



Calagem em arroz cultivado em solos de terras altas do Sul do Amazonas

Limestone in rice cultivated on highland soils of the southern Amazon

R. F. Mendes¹; C. E. Pereira^{*2}; M. C. C. Campos³

¹Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, 69915-900, Rio Branco-AC, Brasil

²Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia, 45604-811, Ilhéus-BA, Brasil

³Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 58397-000, Areia-PB, Brasil

*cepereira.ufsb@gmail.com

(Recebido em 07 de abril de 2022; aceito em 29 de junho de 2022)

O arroz é cultivado praticamente em todas as regiões brasileiras, sendo uma cultura de grande importância socioeconômica para os pequenos agricultores do sul do Amazonas. Objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho agrônômico do arroz em dois solos de terras altas da região de Humaitá, submetidos à calagem. Para isso amostras dos solos Cambissolo Háplico distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico foram incubados por 30 dias com o equivalente a 0, 2, 4, 6, 8 e 10 t ha⁻¹ com calcário PRNT 98% e, em seguida, cultivados com arroz em casa de vegetação. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos (doses) e 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, massa seca da parte aérea, número de perfilhos e de panículas por planta, número total de espiguetas, espiguetas cheias e malformadas por panícula, e massa de espiguetas cheias e malformadas por panícula. A calagem prejudicou o desenvolvimento das plantas de arroz cultivadas no Cambissolo Háplico distrófico, enquanto no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico as plantas tiveram melhor desempenho quando aplicado o equivalente a 5,2 t ha⁻¹ de calcário.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, calcário, acidez do solo.

Rice is grown in almost all Brazilian regions, being a crop of great socioeconomic importance for small farmers in southern Amazon. The objective in this work was to evaluate the agronomic performance of rice in two highland soils of Humaitá region, submitted to liming. Samples of the Haplic Cambisol and Oxisol soils were incubated for 30 days with the equivalent of 0, 2, 4, 6, 8 and 10 t ha⁻¹ with 98% ECCE limestone and then cultivated with rice in a greenhouse. A completely randomized design with 6 treatments (doses) and 4 repetitions was used. The following characteristics were evaluated: plant height, shoot dry mass, number of tillers and panicles per plant, total number of grains, normal and malformed grains per panicle, and normal and malformed grain mass per panicle. Liming reduces the development of rice plants grown in the Haplic Cambisol, while in the Oxisol the plants had better performance when applied the equivalent of 5.2 t ha⁻¹ of limestone.

Keywords: *Oryza sativa*, limestone, soil acidity.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos principais alimentos consumidos pela população brasileira, com consumo per capita em torno de 60 a 70 kg de arroz em casca por ano [1]. É uma cultura com grande potencial de expansão de produção e de possível combate à fome, com papel estratégico na solução de questões alimentares [2].

A maior parte dos solos brasileiro e principalmente os da região amazônica, é de reação ácida, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e baixa fertilidade. Para incorporação destes ao processo produtivo é necessário o uso adequado de adubos e corretivos a fim de torná-los favoráveis ao cultivo das culturas diversas [3].

Os Latossolos são caracterizados por intemperização intensa e características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases [4, 5]. Já os Cambissolos são solos fortemente, até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal [4]. Essas classes de solos são comuns nas áreas de terra altas na região de Humaitá (AM).

A calagem é a prática mais utilizada para corrigir a acidez no Brasil, em decorrência de sua rápida reação e consequentes alterações químicas, físicas e biológicas no solo [6], porém deve-se respeitar as recomendações técnicas para que não ocorra limitação da produção das culturas pela indisponibilidade de nutrientes [7]. A aplicação de calcário gera reação de caráter alcalino que influencia diretamente no pH do solo elevando-o e, consequentemente, influenciando a disponibilidade de nutrientes para as plantas, além disso, fornece adicionalmente cálcio e magnésio [8].

