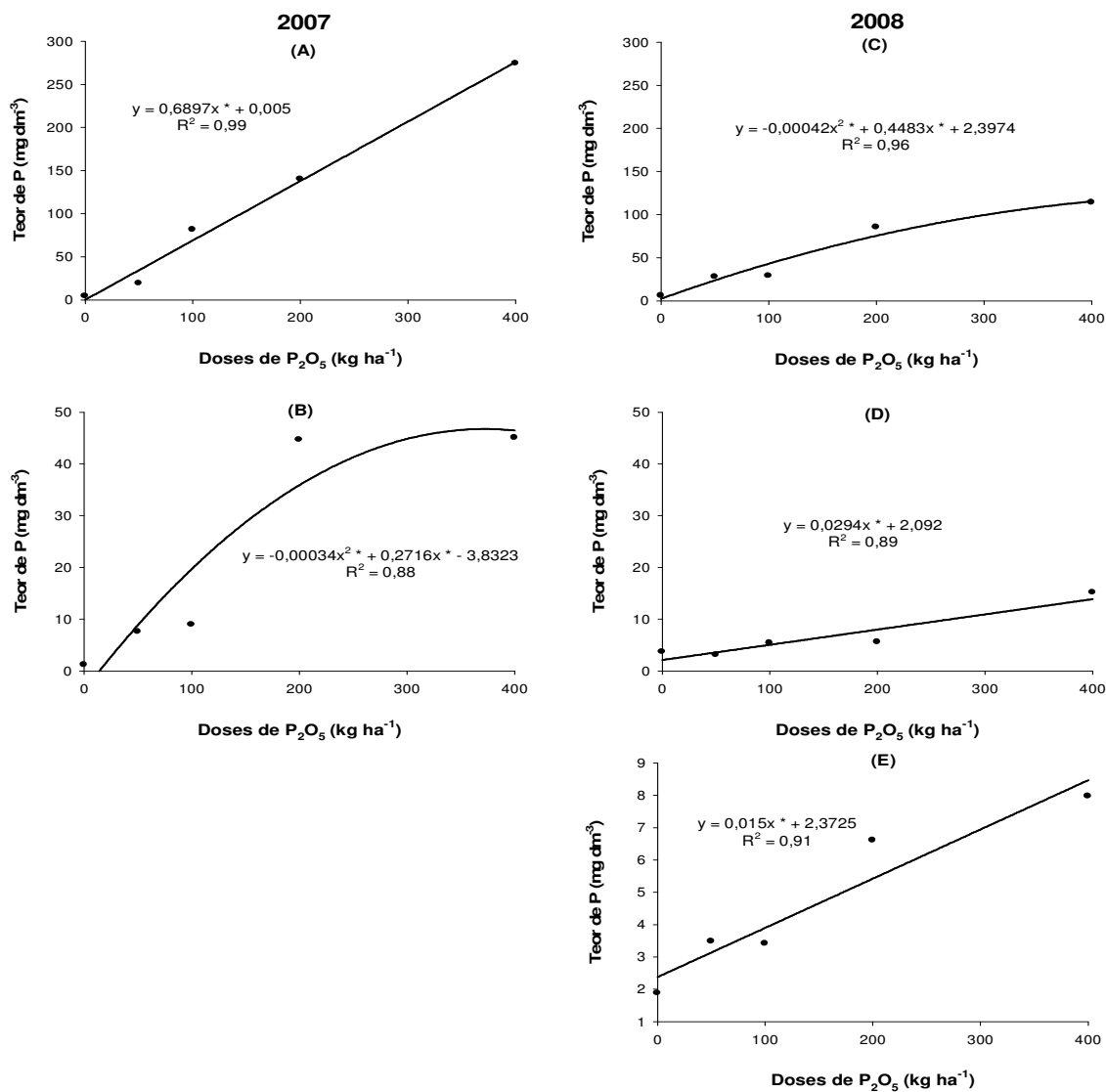


Figura 2 - Teores de fósforo disponível pela resina de troca iônica, em diferentes profundidades num LVd de Planaltina, DF, em função da aplicação anual de doses de fósforo, em amostras coletadas em dois anos (A e B = camadas 0 a 10 e 10 a 20cm, respectivamente, no ano 2007; C, D e E = camadas 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40cm, respectivamente, no ano 2008). * Significativo, pelo teste de t, a 5%.