

RAFAEL VASCONCELOS VALADARES

EFEITO DO FERTILIZANTE AMONIACAL E DA GRANULAÇÃO NA
SOLUBILIZAÇÃO DO FOSFATO REATIVO BAYÓVAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

V136e
2014 Valadares, Rafael Vasconcelos, 1989-
Efeito do fertilizante amoniacal e da granulação na
solubilização do fosfato bayóvar / Rafael Vasconcelos
Valadares. – Viçosa, MG, 2014.
vi, 28f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.14-15.

1. Fertilizantes nitrogenados. 2. Nitrogênio. 3. Fósforo.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
II. Título.

CDD 22. ed. 631.84

RAFAEL VASCONCELOS VALADARES

EFEITO DO FERTILIZANTE AMONÍACAL E DA GRANULAÇÃO NA
SOLUBILIZAÇÃO DO FOSFATO REATIVO BAYÓVAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de maio de 2014

Dr. Rogério Faria Vieira

Prof. Teógenes Senna de Oliveira

Prof. Edson Márcio Mattiello
(Coorientador)

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti
(Orientador)

Dedico esta dissertação à Tânia Mara Vasconcelos, Samuel Vasconcelos Valadares, Isabela Ferreira Cunha Neto, Maria da Conceição Ferreira e Laura Cunha Vasconcelos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À Deus, a vida.

À minha querida Mãe (Tânia) e ao meu querido irmão (Samuel), o suporte de todas as horas, a amizade e os conselhos que me permitiram realizar este projeto.

À Dona Conceição e à Isabela, a paciência, os momentos de alegria e o cuidado com a nossa amada Laura.

Ao querido tio Garcia e família, agradeço a amizade, a atenção e os cuidados.

Ao caríssimo orientador Prof. Reinaldo B. Cantarutti, agradeço a oportunidade de trabalho, as orientações e os conhecimentos em solos e nutrição de plantas.

Ao Prof. Edson M. Mattiello, sou muito grato pelas orientações e oportunidades de trabalho.

Ao Grupo GeFert, agradeço a oportunidade de aprender mais sobre adubos e adubação.

Ao pessoal da Embrapa Solos, na pessoa do Dr. Paulo César Teixeira e das estagiárias Ana e Clara, agradeço a infraestrutura cedida e o auxílio necessário à etapa de granulação dos fertilizantes.

Ao Dr. Rogério F. Vieira, as orientações para a análise do material vegetal e a importante contribuição na revisão do presente trabalho.

À EPAMIG, a infraestrutura para análise do material vegetal.

Ao Prof. Teógenes S. de Oliveira, as importantes contribuições na revisão do presente trabalho.

Às estagiárias Bruna, Endy e Regina, o auxílio na obtenção dos dados dessa pesquisa.

Aos laboratoristas Jorge, Írio, Carlos, Paulo, Mário e Geraldo, agradeço a colaboração nas análises.

Aos amigos Elton, Evair, Fellip, Gelton, Guilherme, Gustavo, Jefferson, Lucas, Matheus, Odirley, Rafael e Wedisson, agradeço os momentos de descontração e as conversas proveitosas.

Ao pessoal da secretaria do DPS, Luciana e Claudia, agradeço o auxílio durante o período de estudo.

À todos os Professores do Departamento de Solos/UFV, agradeço os conhecimentos e o exemplo de dedicação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao DPS/UFV, a bolsa e a oportunidade de estudo.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	2
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
CONCLUSÕES	13
LITERATURA CITADA	14
ANEXOS	16

RESUMO

VALADARES, Rafael Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Efeito do Fertilizante Amoniacal e da Granulação na Solubilização do Fosfato Reativo Bayóvar.** Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti; Coorientador: Edson Márcio Mattiello.

Fertilizantes amoniacais favorecem a solubilização de fosfatos reativos (FR) devido a efeitos químicos e nutricionais no sistema solo-planta. No caso de misturas, a eficiência da solubilização depende de fatores como a fonte de nitrogênio, a forma de mistura e o percentual de N no adubo. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de fertilizantes nitrogenados e da forma física de mistura na solubilização do fosfato reativo Bayóvar e no fósforo (P) disponível. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos/UFV por 42 dias. Cada unidade experimental foi composta por um vaso com 3 dm³ de solo (textura muito argilosa) com três plantas de milho. Os tratamentos consistiram da mistura do fosfato reativo Bayóvar (By) com três fontes de nitrogênio [sulfato de amônio (SA), ureia (U) ou nitrato de potássio (NK)], em duas formas físicas de mistura (pó ou granulada) e em duas proporções molares N:P (1:1 ou 0,5:1). Também foram avaliados quatro tratamentos adicionais (sem fertilização com P; MAP; By em pó; By granulada), resultando, portanto, na combinação fatorial 1 + 1 + 2 + (3 x 2 x 2). O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A dose de P foi estimada com base no valor de P-rem do solo e os fertilizantes aplicados localizadamente. Os fertilizantes amoniacais provocaram maior solubilização do fosfato, independente da forma de mistura. As combinações com o sulfato de amônio condicionaram maior crescimento de raízes quando comparadas ao By puro, By em misturas com nitrato de potássio ou com ureia. Verificou-se também que as misturas em pó do BySA ou granulada do ByNK (relação 1:1) levaram à maiores valores de aquisição de P em comparação ao By ou a ByU, demonstrando a importância do efeito químico da redução do pH na dissolução, determinado pela presença do N-NH₄, e do efeito nutricional pela presença do N-NO₃. Em suma, as misturas com fontes de N aumentaram a disponibilização de P a partir do By, mesmo em condições desfavoráveis à dissolução, sobretudo, em combinações com BySA na relação 0,5:1. Plantas adubadas com o MAP apresentaram valores de crescimento e absorção de nutrientes superiores aos observados com a adubação com By ou com By em misturas com N.

ABSTRACT

VALADARES, Rafael Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2014. **Effect of Ammoniacal Fertilizer and Granulation on Bayóvar Reactive Phosphate Dissolution.** Adviser: Reinaldo Bertola Cantarutti; Co-adviser: Edson Márcio Mattiello.

Ammoniacal fertilizer may favor the P solubilization from reactive phosphates (RP) due to chemical and nutritional effects in the soil-plant system. For mixtures with RP, the solubilization efficiency depends on factors such as the nitrogen source, the physical mixture form and the content of N in the fertilizer, among other factors. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilizers and mixtures forms on phosphate dissolution and on phosphorus (P) available. The experiment was carried out in Soil Department's greenhouse of Federal University of Viçosa-MG, Brazil, for 42 days. Each plot consisted of a pot with 3 dm³ of a heavy clay soil and three maize plants. The treatments consisted of mixtures of the Bayóvar reactive phosphate (By) with three nitrogen sources [urea (U), ammonium sulfate (AS) or potassium nitrate (NK)], in two physical mixtures forms (powder or granulated) and in two molar N:P proportions (1:1 or 0.5:1). It was also evaluated four additional treatments (without fertilization with P; MAP; powder By; granulated By). Resulting, therefore, in a 1 + 1 + 2 + (3 x 2 x 2) factorial scheme. The experiment was arranged in the randomized blocks design with four replicates. The fertilizer dose was estimated based on the P-rem value and the application was done in a localized manner. The ammoniacal fertilizers caused higher dissolution from phosphate, regardless of the form of mixture. Combinations with ammonium sulfate conditioned higher roots growth than pure By, By in mixtures with potassium nitrate or urea. It has also been found that mixtures of powdered BySA or granulated ByNK (ratio of 1:1) led to higher values of P acquisition than ByU or By, demonstrating the importance of the chemical effect of pH reduction on the dissolution, determined by the presence of N-NH₄, and of the nutritional effect of the presence of N-NO₃. In short, the mixture with N sources increased availability of P from By, even in unfavorable conditions for dissolution, especially in combination with BySA in 0,5:1 molar relation. Plants fertilized with MAP showed higher growth and nutrient uptake than plants fertilized with By or By in mixtures with N.

1 INTRODUÇÃO

A adubação com fosfatos reativos (FR) é promissora para algumas condições, por apresentar liberação gradual do P, maior efeito residual e menor custo em relação às fontes aciduladas (Resende et al., 2006). Apesar dessas vantagens, a eficiência dos FR pode ser comprometida em sistemas solo-planta que não favorecem a dissolução, sobretudo, em condições de aplicação localizada e em solos que receberam calcário, devido aos maiores valores de pH e de Ca trocável (Franzini et al., 2009).

Parte desse problema pode ser resolvido pela aplicação conjunta com fontes amoniacais, seja na forma de fertilizantes simples ou de misturas granuladas (Chien et al., 1987; Barbarick et al., 1990; He et al., 1999). Esse tipo de aplicação aumenta a eficiência de FR pela ação simultânea de efeitos químicos e nutricionais no sistema solo-planta. Como efeito químico, tem-se o aumento da solubilização em decorrência da redução do pH, proveniente dos processos de nitrificação e de extrusão de prótons pela raiz (Chien et al., 1987; Barbarick et al., 1990; He et al., 1999; Jing et al., 2010). O efeito nutricional deve-se ao sistema radicular mais volumoso em virtude da adequada disponibilidade de N próximo às raízes, o que favorece a capacidade de absorção do P liberado pelo adubo fosfatado (Jing et al., 2010).