Para a cultura do arroz tem-se verificado resultados diversos com relação a calagem sobre o desenvolvimento das plantas [9-13]. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho agrônômico do arroz em dois solos de terras altas da região de Humaitá/AM, submetidos à calagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas - IEAA/UFAM em Humaitá/AM. Os solos foram classificados com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS [4] como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Cambissolo Háptico distrófico. O Latossolo apresentou 159,95 g kg⁻¹ de areia, 513,33 g kg⁻¹ de silte e 326,72 g kg⁻¹ de argila, enquanto o Cambissolo apresentou 67,20 g kg⁻¹ de areia, 699,92 g kg⁻¹ de silte e 232,88 g kg⁻¹ de argila. Além disso, verificou-se os seguintes atributos químicos para o Latossolo: pH (H₂O) 4,28; 18,98 g dm⁻³ de matéria orgânica do solo (MOS); 3,0 mg dm⁻³ de P; 5,58 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 10,0 mg dm⁻³ de K; 0,21 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,45 cmol_c dm⁻³ de Mg; 3,96 cmol_c dm⁻³ de Al; 4,96 cmol_c dm⁻³ de CTC potencial (T); e para o Cambissolo: pH (H₂O) 5,27; 26,49 g kg⁻¹ de MOS; 1,0 mg kg⁻¹ de P; 6,07 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 29,0 mg dm⁻³ de K; 1,06 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,13 cmol_c dm⁻³ de Mg; 1,67 cmol_c dm⁻³ de Al; 8,34 cmol_c dm⁻³ de T.

As amostras dos solos foram coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, posteriormente as amostras foram incubadas em sacos plásticos com doses crescentes de calcário dolomítico (PRNT 98%) com o equivalente a 0, 2, 4, 6, 8 e 10 t ha⁻¹ com umidade à 70% da capacidade de campo e mantidas nestas condições por 30 dias. O pH do solo foi avaliado após o período de incubação, com as diferentes doses de calcário, utilizando-se metodologia descrita em Embrapa (1997) [14].

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos (doses) e 4 repetições. A adubação foi realizada com base na análise química dos solos, aplicando-se o equivalente a 60 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de K₂O e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, usando como fonte ureia, cloreto de potássio e superfosfato triplo, respectivamente, seguindo as recomendações de adubação para a cultura do arroz [15]. Após a calagem e a adubação as amostras foram distribuídas em recipientes plásticos com volume de 5 dm³ e em seguida foram semeadas cinco sementes de arroz, cultivar Primavera, por vaso, deixando-se duas plantas após a emergência. A irrigação foi realizada diariamente de forma manual duas vezes ao dia, manhã e tarde. Não houve necessidade de tratamento fitossanitário.

As plantas em estágio R9 foram avaliadas por meio de: altura de planta (medição com o auxílio de uma trena, da base da planta rente ao solo até a extremidade superior da panícula mais alta), massa seca da parte aérea (na qual as plantas foram seccionadas rente ao solo e colocadas em sacos de papel para a secagem em estufa de circulação forçada de ar à 60 °C até peso constante, sendo pesadas em balança semi-analítica), número de perfilhos e de panículas por planta (contagem do número total de perfilhos e de panículas em cada vaso e dividido pelo número de plantas no vaso), número total de espiguetas, espiguetas cheias e malformadas por panícula (contagem do número de espiguetas por vaso e divisão pelo número de panículas presentes no vaso), e massa de espiguetas cheias e malformadas por panícula (pesagem em balança semi-analítica da massa de espiguetas no vaso e divisão pelo número de panículas presentes no vaso).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Grubbs (1969) [16] para verificação da presença de dados discrepantes, Shapiro e Wilk (1965) [17] para verificação da normalidade dos

erros, e Bartlett (1937) [18] para verificação da homogeneidade das variâncias. Posteriormente foi realizada a análise de variância e quando verificado efeito significativo dos tratamentos, os dados foram submetidos à análise de regressão, ambas considerando 5% de probabilidade e realizadas com auxílio do software estatístico SISVAR [19].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem elevou o pH nas amostras das duas classes de solos estudadas, conforme o aumento da dose aplicada (Figura 1). Verifica-se que o Cambissolo teve maiores valores de pH, naturalmente e quando comparadas as diferentes dosagens de calcário aplicadas.

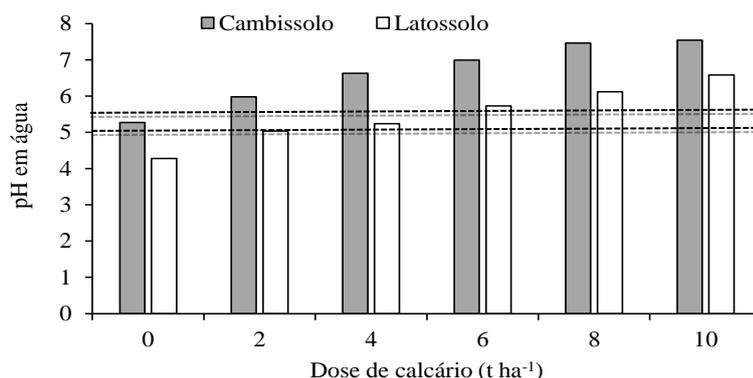


Figura 1. Resultados da avaliação do pH em água de amostras de Cambissolo Háplico distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico após incubação com diferentes dosagens de calcário. Humaitá-AM. Linhas pontilhadas indicam a faixa ideal de pH para a cultura do arroz segundo Fageria (2000) [9].

A elevação do pH por meio da calagem é um fenômeno bem conhecido e apresentado na literatura científica [20-22]. O incremento no valor de pH em função da calagem está relacionado com os elementos neutralizantes da dissolução do calcário, ou seja, a correção da acidez pelo calcário inicia-se com a solubilização dos carbonatos $[\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3]$. Após a solubilização, ocorre a formação de bicarbonatos (HCO_3^-) e a liberação de hidroxilas (OH^-) no solo as quais inicialmente neutralizam o H^+ em solução e, posteriormente, podem atuar precipitando o Al^{3+} [23].

Cambissolo Háplico distrófico

Pelos resultados da análise de variância verificou-se que os parâmetros altura de planta, massa seca da parte aérea e número de perfilhos por planta, não foram influenciados ($p > 0,05$) pela aplicação das doses de calcário. A calagem também não afetou o desempenho agrônomo da cultura do arroz em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico [24]. Isso se deve a boa tolerância das plantas de arroz à toxidez por Al^{3+} que, em solo com baixo pH, aumenta sua disponibilidade [25].

Por outro lado, para o número de panículas por planta, número de espiguetas por panícula, número e massa de espiguetas cheias e malformadas por panícula foram observadas respostas significativas a aplicação de calcário.

Para o número de panículas por planta foi observada uma redução linear significativa, com o aumento da dose de calcário aplicada (Figura 2). O número de panículas por planta e de espiguetas cheias são as principais características das plantas que interferem em sua produtividade [26]. Neste sentido, verifica-se uma redução do potencial produtivo da planta com a aplicação de doses crescentes de calcário. Isto ocorre, provavelmente, pela elevação do pH,

como apresentado, já que a cultura do arroz se desenvolve bem em solos ácidos, quando comparado a outras culturas [27].