A intensidade com que esses dois efeitos afetam a eficiência de FR depende, dentre outros fatores, da fonte de N e da forma de mistura dos adubos (Chien et al., 1987). A adubação com a mistura granulada de FR e ureia (0,15 a 1,18 mm), por exemplo, aumentou a produção de matéria seca de milho em 40 % em relação à adubação com essas mesmas fontes aplicadas separadamente (FR em pó e ureia granulada) (Chien et al., 1987). Tais resultados sugerem o quanto é importante a proximidade entre o FR e o adubo responsável pela geração da acidez.

Existem, entretanto, poucas informações a respeito da eficiência dessas misturas em condições de solos mais desenvolvidos. A aplicação conjunta com fertilizantes de reação ácida pode favorecer o aproveitamento de P do FR em condições onde a solubilização é desfavorecida, a exemplo de aplicações localizadas após a calagem. Contudo, esse efeito pode ser contrabalançado pela formação de formas de P ligadas a Al^{3+} , que apresentam maior estabilidade em condições de maior acidez do solo e são menos solúveis que as formas ligadas a Ca^{2+} .

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de fertilizantes nitrogenados e da sua granulação na solubilização do fosfato reativo Bayóvar, no crescimento de raízes e na disponibilização do P para o milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Preparo e caracterização das misturas do fosfato reativo Bayóvar com fontes de N

A amostra do fosfato reativo Bayóvar (By) apresentou textura menor que 500 μm e teores de P_2O_5 total e solúvel em ácido cítrico de 29,6 e 13,0 %, respectivamente. O By foi misturado com sulfato de amônio (21% de N e 23% de S), ureia (45 % de N) ou nitrato de potássio (13 % de N e 44 % de K) comerciais em quantidades que proporcionaram as relações molares N:P de 1:1 e 0,5:1. Os fertilizantes nitrogenados foram moídos, homogeneizados junto ao By e passados por peneira com malha de 500 μm para uniformização das misturas.

Parte das misturas do By com fertilizantes nitrogenados e o By puro foram granuladas por via úmida em um granulador do tipo prato rotativo com a adição de 2 % (m/m) de amido de mandioca para endurecimento dos grânulos. Utilizando-se peneiras foram selecionados grânulos com diâmetro maior que um e menor que 4 mm. Outra parte das misturas foram mantidas na forma de pó. Amostras dos adubos foram analisadas quimicamente para dosagem dos teores de P_2O_5 total e solúvel em ácido cítrico a 2 % e N total (MAPA, 2007) (Quadro 1).

Quadro 1. Teores de P₂O₅ total e solúvel em ácido cítrico 2 %, N total e relação molar N:P estimada no fosfato Bayóvar e nas misturas de Bayóvar com sulfato de amônio, ureia ou nitrato de potássio em duas relações molares N:P, na forma de pó ou de grânulos

Fertilizantes ¹	P ₂ O ₅		N total	N:P estimada
	Total	Ac. Cítrico 2 %		
	-----%-----			
By p	29,6	13,0	-	-
By g	30,1	13,0	-	-
ByNK p 0,5:1	23,8	8,4	2,1	0,5
ByNK p 1:1	20,4	8,4	4,2	1,0
ByNK g 0,5:1	26,4	11,1	1,9	0,4
ByNK g 1:1	22,9	11,4	3,3	0,7
ByU p 0,5:1	28,4	10,1	3,7	0,7
ByU p 1:1	26,9	8,8	6,2	1,2
ByU g 0,5:1	27,3	11,2	2,4	0,4
ByU g 1:1	26,1	12,1	4,5	0,9
BySA p 0,5:1	26,4	9,9	2,2	0,4
BySA p 1:1	23,4	10,4	3,7	0,8
BySA g 0,5:1	25,3	12,9	2,0	0,4
BySA g 1:1	23,2	12,0	3,7	0,8

¹ Fosfato Bayóvar (By), sulfato de amônio (SA), ureia (U) e nitrato de potássio (NK). Relações molares N/P de 0,5:1 e 1:1. Mistura na forma de pó (p) ou grânulos (g).

Avaliação em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da UFV, onde a temperatura foi de 19,01 ± 5,34 °C e a umidade relativa de 71,02 ± 18,88 %.

Utilizou-se amostra com textura < 4 mm, da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com as seguintes características físicas e químicas: areia, 23 dag/kg; silte, 2 dag/kg; argila, 75 dag/kg; eq. umidade, 0,329 kg/kg; umidade na capacidade de campo, 0,372 kg/kg; pH (H₂O), 4,43; matéria orgânica (método Walkley & Black), 4,27 dag/kg; P-remanescente, 7,7 mg/L; P (método Mehlich I), 5,1 mg/dm³; K⁺ (método Mehlich I), 0,03 cmolc/dm³; Ca²⁺ (método KCl 1 mol/L), 0,07 cmolc/dm³; Mg²⁺ (método KCl 1 mol/L), 0,03 cmolc/dm³; Al³⁺ (método KCl 1 mol/L), 1,64 cmolc/dm³; H+Al [método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L, pH 7], 10,30 cmolc/dm³.

As unidades experimentais foram vasos com 3 dm³ de solo com três plantas de milho híbrido (BG 7049 H). De acordo com a descrição das misturas com By (Quadro 1), os tratamentos resultaram da combinação fatorial 1 + 1 + 2 + (3 x 2 x 2), sendo:

quatro tratamentos adicionais (sem fertilização com P; fosfato monoamônico - MAP; By em pó; By granulado), fertilizantes nitrogenados (sulfato de amônio, ureia ou nitrato de potássio), formas de mistura (granulada ou pó) e relações molares N:P (0,5:1 ou 1:1). O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições.

O solo foi previamente corrigido com a aplicação da mistura de carbonato de cálcio e magnésio na relação molar de Ca/Mg de 4/1 para elevar a saturação por base a 60%.

A dose de P estimada para esse solo, com base no P-rem (Alvarez et al., 2000), foi de 560 mg/dm³. Tendo em vista a aplicação localizada, utilizou-se como critério o suprimento de 1/3 do valor da dose de P (187 mg). Essa quantidade de adubo foi aplicada de forma localizada, homogeneizada com 50 cm³ de solo localizado na porção central superior de cada vaso. A quantidade de adubo foi calculada com base no teor de P₂O₅ total de cada fonte (Quadro 1).

Foram semeadas oito sementes de milho dispostas em círculo distante 2 cm do limite área de solo fertilizado. Após a germinação, fez-se o desbaste, mantendo três plantas por vaso. Todas as parcelas receberam seis aplicações semanais de solução com nutrientes, que totalizaram: 200 mg/dm³ de K (KCl e K₂SO₄); 4 mg/dm³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O); 0,81 mg/dm³ de B (H₃BO₃); 1,33 mg/dm³ de Cu (CuSO₄.5H₂O); 1,55 mg/dm³ de Fe (FeCl₃.6H₂O); 3,66 mg/dm³ de Mn (MnCl₂.4H₂O); 0,15 mg/dm³ de Mo (NaMoO₄.2 H₂O). Nos tratamentos com a mistura do By com sulfato de amônio ou com nitrato de potássio descontaram-se as quantidade K e S supridas pelas misturas. Também foram aplicados 100 mg/dm³ de N na forma de nitrato de amônio em todas as parcelas, em virtude do aparecimento de sintomas de deficiência desse nutriente aos 26 dias após a semeadura. Durante o período experimental a umidade do solo foi mantida a 80 % da capacidade de campo por meio de pesagens.

Após 42 dias de crescimento as plantas de milho foram cortadas rente ao solo. O volume do solo fertilizado foi removido com auxílio de um anel de PVC e as raízes foram separadas, lavadas e conservadas em solução alcoólica a 40 % (v/v). As raízes do volume de solo não fertilizado também foram separadas e lavadas, mas, da mesma forma que o material da parte aérea, foram secas em estufa à 70 °C por 48 h. As raízes do volume de solo fertilizado foram submetidas a um *scanner* (Epson XL 10000, com unidade de luz adicional (TPU)), produzindo-se imagens de 400 dpi, que foram interpretadas com o auxílio do software WinRhizo Pro 2009 (Regent Systems, Quebec,

Canadá). Obtiveram-se estimativas do comprimento (L) e da proporção de raízes por classe de diâmetro (<0,25 mm; 0,25-0,75 mm; 0,75-1,25 mm). Posteriormente, as raízes foram secas e juntadas às demais raízes. Todo o material vegetal foi moído e analisado quanto aos teores de N, pelo método Kjeldhal. O P e o Ca no extrato nitro-perclórico foram determinados por espectrofotometria de emissão em plasma induzido (ICP-OES, marca Perkin Elmer, modelo OPTIMA 7300 DV). Com base nos teores e na massa do material vegetal foram estimados os conteúdos de N, P e Ca nas plantas.