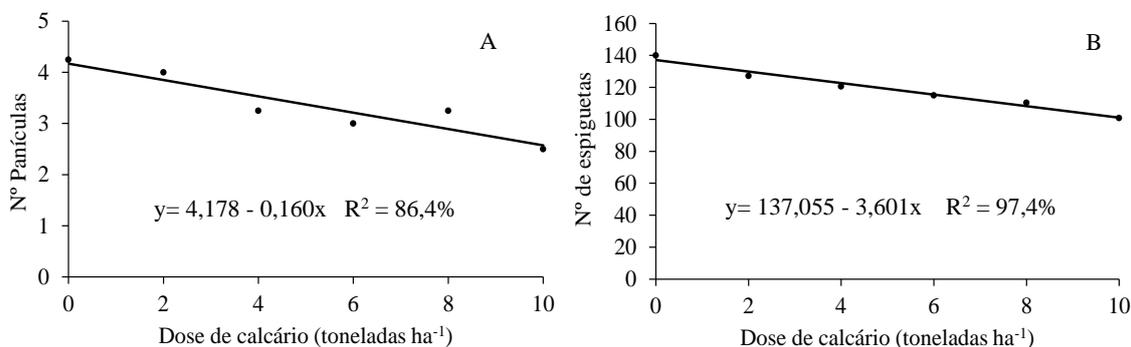


Figura 2. Número de panículas por planta (A) e número de espiguetas por panícula (B) de plantas de arroz cultivado sob Cambissolo Háplico distrófico com diferentes doses de calcário. Humaitá-AM.

Do mesmo modo como observado para o número de panículas por planta, para o número de espiguetas por panícula também foi constatada redução linear com a elevação da quantidade de calcário aplicada no solo (Figura 2). Tais resultados corroboram aqueles apresentados por Fageria (2000) [9]. Entretanto, em trabalho realizado por Sorrato et al. (2010) [11] verificou-se aumento do tanto do número de panículas por m² como para a massa de mil grãos de arroz cultivado em terras altas. Tais divergências podem estar relacionadas às condições edafoclimáticas e do cultivar avaliado [28].

Com relação à massa de espiguetas por panícula, verifica-se para os grãos inteiros uma redução linear com a aplicação de doses crescentes de calcário, enquanto o efeito contrário é observado para a massa de espiguetas malformadas (Figura 3). Com o aumento do pH do solo ocorre uma redução significativa do acúmulo de micronutrientes na planta, em especial Fe, Mn e Zn, assim como a deficiência de P em faixas de pH mais elevado [9] e isso pode ter contribuído para o aumento da massa de espiguetas malformadas. Também Mauad et al. (2008) [10] verificaram redução do teor de N em plantas de arroz do cultivar Primavera em função do aumento do nível de calagem utilizado, o que pode contribuir para redução do desempenho agrônômico da cultura nos tratamentos que receberam doses mais elevadas de calcário já que o N é o elemento que mais interfere na produção do arroz [29], sendo responsável pelo maior número de espiguetas granadas na planta [30].

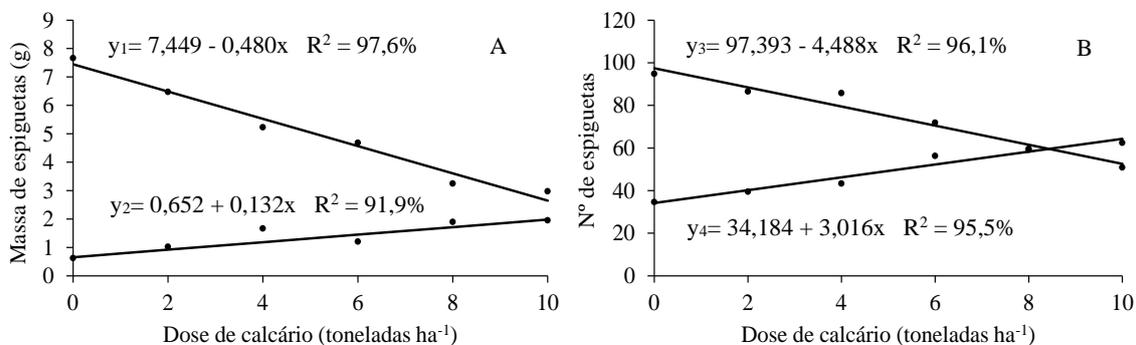


Figura 3. Massa de espiguetas cheias (y₁) e malformadas (y₂) (A) e número de espiguetas cheias (y₃) e malformadas (y₄) (B) por panícula de arroz cultivado sob Cambissolo Háplico distrófico com diferentes doses de calcário. Humaitá-AM.