O solo do volume fertilizada foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm. Foram determinados os valores de pH, teores de Ca^{2+} extraído em KCl (1 mol/L), e de P, extraído em resina aniônica (Raij & Quaggio, 2001). A determinação dos teores de cálcio foi realizada por espectrometria de absorção atômica e os teores fósforo por espectrometria de absorção molecular. A estimativa da dissolução do fosfato reativo foi obtida pela variação no conteúdo de cálcio no sistema solo-planta (ΔCa):

$$\Delta\text{Ca} = (\text{Ca}^{2+}_{t_i} - \text{Ca}^{2+}_{t_0}) + (\text{Ca}_{t_i} - \text{Ca}_{t_0})$$

em que,

Ca^{2+} = conteúdo de cálcio trocável nos 50 cm³ fertilizados;
 Ca = conteúdo de cálcio na planta (parte aérea e raiz);
 t_i = tratamento que recebeu adubação fosfatada;
 t₀ = tratamento sem adubação fosfatada.

Também foi avaliado o efeito acumulativo de disponibilização de P pelas misturas ao final do experimento, por meio da variável P disponível. A variável é representada pela soma do P-resina no solo após o corte das plantas e do P acumulado pelas plantas nos tratamentos que receberam adubação fosfatada subtraindo os valores observados no solo e nas plantas do tratamento testemunha sem adubação fosfatada, na forma da seguinte equação:

$$\text{P disponível} = (\text{P resina} + \text{P planta})_{t_i} - (\text{P resina} + \text{P planta})_{t_0}$$

em que,

P resina = conteúdo de P extraído em resina nos 50 cm³ fertilizados;
 P planta = conteúdo de P na planta (parte aérea e raiz);
 t_i = tratamento que recebeu adubação fosfatada;
 t₀ = tratamento sem adubação fosfatada.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos foram desdobrados em 15 contrastes ortogonais e em três contrastes adicionais, considerando-se o nível de significância de $p < 0,1$ (Quadro 2). Todas as análises estatísticas foram feitas com o Programa Estatístico SAEG Versão 9.0 (FUNARBE/UFV, Viçosa - MG).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dissolução do fosfato e variações na disponibilidade de P no solo

Em média, não houve efeito significativo das fontes de N na solubilização do fosfato Bayóvar, quando se considerou a variação nos valores de ΔCa (Quadro 3: contraste C3). No entanto, as fontes amoniacais (contrastos C5 e C16), notadamente a ureia (C18), proporcionaram aumento significativo na solubilização do fosfato. Tomando-se por referência os teores de Ca no By, estimou-se que a solubilização do fosfato, de acordo com a fonte de N, foi em média de: ByU (2,41 %); BySA (2,14 %); ByNK (2,02 %); By (1,52 %).

A forma da mistura não influenciou significativamente a solubilização do fosfato, independentemente da fonte de N utilizada (Quadro 3: contrastes C6, C10 e C13). Do mesmo modo, a solubilização do fosfato também não foi influenciada pelas relações molares, exceto para misturas com ureia em que o ΔCa na relação 1:1 foi significativamente maior que a 0,5:1, sobretudo granulado (contrastos C14 e C15).

Embora exista uma maior solubilização do By quando combinado com N-amoniacoal, os valores encontrados nesse experimento são baixos em relação os obtidos por He et al. (1999). No entanto, é preciso considerar que as misturas com fosfato foram aplicadas a um volume de solo de 50 cm³, o que desfavorece a dissolução de fosfatos reativos em razão do aumento, com o tempo, da concentração de Ca²⁺ e H₂PO₄⁻ no meio (Corrêa et al., 2005; Resende et al., 2006; Franzini et al., 2009). Soma-se a isso, o fato do solo apresentar 4,80 cmol_c/dm³ de Ca²⁺ por causa da calagem.

Apesar do aumento na solubilização da mistura do By com a ureia, isso não refletiu em aumento significativo no teor de P no solo em relação ao verificado apenas com By (Quadro 3: contraste C18). No entanto, as misturas de fontes amoniacais com By aumentaram as médias de P no solo em relação às misturas ByNK (contraste C5). Como

as análises do P foram realizadas ao fim do experimento, é possível que tenha havido alguma subestimação desses valores. Esta pode ser verificada em tratamentos que levaram à maior absorção pelas plantas, cuja solubilização do P não aumentou tanto com a adição do adubo nitrogenado, caso dos tratamentos com nitrato de potássio (contrastes C3 e C16) (Quadro 3 e 4).

Maiores valores de P disponível no solo foram observados com o BySA em comparação ao ByU ou ao ByNK (Quadro 3: contrastes C9 e C16), apesar de não ter havido diferenças de solubilização entre BySA e ByU. Esse resultado pode ser consequência do aumento da concentração do SO_4^{2-} que reduz a sorção do fosfato no solo. Segundo Geelhoed et al. (1997), o SO_4^{2-} pode competir por sítios de adsorção com íons fosfato nos óxidos, como a goethita, sobretudo em condições de pH mais baixo.

Em geral, as misturas de By com fontes amoniacais reduziram o pH do solo (Quadro 3: contrastes C5, C17, C16). Misturas granuladas de BySA ou ByNK condicionaram menores valores de pH no solo em relação às mesmas misturas em pó (contrastes C6 e C10). As reduções dos valores de pH com a aplicação do By com fontes amoniacais, em especial com SA, estão de acordo com maiores valores de ΔCa , sugerindo que a nitrificação contribui para a solubilização do fosfato natural. De forma semelhante ao presente estudo, Barbarick et al. (1990) e He et al. (1999) encontram menores valores de pH e maiores dissoluções com fontes amoniacais. Apesar dessa tendência geral, as misturas ByU proporcionaram solubilização estatisticamente equivalente às BySA, como sugere o ΔCa e embora não tenha ocorrido redução significativa no pH em relação o By puro (contraste C9 e C18). He et al. (1999) também observaram valores próximos de dissolução entre as misturas de FR com sulfato de amônio e FR com ureia. Tal resultado foi atribuído ao aumento do dreno cálcio, devido à geração de cargas negativas no solo com a elevação do pH durante a hidrólise da ureia (Chien et al., 1987; He et al., 1999). Também deve ser considerado que após a hidrólise, ocorre a redução do pH pela subsequente nitrificação, favorecendo novamente a dissolução do FR (He et al., 1999).

Crescimento de raízes

A ausência da fertilização levou a menores valores de comprimento de raízes (L) (Quadro 3: contraste C1). Por outro lado, a adubação com BySA aumentou o L, sendo estatisticamente superior à adubação com o By ou em relação às misturas ByU ou

ByNK (contrastes C17, C9 e C16). Todavia, as plantas de milho que cresceram com By, BySA ou ByNK não tiveram diferença na proporção de raízes finas ($< 0,25$ mm), diferindo apenas das plantas adubadas com ByU, cujo crescimento nessa classe de diâmetro foi significativamente menor (contrastes C16, C17 e C9). A importância do N amoniacal e da adequada disponibilidade de P para o crescimento de raízes, sobretudo do de raízes finas, evidencia-se pelos efeitos obtidos com a adubação com MAP (contraste C2).

O maior crescimento das raízes em parcelas adubadas com BySA é coerente com a maior solubilização do By apresentada por essa mistura em comparação ao ByNK (Quadro 3: contraste C16). Apesar do BySA ter apresentado solubilização equivalente à do ByU, o maior crescimento das raízes com BySA pode ser atribuído à maior disponibilidade de P no solo condicionada pelo SO_4^{2-} , conforme discutido anteriormente (contraste C9). Outra explicação pode ser que a menor liberação inicial de P em misturas de FR com ureia (He et al., 1999) não atenda o maior requerimento nos primeiros estádios de desenvolvimento do milho. Além disso, o menor crescimento radicular com ByU também pode estar associado à maiores concentrações de NH_3 no solo, em razão da hidrólise, considerando que concentrações da ordem de 1 mg/g de ureia, segundo Bremner & Krogmeier (1989), inibem o desenvolvimento vegetal. Concentrações superiores a essa ($\approx 1,96$ mg/cm³ de solo) foram atingidas com a aplicação de ByU com a relação N:P de 1:1, na qual se verificou menor crescimento de raízes, embora não significativo, em comparação à relação N:P de 0,5:1 (contrastes C14 e C15). A fitotoxicidade provocada pela ureia pode ser devida ao acúmulo de amônia livre e/ou nitrito (Court et al., 1964).

A adubação com misturas em pó levou a aumentos na variável comprimento de raízes (L) em relação às granuladas nos tratamentos com sulfato de amônio (L e AS) e nitrato de potássio (L) (contrastes C6 e C10). No caso da mistura ByU, a forma física da mesma não influenciou L (contrastes C13).

Quadro 3 – pH, variação no conteúdo de Ca (Δ Ca), P extraído em resina de troca aniônica no solo, comprimento de raízes (L) e proporção de raízes por classe de diâmetro em função da aplicação das misturas de fosfato reativo Bayóvar com sulfato de amônio, ureia ou nitrato de potássio, de duas relações molares N:P e da forma da mistura

Tratamento ¹	pH	Δ Ca	P	L	Diâmetro de raiz (mm)		
					< 0,25	0,25-0,75	0,75-1,25
		Mg	mg/dm ³	cm		%	
Sem fertilizante	5,7	- ²	14,1	54,5	36,5	45,1	18,4
MAP	5,9	- ²	529,9	387,0	68,5	29,7	1,0
By p	5,8	8,6	41,3	96,0	65,0	22,8	10,3
By g	5,9	6,3	59,1	60,1	52,8	30,6	13,0
ByNK p 0,5:1	5,9	6,6	39,6	102,6	56,9	28,2	11,8
ByNK p 1:1	5,9	5,5	37,1	95,7	68,8	23,8	6,0
ByNK g 0,5:1	5,8	6,5	36,9	68,2	53,7	35,8	8,2
ByNK g 1:1	5,8	8,5	30,7	74,0	59,5	29,9	9,8
ByU p 0,5:1	5,9	8,2	35,6	87,9	58,1	24,0	12,8
ByU p 1:1	5,8	14,5	37,3	64,2	50,6	34,1	12,8
ByU g 0,5:1	5,8	5,9	67,10	64,2	37,7	37,4	18,7
ByU g 1:1	5,8	18,3	28,1	60,4	33,0	50,5	15,3
BySA p 0,5:1	5,7	10,3	73,6	124,8	63,0	29,0	7,0
BySA p 1:1	5,6	11,9	52,6	121,8	68,1	21,3	8,8
BySA g 0,5:1	5,6	9,0	92,0	100,9	56,2	30,4	11,1
BySA g 1:1	5,4	10,3	45,5	87,5	64,7	26,1	8,4
CV (%)	1,54	62,6	20,3	25,8	22,2	28,1	63,4
Contrastes:							
C1: Sem adubo vs com adubo	0,1*	- ²	66,3**	51,9**	20,6**	-14,9*	-8,1*
C2: MAP vs By	-0,2**	- ²	-481,6**	-300,6**	-12,2°	0,6	10,0**
C4: By p vs By g	0,1	-2,3	17,8	-35,9°	-12,2	7,8	2,6
C3: By vs By(SA, U, NK)	0,1*	2,2	-2,2	9,7	-3,1	4,2	0,8
C18: By vs ByU	0,0	4,3°	-8,3	-8,9	-14,1*	9,9	3,3
C17: By vs BySA	-0,3**	3,0	15,7	30,7*	4,1	0,0	-2,8
C5: ByNK vs By(SA; U)	-0,2**	4,3**	17,9*	3,6	-5,8	2,2	2,9
C16: ByNK vs BySA	-0,3**	3,6°	29,9*	23,4*	3,3	-2,8	-0,2
C9: ByU vs BySA	-0,3**	-1,3	24,0**	39,6**	18,2**	-9,8**	-6,1*
C6: p vs g d/ ByNK	-0,1*	1,5	-4,6	-27,6*	-6,3	6,9	0,1
C7: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByNK d/ g	0,0	-2,1	6,1	-6,8	-5,8	5,9	-1,6
C8: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByNK d/ p	0,0	1,2	2,5	6,9	-11,9	4,4	5,8
C10: p vs g d/ BySA g	-0,2**	-1,4	5,7	-29,1*	-5,1	3,2	1,9
C11: 1:1 vs 0,5:1 d/ BySA d/ g	0,2**	-1,4	46,4**	13,4	-8,4	4,3	2,8
C12: 1:1 vs 0,5:1 d/ BySA d/ p	0,1	-1,5	21,0	3,0	-5,1	7,7	-1,9
C13: p vs g d/ ByU	-0,1	0,7	11,4	-13,7	-19,0**	14,9**	4,2
C14: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByU d/ g	0,1	-12,4**	39,0*	3,9	4,7	-13,1*	3,4
C15: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByU d/ p	0,1	-6,4°	-2,2	23,7	7,5	-10,1*	0,0

¹ Fosfato Bayóvar (By), sulfato de amônio (SA), ureia (U) e nitrato de potássio (NK), fosfato monoamônico (MAP). Relações molares N/P de 0,5:1 e 1:1. Mistura na forma de pó (p) ou grânulos (g). ² não avaliado
°, *, ** significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Absorção de N e P, matéria seca do milho (parte aérea e raiz) e P disponível

Em média, as plantas adubadas com By absorveram menos N e P do que as adubadas com MAP (Quadro 4: contraste C2). No entanto, as fontes nitrogenadas combinadas com o fosfato By aumentaram a absorção de N e P dessa fonte em 16 e 12 %, respectivamente, como evidenciam as significâncias dos contrastes C3, C17 e C18. Em relação ao tratamento sem adubação esses incrementos foram de 34 e 30,29 %, respectivamente. Portanto, fica evidente a importância direta (nutricional) e (ou) indireta (química) do N para a absorção de P do fosfato By.

As combinações BySA e ByNK favoreceram maiores absorções de P pelo milho do que a combinação ByU (Quadro 4: contrastes C5, C9 e C16). A combinação ByU levou a menor absorção de P, que é condizente com o menor comprimento e a menor proporção de raízes finas em relação as plantas adubadas com BySA (Quadro 3: contraste C9) Esses efeitos podem explicar a menor eficiência das misturas do By com ureia. No entanto, ainda assim a ureia aumentou significativamente a absorção de P pela planta em relação ao By puro (Quadro 4: contraste C18).

Embora a mistura BySA tenha apresentado maior solubilização do fosfato do que a ByNK, as plantas adubadas com ambas misturas absorveram quantidades de N e P semelhantes (Quadro 4: contraste C16). Esse resultado sugere que as plantas adubadas com ByNK foram mais eficientes em recuperar N e P. Essa maior eficiência de aquisição do P pode estar associada à presença de K nesse adubo, que favorece a atividade de ATPases na plasmalema e estimula indiretamente a absorção de P (Marenco & Lopes, 2005). O K também pode aumentar o gradiente de potencial eletroquímico nas membranas das células, de modo a favorecer a absorção de ânions NO_3^- , H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} (Marschner, 2012).

As plantas adubadas com BySA em pó absorveram mais P em relação à mistura granulada (Quadro 4: contraste C10). Por outro lado, a granulação favoreceu a absorção de P por plantas adubadas com ByNK (contraste C6), mas não a influenciou significativamente no caso do ByU (contraste C13). Apesar de não significativo, o ByU granulado com a relação N:P de 1:1 aumentou em 18 e 16 % a absorção de N e P em relação à mesma mistura em pó. Chien et al. (1987) também relataram maior crescimentos de plantas de milho adubadas com misturas granuladas de fosfato reativo com ureia.

Em termos gerais, a adubação fosfatada aumentou o crescimento das plantas de milho (Quadro 4: C1). Os efeitos positivos da mistura BySA na solubilização do fosfato reativo, no crescimento de raízes e na absorção de P resultaram em maior produção de matéria seca total (MST) pelo milho (Quadro 5: contraste C17). As produções de MST com as misturas BySA e ByNK foram significativamente maiores do que aquelas obtidas com o ByU (contraste C9 e C16), refletindo a maior absorção de N e P pelas plantas, conforme discutido anteriormente.

As médias de P disponível ao final do cultivo mostram que, em média, as misturas com fontes de N aumentaram a disponibilidade de P no sistema solo-planta (quadro 4: contraste C3). Nesse sentido, foi observado que as combinações de By com SA superaram By, ByNK ou ByU (contrastes C17, C16 e C9), como efeito acumulativo dos melhores resultados de P-resina e de P absorvido apresentados anteriormente. Não houve, contudo, aumento da disponibilidade com o aumento da relação molar em combinações de BySA granulada (contraste C11). Tal resultado pode indicar a existência de uma limitação para misturas de adubos fosfatos com fertilizantes de reação ácida na forma granulada, no que se refere ao favorecimento de reações de precipitação em compostos de menor solubilidade que P-Ca, como P-Fe e, principalmente, P-Al, em condições de pH mais baixos em Latossolos argilosos.

Quadro 4. Matéria seca total (MST – parte aérea e raiz), P e N absorvido e eficiência de absorção de P (P/L) e P disponível em função da aplicação das misturas de fosfato reativo Bayóvar com sulfato de amônio, ureia ou nitrato de potássio, de duas relações molares N:P e da forma da mistura

Tratamento ¹	MST	P absorvido	N absorvido	P
				disponível
	g/vaso	mg/vaso		mg/vaso
Sem fertilizante	2,7	4,8	49,3	0
MAP	12,7	45,7	211,2	68,4
By p	3,2	5,5	56,4	1,7
By g	3,3	5,4	57,9	2,7
ByNK p 0,5:1	3,3	5,7	61,5	2,0
ByNK p 1:1	3,3	6,1	60,5	2,1
ByNK g 0,5:1	3,4	6,0	60,7	2,3
ByNK g 1:1	3,8	7,3	67,4	3,4
ByU p 0,5:1	3,2	5,9	65,2	2,2
ByU p 1:1	3,0	5,8	60,6	2,2
ByU g 0,5:1	3,3	6,0	62,3	3,7
ByU g 1:1	3,6	6,7	71,6	2,9
BySA p 0,5:1	3,6	6,9	64,2	5,3
BySA p 1:1	3,7	7,1	67,3	4,5
BySA g 0,5:1	3,4	6,6	63,7	5,5
BySA g 1:1	3,3	6,2	66,1	2,7
CV (%)	9,0	8,4	9,2	18,7
Contrastes:				
C1: Sem adubo vs com adubo	1,4**	4,1**	23,8**	7,4**
C2: MAP vs By	-9,4**	-39,4**	-147,9**	-65,3**
C4: By p vs By g	0,1	-0,1	1,5	1,1
C3: By vs By(SA, U, NK)	0,2	0,9*	7,1**	1,0°
C18: By vs ByU	0,0	0,6*	7,8**	0,6
C17: By vs BySA	0,3°	1,2**	8,2**	2,3**
C5: ByNK vs By(SA; U)	-0,1	0,1	2,6	1,2*
C16: ByNK vs BySA	0,0	0,4	2,8	2,1**
C9: ByU vs BySA	0,2°	0,6*	0,4	1,8**
C6: p vs g d/ ByNK	0,3	0,8*	3,0	0,7
C7: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByNK d/ g	-0,4	-1,3*	-6,7	-1,1
C8: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByNK d/ p	0,0	-0,4	1,0	-0,1
C10: p vs g d/ BySA g	-0,3	-0,6°	-0,9	-0,7
C11: 1:1 vs 0,5:1 d/ BySA d/ g	0,1	0,4	-2,4	2,8*
C12: 1:1 vs 0,5:1 d/ BySA d/ p	-0,1	-0,2	-3,2	0,8
C13: p vs g d/ ByU	0,3°	0,5	4,1	1,1
C14: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByU d/ g	-0,3	-0,7	-9,2°	0,8
C15: 1:1 vs 0,5:1 d/ ByU d/ p	0,2	0,1	4,6	-0,1

¹ Fosfato Bayóvar (By), sulfato de amônio (SA), ureia (U) e nitrato de potássio (NK), fosfato monoamônico (MAP). Relações molares N/P de 0,5:1 e 1:1. Mistura na forma de pó (p) ou grânulos (g). °, *, ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

CONCLUSÕES

A mistura do By com sulfato de amônio ou ureia aumenta a solubilização do fosfato.

O maior teor de N-ureia na mistura aumenta a solubilização do fosfato Bayóvar.

A granulação e o maior teor de N na mistura com nitrato de potássio aumentam a aquisição de P por plantas de milho.

A maior absorção de P em formulações com sulfato de amônio se deve ao estímulo ao crescimento de raízes e à maior disponibilidade de P.

A mistura do fosfato Bayóvar com sulfato de amônio aumenta a aquisição de P, sobretudo na forma de pó.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo** – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 25: 27-32, 2000.

BARBARICK, K. A.; LAI, T. M.; EBERL, D. D. Exchange Fertilizer (Phosphate Rock plus Ammonium-Zeolite) Effects on Sorghum-Sudangrass. **Soil Science Society of America Journal**, 54: 911–916, 1990.

BREMNER, J.; KROGMEIER, M. Evidence that the adverse effect of urea fertilizer on seed germination in soil is due to ammonia formed through hydrolysis of urea by soil urease. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 86: 8185–8188, 1989.

CHIEN, S.; SOMPONGSE, D.; HENAO, J.; HELLUMS, D. Greenhouse evaluation of phosphorus availability from compacted phosphate rocks with urea or with urea and triple superphosphate. **Fertilizer Research**, 14: 245–256, 1987.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A. DO; SOUZA, S. K. DE S.; FREIRE, F. J.; SILVA, G. B. DA. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. **Scientia Agricola**, 62: 159–164, 2005.

COURT, M. N.; STEPHEN, R. C.; WAID, J. S. Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. II. Experimental. **Journal of Soil Science**, 15: 49–65, 1964.

FRANZINI, V. I.; MURAOKA, T.; CORASPE-LEÓN, H. M.; MENDES, F. L. Eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44: 1092–1099, 2009.

GEELHOED, J.; HIEMSTRA, T.; RIEMSDIJK, W. VAN. Phosphate and sulfate adsorption on goethite: Single anion and competitive adsorption. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 61: 2389–2396, 1997.

HE, Z.; BALIGAR, V.; MARTENS, D. Effect of byproduct, nitrogen fertilizer, and zeolite on phosphate rock dissolution and extractable phosphorus in acid soil. **Plant and soil**, 208: 199–207, 1999.

JING, J.; RUI, Y.; ZHANG, F.; RENGEL, Z.; SHEN, J. Localized application of phosphorus and ammonium improves growth of maize seedlings by stimulating root proliferation and rhizosphere acidification. **Field crops research**, 119: 355–364, 2010.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília. 2007. 141 p.

MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal – Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas, Nutrição Mineral**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

451p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd edn. London: Academic Press, 2012. 651 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.189-199.

RESENDE, A. DE; NETO, A.; ALVES, V. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 453–466, 2006.

ANEXOS

Quadro 1. Análise de variância e contrastes de valores de pH

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	0,0256	0,009	1,076	0,368990	ns
TRAT	15	1,360	0,091	11,429	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	0,919	0,460	57,920	0,000000	**
Mistura (M)	1	0,127	0,127	16,008	0,000233	**
Relação N/P (R)	1	0,0501	0,050	6,315	0,015622	*
M*N	2	0,0136	0,007	0,857	0,431184	ns
R*N	2	0,0231	0,012	1,456	0,243968	ns
R*M	1	0,002	0,002	0,252	0,618048	ns
R*M*N	2	0,0131	0,007	0,826	0,444483	ns
Adicionais	3	0,156	0,052	6,555	0,000900	**
Fatorial vs Adicionais	1	0,055	0,055	6,933	0,011557	*
Resíduo	45	0,357	0,008			
Total	63	1,743				

$$CV(\%) = 1,54$$

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	0,026	0,01	1,08	0,368359	ns
TRATAMENTOS	15	1,359	0,09	11,42	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	0,041	0,04	5,16	0,027934	*
CONTRASTE C2	1	0,091	0,09	11,43	0,001501	**
CONTRASTE C3	1	0,057	0,06	7,23	0,010027	*
CONTRASTE C4	1	0,022	0,02	2,78	0,102468	ns
CONTRASTE C5	1	0,336	0,34	42,35	0,000000	**
CONTRASTE C6	1	0,033	0,03	4,20	0,046348	*
CONTRASTE C7	1	0,000	0,00	0,04	0,843588	ns
CONTRASTE C8	1	0,002	0,00	0,31	0,581199	ns
CONTRASTE C9	1	0,583	0,58	73,50	0,000000	**
CONTRASTE C10	1	0,089	0,09	11,15	0,001693	**
CONTRASTE C11	1	0,061	0,06	7,72	0,007943	**
CONTRASTE C12	1	0,008	0,01	0,98	0,326386	ns
CONTRASTE C13	1	0,019	0,02	2,38	0,129698	ns
CONTRASTE C14	1	0,010	0,01	1,24	0,272338	ns
CONTRASTE C15	1	0,007	0,01	0,83	0,366181	ns
Resíduo	45	0,357	0,01			
Total	63	1,742				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	0,781	0,78	98,45	0,000000	**
CONTRASTE C17	1	0,435	0,44	54,83	0,000000	**
CONTRASTE C18	1	0,001	0,00	0,16	0,687338	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 2. Análise de variância e contrastes de valores de ΔCa (mg)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	1769,965	589,988	20,399	0,000000	**
TRAT	14	1022,389	73,028	2,525	0,010373	*
Fonte de N (N)	2	223,832	111,916	3,870	0,028681	*
Mistura (M)	1	2,716784	2,717	0,094	0,760749	ns
Relação N/P (R)	1	190,3445	190,345	6,581	0,013967	*
M*N	2	23,84573	11,923	0,412	0,664818	ns
R*N	2	188,806	94,403	3,264	0,048127	*
R*M	1	19,52731	19,527	0,675	0,415898	ns
R*M*N	2	16,66965	8,335	0,288	0,751098	ns
Adicionais	3	157,32	52,440	1,813	0,159452	ns
Fatorial vs Adicionais	1	199,327	199,327	6,892	0,012027	*
Resíduo	42	1214,742	28,922			
Total	59	4007,096				

CV (%) = 62,60

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	1769,965	589,988	20,40	0,000000	**
TRATAMENTOS	14	1022,389	73,028	2,52	0,010373	*
CONTRASTE C1	1	316,304	316,304	10,94	0,001939	**
CONTRASTE C3	1	29,777	29,777	1,03	0,316073	ns
CONTRASTE C4	1	10,566	10,566	0,37	0,548812	ns
CONTRASTE C5	1	211,624	211,624	7,32	0,009825	**
CONTRASTE C6	1	14,906	14,906	0,52	0,476790	ns
CONTRASTE C7	1	8,498	8,498	0,29	0,590640	ns
CONTRASTE C8	1	0,100	0,100	0,00	0,953282	ns
CONTRASTE C9	1	12,208	12,208	0,42	0,519438	ns
CONTRASTE C10	1	8,203	8,203	0,28	0,597135	ns
CONTRASTE C11	1	3,638	3,638	0,13	0,724626	ns
CONTRASTE C12	1	4,757	4,757	0,16	0,687122	ns
CONTRASTE C13	1	3,453	3,453	0,12	0,731430	ns
CONTRASTE C14	1	305,790	305,790	10,57	0,002266	**
CONTRASTE C15	1	92,563	92,563	3,20	0,080834	°
Resíduo	42	1214,742	28,922			
Total	59	4007,096				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	117,752	117,7523	4,07	0,050036	°
CONTRASTE C17	1	46,443	46,44325	1,61	0,212067	ns
CONTRASTE C18	1	93,465	93,46482	3,23	0,079423	°

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 3. Análise de variância e contrastes de valores de P (mg/dm³)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	2	1229,388	614,694	1,665	0,206146	ns
TRAT	15	675074,900	45004,993	121,925	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	6007,826	3003,913	8,138	0,001501	**
Mistura (M)	1	155,9804	155,980	0,423	0,520604	ns
Relação N/P (R)	1	3185,043	3185,043	8,629	0,006304	**
M*N	2	390,8955	195,448	0,529	0,594305	ns
R*N	2	1296,76	648,380	1,757	0,189933	ns
R*M	1	1232,109	1232,109	3,338	0,077663	°
R*M*N	2	531,5906	265,795	0,720	0,494936	ns
Adicionais	3	547067	182355,667	494,026	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	115.207,70	115207,700	312,113	0,000000	**
Resíduo	30	11073,639	369,121			
Total	47	687377,927				

CV (%) = 20,25

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	2	1229,388	614,694	1,67	0,206146	ns
TRATAMENTOS	15	675074,9	45004,993	121,92	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	12348,77	12348,77	33,45	0,000003	**
CONTRASTE C2	1	649425,4	649425,4	1759,38	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	25,805	25,805	0,07	0,793277	ns
CONTRASTE C4	1	474,784	474,784	1,29	0,265721	ns
CONTRASTE C5	1	2553,045	2553,045	6,92	0,013345	*
CONTRASTE C6	1	62,144	62,144	0,17	0,684492	ns
CONTRASTE C7	1	56,638	56,638	0,15	0,698038	ns
CONTRASTE C8	1	9,383	9,383	0,03	0,874394	ns
CONTRASTE C9	1	3454,781	3454,781	9,36	0,00464	**
CONTRASTE C10	1	96,033	96,033	0,26	0,613738	ns
CONTRASTE C11	1	3233,77	3233,77	8,76	0,005961	**
CONTRASTE C12	1	661,637	661,637	1,79	0,190684	ns
CONTRASTE C13	1	388,699	388,699	1,05	0,313012	ns
CONTRASTE C14	1	2277,021	2277,021	6,17	0,018814	*
CONTRASTE C15	1	7,054	7,054	0,02	0,890975	ns
Resíduo	30	11073,639	369,121			
Total	47	687377,927				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	5350,474	5350,474	14,50	0,000647	**
CONTRASTE C17	1	987,546	987,5459	2,68	0,112360	ns
CONTRASTE C18	1	274,442	274,4421	0,74	0,395382	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 4. Análise de variância e contrastes de valores de comprimento de raízes (cm)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	8691,784	2897,261	4,076	0,012094	*
TRAT	15	370273,000	24684,867	34,725	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	12671,32	6335,660	8,912	0,000549	**
Mistura (M)	1	6601,393	6601,393	9,286	0,003856	**
Relação N/P (R)	1	649,853	649,853	0,914	0,344122	ns
M*N	2	570,396	285,198	0,401	0,671892	ns
R*N	2	382,746	191,373	0,269	0,765207	ns
R*M	1	178,72	178,720	0,251	0,618530	ns
R*M*N	2	512,941	256,471	0,361	0,699130	ns
Adicionais	3	301131,6	100377,200	141,202	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	47574,04	47574,040	66,923	0,000000	**
Resíduo	45	31989,461	710,877			
Total	63	410954,245				

CV (%) = 25,76

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	8691,784	2897,26	4,08	0,012094	*
TRATAMENTOS	15	370273,000	24684,87	34,72	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	8133,841	8133,84	11,44	0,001495	**
CONTRASTE C2	1	337347,5	337347,50	474,55	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	647,494	647,49	0,91	0,344991	ns
CONTRASTE C4	1	2576,803	2576,80	3,62	0,063330	°
CONTRASTE C5	1	138,681	138,68	0,20	0,660833	ns
CONTRASTE C6	1	3036,584	3036,58	4,27	0,044537	*
CONTRASTE C7	1	92,453	92,45	0,13	0,720063	ns
CONTRASTE C8	1	95,062	95,06	0,13	0,716314	ns
CONTRASTE C9	1	12532,64	12532,64	17,63	0,000125	**
CONTRASTE C10	1	3379,651	3379,65	4,75	0,034496	*
CONTRASTE C11	1	361,422	361,42	0,51	0,479506	ns
CONTRASTE C12	1	18,218	18,22	0,03	0,873530	ns
CONTRASTE C13	1	755,554	755,55	1,06	0,308076	ns
CONTRASTE C14	1	29,729	29,73	0,04	0,838885	ns
CONTRASTE C15	1	1127,375	1127,38	1,59	0,214407	ns
Resíduo	45	31989,4607	710,88			
Total	63	410954,245				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	4378,894	4378,894	6,16	0,016868	*
CONTRASTE C17	1	5029,642	5029,642	7,08	0,010790	*
CONTRASTE C18	1	419,6852	419,6852	0,59	0,446287	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 5. Análise de variância e contrastes de valores de área superficial (cm²)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	106,578	35,526	3,877	0,015060	*
TRAT	15	2019,353	134,624	14,691	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	57,029	28,515	3,112	0,054232	°
Mistura (M)	1	54,776	54,776	5,977	0,018469	*
Relação N/P (R)	1	72,807	72,807	7,945	0,007142	**
M*N	2	6,831	3,416	0,373	0,690957	ns
R*N	2	2,603	1,302	0,142	0,867963	ns
R*M	1	9,092	9,092	0,992	0,324550	ns
R*M*N	2	4,976	2,488	0,272	0,763470	ns
Adicionais	3	1612,409	537,470	58,651	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	198,829	198,829	21,697	0,000028	**
Resíduo	45	412,371	9,164			
Total	63	2538,301				

CV (%) = 25,14

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	106,578	35,53	3,88	0,015060	*
TRATAMENTOS	15	2019,353	134,62	14,69	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	36,610	36,61	4,00	0,051695	°
CONTRASTE C2	1	1752,644	1752,64	191,26	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	18,016	18,02	1,97	0,167739	ns
CONTRASTE C4	1	3,968	3,97	0,43	0,513890	ns
CONTRASTE C5	1	23,392	23,39	2,55	0,117106	ns
CONTRASTE C6	1	17,853	17,85	1,95	0,169629	ns
CONTRASTE C7	1	0,928	0,93	0,10	0,751816	ns
CONTRASTE C8	1	17,400	17,40	1,90	0,175028	ns
CONTRASTE C9	1	33,637	33,64	3,67	0,061745	°
CONTRASTE C10	1	37,756	37,76	4,12	0,048314	*
CONTRASTE C11	1	16,898	16,90	1,84	0,181260	ns
CONTRASTE C12	1	16,520	16,52	1,80	0,186120	ns
CONTRASTE C13	1	5,999	6,00	0,65	0,422727	ns
CONTRASTE C14	1	2,835	2,83	0,31	0,580843	ns
CONTRASTE C15	1	34,899	34,90	3,81	0,057239	°
Resíduo	45	412,371	9,16			
Total	63	2538,301				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	50,24618	50,24618	5,48	0,023688	*
CONTRASTE C17	1	52,57689	52,57689	5,74	0,020829	*
CONTRASTE C18	1	6,327889	6,327889	0,69	0,410371	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 6. Análise de variância e contrastes de valores de proporção de raízes com diâmetro inferior a 0,25 mm

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	2087,957	695,986	4,508	0,007546	**
TRAT	15	7485,528	499,035	3,233	0,001169	**
Fonte de N (N)	2	3006,827	1503,414	9,738	0,000306	**
Mistura (M)	1	1233,893	1233,893	7,993	0,006985	**
Relação N/P (R)	1	120,555	120,555	0,781	0,381562	ns
M*N	2	472,258	236,129	1,530	0,227683	ns
R*N	2	521,664	260,832	1,690	0,196100	ns
R*M	1	0,008	0,008	0,000	0,994369	ns
R*M*N	2	56,055	28,027	0,182	0,834585	ns
Adicionais	3	2069,400	689,800	4,468	0,007881	**
Fatorial vs Adicionais	1	4,869	4,869	0,032	0,859837	ns
Resíduo	45	6947,027	154,378			
Total	63	16520,512				
CV (%) = 22,18						
FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	2087,957	695,986	4,51	0,007546	**
TRATAMENTOS	15	7485,528	499,035	3,23	0,001169	**
CONTRASTE C1	1	1151,484	1151,484	7,46	0,008983	**
CONTRASTE C2	1	558,266	558,266	3,62	0,063633	°
CONTRASTE C3	1	64,819	64,819	0,42	0,520296	ns
CONTRASTE C4	1	299,701	299,701	1,94	0,170368	ns
CONTRASTE C5	1	359,244	359,244	2,33	0,134142	ns
CONTRASTE C6	1	158,208	158,208	1,02	0,316793	ns
CONTRASTE C7	1	67,235	67,235	0,44	0,512657	ns
CONTRASTE C8	1	280,977	280,977	1,82	0,184057	ns
CONTRASTE C9	1	2647,583	2647,583	17,15	0,000150	**
CONTRASTE C10	1	105,853	105,853	0,69	0,412011	ns
CONTRASTE C11	1	142,605	142,605	0,92	0,341633	ns
CONTRASTE C12	1	51,599	51,599	0,33	0,566058	ns
CONTRASTE C13	1	1442,089	1442,089	9,34	0,003761	**
CONTRASTE C14	1	43,375	43,375	0,28	0,598674	ns
CONTRASTE C15	1	112,491	112,491	0,73	0,397835	ns
Resíduo	45	6947,027	154,37838			
Total	63	16520,512				
Contrastes adicionais						
CONTRASTE C16	1	86,730	86,73033	0,56	0,457435	ns
CONTRASTE C17	1	89,086	89,08584	0,58	0,451428	ns
CONTRASTE C18	1	1061,068	1061,068	6,87	0,011895	*

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 7. Análise de variância e contrastes de valores de proporção de raízes com diâmetro entre 0,25 - 0,75 mm

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	2314,034	771,345	10,183	0,000031	**
TRAT	15	3507,384	233,826	3,087	0,001744	**
Fonte de N (N)	2	820,801	410,401	5,418	0,007793	**
Mistura (M)	1	831,379	831,379	10,976	0,001828	**
Relação N/P (R)	1	0,187	0,187	0,002	0,960592	ns
M*N	2	290,176	145,088	1,915	0,159100	ns
R*N	2	786,674	393,337	5,193	0,009352	**
R*M	1	8,019	8,019	0,106	0,746411	ns
R*M*N	2	14,593	7,297	0,096	0,908355	ns
Adicionais	3	754,082	251,361	3,318	0,028108	*
Fatorial vs Adicionais	1	1,472	1,472	0,019	0,889755	ns
Resíduo	45	3408,662	75,748			
Total	63	9230,080				

CV (%) = 28,11

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	2314,034	771,345	10,18	0,000031	**
TRATAMENTOS	15	3507,384	233,826	3,09	0,001744	**
CONTRASTE C1	1	510,954	510,954	6,75	0,012655	*
CONTRASTE C2	1	1,261	1,261	0,02	0,897913	ns
CONTRASTE C3	1	122,266	122,266	1,61	0,210444	ns
CONTRASTE C4	1	121,074	121,074	1,60	0,212643	ns
CONTRASTE C5	1	49,644	49,644	0,66	0,422455	ns
CONTRASTE C6	1	189,146	189,146	2,50	0,121065	ns
CONTRASTE C7	1	69,599	69,599	0,92	0,342906	ns
CONTRASTE C8	1	39,103	39,103	0,52	0,476171	ns
CONTRASTE C9	1	771,157	771,157	10,18	0,002587	**
CONTRASTE C10	1	39,848	39,848	0,53	0,472023	ns
CONTRASTE C11	1	37,756	37,756	0,50	0,483825	ns
CONTRASTE C12	1	118,998	118,998	1,57	0,216539	ns
CONTRASTE C13	1	892,561	892,561	11,78	0,001293	**
CONTRASTE C14	1	341,711	341,711	4,51	0,039205	*
CONTRASTE C15	1	202,307	202,307	2,67	0,109183	ns
Resíduo	45	3408,662	75,74805			
Total	63	9230,080				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	60,575	60,575	0,80	0,375944	ns
CONTRASTE C17	1	0,006	0,006	0,00	0,992938	ns
CONTRASTE C18	1	517,533	517,533	6,83	0,012133	*

* e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. "ns" não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 8. Análise de variância e contrastes de valores de proporção de raízes com diâmetro entre 0,75 - 1,25 mm

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	647,1226	215,708	4,576	0,007017	**
TRAT	15	1230,718	82,048	1,740	0,076658	°
Fonte de N (N)	2	383,2509	191,625	4,065	0,023834	*
Mistura (M)	1	51,37842	51,378	1,090	0,302079	ns
Relação N/P (R)	1	24,03947	24,039	0,510	0,478856	ns
M*N	2	33,83334	16,917	0,359	0,700466	ns
R*N	2	5,863198	2,932	0,062	0,939789	ns
R*M	1	0,1250502	0,125	0,003	0,959152	ns
R*M*N	2	87,05016	43,525	0,923	0,404612	ns
Adicionais	3	644,6856	214,895	4,558	0,007149	**
Fatorial vs Adicionais	1	0,4923509	0,492	0,010	0,919056	ns
Resíduo	45	2121,410	47,142			
Total	63	3999,251				

CV (%) = 63,38

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	647,1226	215,708	4,58	0,007017	**
TRATAMENTOS	15	1230,718	82,048	1,74	0,076658	°
CONTRASTE C1	1	251,5136	251,514	5,34	0,025543	*
CONTRASTE C2	1	375,9479	375,948	7,97	0,007043	**
CONTRASTE C3	1	3,811351	3,811	0,08	0,777456	ns
CONTRASTE C4	1	13,90505	13,905	0,29	0,589741	ns
CONTRASTE C5	1	88,06588	88,066	1,87	0,178485	ns
CONTRASTE C6	1	6,68E-02	0,067	0,00	0,970149	ns
CONTRASTE C7	1	5,193454	5,193	0,11	0,741497	ns
CONTRASTE C8	1	66,57447	66,574	1,41	0,240926	ns
CONTRASTE C9	1	295,185	295,185	6,26	0,016040	*
CONTRASTE C10	1	13,73803	13,738	0,29	0,591977	ns
CONTRASTE C11	1	15,16319	15,163	0,32	0,573438	ns
CONTRASTE C12	1	6,884569	6,885	0,15	0,704150	ns
CONTRASTE C13	1	71,40697	71,407	1,51	0,224817	ns
CONTRASTE C14	1	23,26087	23,261	0,49	0,486025	ns
CONTRASTE C15	1	0,00132	0,001	0,00	0,995798	ns
Resíduo	45	2121,410	47,142			
Total	63	3999,251				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	0,215	0,2147355	0,00	0,946490	ns
CONTRASTE C17	1	42,562	42,56154	0,90	0,347100	ns
CONTRASTE C18	1	56,314	56,31399	1,19	0,280230	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 9. Análise de variância e contrastes de valores de Matéria Seca Total (g/vaso)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	0,997	0,332	2,673	0,058575	°
TRAT	15	335,519	22,368	179,989	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	0,427	0,213	1,716	0,191312	ns
Mistura (M)	1	0,181	0,181	1,456	0,233854	ns
Relação N/P (R)	1	0,111	0,111	0,893	0,349754	ns
M*N	2	0,889	0,444	3,576	0,036185	*
R*N	2	0,090	0,045	0,360	0,699358	ns
R*M	1	0,217	0,217	1,747	0,192931	ns
R*M*N	2	0,274	0,137	1,102	0,340967	ns
Adicionais	3	282,486	94,162	757,696	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	50,845	50,845	409,138	0,000000	**
Resíduo	45	5,592	0,124			
Total	63	342,108				

CV (%) = 8,99

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	0,997	0,332	2,67	0,058575	°
TRATAMENTOS	15	335,519	22,368	179,99	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	6,916	6,916	55,65	0,000000	**
CONTRASTE C2	1	326,210	326,210	2624,93	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	0,189	0,189	1,52	0,224374	ns
CONTRASTE C4	1	0,016	0,016	0,13	0,719826	ns
CONTRASTE C5	1	0,048	0,048	0,39	0,536101	ns
CONTRASTE C6	1	0,341	0,341	2,75	0,104410	ns
CONTRASTE C7	1	0,335	0,335	2,69	0,107671	ns
CONTRASTE C8	1	0,001	0,001	0,01	0,926974	ns
CONTRASTE C9	1	0,378	0,378	3,04	0,087886	°
CONTRASTE C10	1	0,273	0,273	2,20	0,145323	ns
CONTRASTE C11	1	0,006	0,006	0,05	0,820553	ns
CONTRASTE C12	1	0,016	0,016	0,13	0,723925	ns
CONTRASTE C13	1	0,456	0,456	3,67	0,061903	°
CONTRASTE C14	1	0,231	0,231	1,86	0,179738	ns
CONTRASTE C15	1	0,103	0,103	0,83	0,368118	ns
Resíduo	45	5,592	0,124			
Total	63	342,108				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	0,014	0,0137241	0,11	0,741193	ns
CONTRASTE C17	1	0,339	0,3390409	2,73	0,095554	°
CONTRASTE C18	1	0,006	0,0064195	0,05	0,821236	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. "ns" não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 10. Análise de variância e contrastes de valores de P absorvido (mg)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	14,986	4,995	9,615	0,000051	**
TRAT	15	5885,593	392,373	755,242	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	3,020	1,510	2,906	0,065016	°
Mistura (M)	1	0,619	0,619	1,190	0,281038	ns
Relação N/P (R)	1	1,478	1,478	2,844	0,098611	°
M*N	2	4,511	2,255	4,341	0,018885	*
R*N	2	1,814	0,907	1,746	0,186109	ns
R*M	1	0,523	0,523	1,007	0,321002	ns
R*M*N	2	1,344	0,672	1,294	0,284219	ns
Adicionais	3	4906,223	1635,408	3147,844	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	966,062	966,062	1859,482	0,000000	**
Resíduo	45	23,379	0,520			
Total	63	5923,958				

CV (%) = 8,38

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	14,986	4,995	9,62	0,000051	**
TRATAMENTOS	15	5885,593	392,373	755,24	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	63,682	63,682	122,57	0,000000	**
CONTRASTE C2	1	5803,102	5803,102	11169,85	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	5,481	5,481	10,55	0,002199	**
CONTRASTE C4	1	0,020	0,020	0,04	0,844332	ns
CONTRASTE C5	1	0,148	0,148	0,28	0,596645	ns
CONTRASTE C6	1	2,462	2,462	4,74	0,034766	*
CONTRASTE C7	1	3,526	3,526	6,79	0,012398	*
CONTRASTE C8	1	0,250	0,250	0,48	0,491568	ns
CONTRASTE C9	1	2,872	2,872	5,53	0,023154	*
CONTRASTE C10	1	1,572	1,572	3,02	0,088836	°
CONTRASTE C11	1	0,277	0,277	0,53	0,468780	ns
CONTRASTE C12	1	0,046	0,046	0,09	0,767652	ns
CONTRASTE C13	1	1,095	1,095	2,11	0,153426	ns
CONTRASTE C14	1	1,047	1,047	2,02	0,162527	ns
CONTRASTE C15	1	0,012	0,012	0,02	0,878209	ns
Resíduo	45	23,379	0,520			
Total	63	5923,958				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	1,393	1,392552	2,68	0,108566	ns
CONTRASTE C17	1	8,106	8,106164	15,60	0,000272	**
CONTRASTE C18	1	2,142	2,141607	4,12	0,048260	*

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 11. Análise de variância e contrastes de valores de N absorvido (mg)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	986,553	328,851	7,573	0,000333	**
TRAT	15	84692,510	5646,167	130,028	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	72,247	36,123	0,832	0,441805	ns
Mistura (M)	1	51,144	51,144	1,178	0,283583	ns
Relação N/P (R)	1	83,755	83,755	1,929	0,171724	ns
M*N	2	54,898	27,449	0,632	0,536112	ns
R*N	2	0,644	0,322	0,007	0,992609	ns
R*M	1	144,432	144,432	3,326	0,074831	°
R*M*N	2	107,899	53,950	1,242	0,298396	ns
Adicionais	3	73773,870	24591,290	566,322	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	10403,620	10403,620	239,589	0,000000	**
Resíduo	45	1954,026	43,423			
Total	63	87633,089				

CV (%) = 9,20

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	986,553	328,851	7,57	0,000333	**
TRATAMENTOS	15	84692,510	5646,167	130,03	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	2122,156	2122,156	48,87	0,000000	**
CONTRASTE C2	1	81705,080	81705,080	1881,62	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	345,862	345,862	7,96	0,007076	**
CONTRASTE C4	1	4,393	4,393	0,10	0,751909	ns
CONTRASTE C5	1	71,097	71,097	1,64	0,207251	ns
CONTRASTE C6	1	36,781	36,781	0,85	0,362297	ns
CONTRASTE C7	1	89,475	89,475	2,06	0,158071	ns
CONTRASTE C8	1	2,154	2,154	0,05	0,824754	ns
CONTRASTE C9	1	1,149	1,149	0,03	0,871497	ns
CONTRASTE C10	1	3,250	3,250	0,07	0,785669	ns
CONTRASTE C11	1	11,529	11,529	0,27	0,608882	ns
CONTRASTE C12	1	20,092	20,092	0,46	0,499843	ns
CONTRASTE C13	1	66,010	66,010	1,52	0,223995	ns
CONTRASTE C14	1	170,902	170,902	3,94	0,053390	°
CONTRASTE C15	1	42,577	42,577	0,98	0,327363	ns
Resíduo	45	1954,026	43,423			
Total	63	87633,089				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	61,438	61,43845	1,41	0,240485	ns
CONTRASTE C17	1	354,434	354,4338	8,16	0,006453	**
CONTRASTE C18	1	322,243	322,2427	7,42	0,009146	**

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. “ns” não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 12. Análise de variância e contrastes de valores de P/L ($\mu\text{g}/\text{cm}$)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	13050,06	4350,020	3,682	0,018699	*
TRAT	15	48998,88	3266,592	2,765	0,004278	**
Fonte de N (N)	2	12504,57	6252,285	5,292	0,008628	**
Mistura (M)	1	13077,16	13077,160	11,069	0,001756	**
Relação N/P (R)	1	3799,859	3799,859	3,216	0,079633	°
M*N	2	1728,276	864,138	0,731	0,486862	ns
R*N	2	2296,666	1148,333	0,972	0,386142	ns
R*M	1	481,4782	481,478	0,408	0,526463	ns
R*M*N	2	572,6004	286,300	0,242	0,785817	ns
Adicionais	3	12812,09	4270,697	3,615	0,020153	*
Fatorial vs Adicionais	1	1726,179	1726,179	1,461	0,233076	ns
Resíduo	45	53165,936	1181,465			
Total	63	115214,876				

CV (%) = 38,99

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	3	13050,060	4350,020	3,68	0,018699	*
TRATAMENTOS	15	48998,880	3266,592	2,76	0,004278	**
CONTRASTE C1	1	110,968	110,968	0,09	0,760660	ns
CONTRASTE C2	1	12835,020	12835,020	10,86	0,001919	**
CONTRASTE C3	1	109,370	109,370	0,09	0,762336	ns
CONTRASTE C4	1	1482,910	1482,910	1,26	0,268516	ns
CONTRASTE C5	1	123,783	123,783	0,10	0,747678	ns
CONTRASTE C6	1	5136,853	5136,853	4,35	0,042758	*
CONTRASTE C7	1	248,923	248,923	0,21	0,648437	ns
CONTRASTE C8	1	325,575	325,575	0,28	0,602197	ns
CONTRASTE C9	1	12380,790	12380,790	10,48	0,002269	**
CONTRASTE C10	1	1170,492	1170,492	0,99	0,324891	ns
CONTRASTE C11	1	150,181	150,181	0,13	0,723109	ns
CONTRASTE C12	1	0,349	0,349	0,00	0,986363	ns
CONTRASTE C13	1	8498,093	8498,093	7,19	0,010198	*
CONTRASTE C14	1	5526,273	5526,273	4,68	0,035913	*
CONTRASTE C15	1	899,302	899,302	0,76	0,387592	ns
Resíduo	45	53165,936	1181,465			
Total	63	115214,876				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	2115,935	2115,935	1,79	0,187535	ns
CONTRASTE C17	1	1127,610	1127,61	0,95	0,333821	ns
CONTRASTE C18	1	3279,948	3279,948	2,78	0,102624	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. "ns" não significativo pelo teste F a 10 %.

Quadro 13. Análise de variância e contrastes de valores de P disponível (P absorvido + P extraído em resina aniônica - mg/vaso)

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	2	5,598	2,799	1,648	0,209392	ns
TRAT	15	12145,390	809,693	476,705	0,000000	**
Fonte de N (N)	2	29,683	14,841	8,738	0,001023	**
Mistura (M)	1	1,240	1,240	0,730	0,399727	ns
Relação N/P (R)	1	2,457	2,457	1,447	0,238454	ns
M*N	2	5,676	2,838	1,671	0,205124	ns
R*N	2	8,721	4,360	2,567	0,093503	°
R*M	1	0,928	0,928	0,546	0,465654	ns
R*M*N	2	3,499	1,749	1,030	0,369325	ns
Adicionais	3	10079,320	3359,773	1978,059	0,000000	**
Fatorial vs Adicionais	1	2013,875	2013,875	1185,665	0,000000	**
Resíduo	30	50,956	1,699			
Total	47	12201,944				

CV = 18,72

FV	G.L.	SQ	QM	F calc	Signif.	Conclusão
BLOCO	2	5,60	2,799	1,65	0,209392	ns
TRATAMENTOS	15	12145,39	809,693	476,70	0,000000	**
CONTRASTE C1	1	155,16	155,159	91,35	0,000000	**
CONTRASTE C2	1	11930,81	11930,810	7024,24	0,000000	**
CONTRASTE C3	1	5,51	5,509	3,24	0,081773	°
CONTRASTE C4	1	1,71	1,712	1,01	0,323390	ns
CONTRASTE C5	1	11,17	11,173	6,58	0,015570	*
CONTRASTE C6	1	1,67	1,674	0,99	0,328778	ns
CONTRASTE C7	1	1,81	1,814	1,07	0,309644	ns
CONTRASTE C8	1	0,02	0,018	0,01	0,919506	ns
CONTRASTE C9	1	18,51	18,510	10,90	0,002492	**
CONTRASTE C10	1	1,61	1,613	0,95	0,337547	ns
CONTRASTE C11	1	11,85	11,855	6,98	0,012970	*
CONTRASTE C12	1	0,91	0,905	0,53	0,471068	ns
CONTRASTE C13	1	3,63	3,628	2,14	0,154272	ns
CONTRASTE C14	1	1,01	1,007	0,59	0,447438	ns
CONTRASTE C15	1	0,01	0,006	0,00	0,952558	ns
Resíduo	30	50,96	1,699			
Total	47	12201,944				

Contrastes adicionais

CONTRASTE C16	1	25,461	25,46107	14,99	0,000543	**
CONTRASTE C17	1	21,291	21,29107	12,54	0,001326	**
CONTRASTE C18	1	1,213	1,213105	0,71	0,404739	ns

° * e ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. "ns" não significativo pelo teste F a 10 %.