Os resultados de número de espiguetas cheias e malformadas por panículas corroboram aqueles observados para a massa das espiguetas (Figura 3). Para esses parâmetros verifica-se uma tendência de o número de espiguetas malformados ser maior que o de espiguetas cheias para a dose de calcário mais elevada, nesse estudo.

O bom desempenho da cultura nas amostras que não receberam calcário pode ser explicado pelo fato do arroz, segundo Fageria (2000) [9], ser uma planta bastante tolerante à acidez do solo apresentando bons desempenhos em solos com pH variando de 5,0 a 5,5. O valor de pH em água deste solo em suas condições naturais (sem aplicação de calcário) é 5,27 (Figura 1), dentro, por tanto destes intervalos.

Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

Não houve diferença significativa para as variáveis altura de plantas, bem como para o número de panículas por planta, número de espiguetas por panícula e número de espiguetas malformadas por panícula. Para as variáveis matéria seca da parte aérea, número de perfilhos por planta, número e massa de espiguetas cheias por panícula e massa de espiguetas malformadas por panícula os resultados foram significativos para a aplicação de doses crescentes de calcário.

Para a matéria seca da parte aérea verificou-se ajuste de equação quadrática com ponto de máxima em $5,62 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 4), com um pH em torno de 5,5, calculado por interpolação linear. Ou seja, um pH próximo ao observado nas amostras de Cambissolo em condições naturais, sem a aplicação de calcário, para o qual foram obtidos os melhores resultados de desempenho agrônômico das plantas de arroz nesse solo. Tais resultados corroboram aqueles obtidos por Fageria (2001) [24], o qual verificou que o pH ideal para o cultivo de arroz em um Latossolo Vermelho Escuro foi de 5,6.

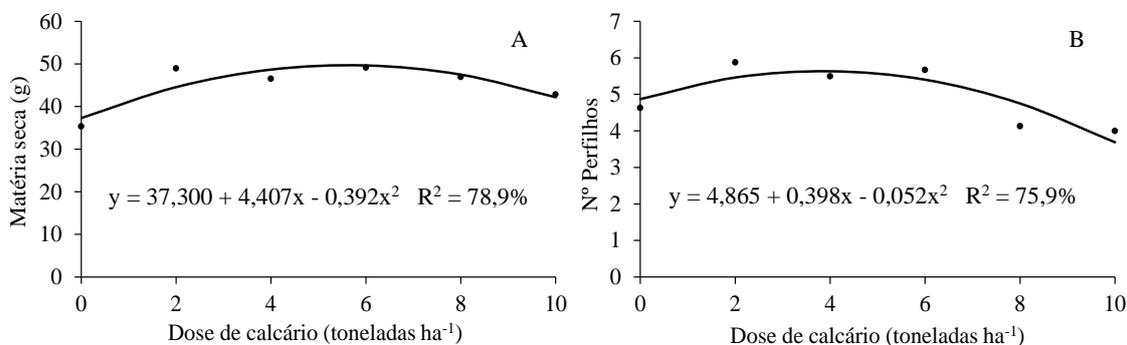


Figura 4. Número de perfilhos por planta (A) e matéria seca da parte aérea (B) de plantas de arroz cultivado sob Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com diferentes doses de calcário. Humaitá-AM.

Resposta semelhante foi observado para o número de perfilhos por planta, com um ajuste de equação quadrática com ponto de máximo em $3,83 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 4), corroborando aqueles resultados que indicam que a elevação do pH pode favorecer o crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz em determinadas condições [11].

Quando comparado ao Cambissolo, verifica-se que o Latossolo apresenta níveis mais baixos de Ca e Mg, o que pode contribuir para uma resposta positiva da aplicação de calcário até determinada faixa nesse solo, já que o calcário possibilita aumento dos níveis de Ca e Mg no solo, além da redução da toxidez por alumínio [31]. Também, os níveis de alumínio no latossolo estavam mais elevados, em relação ao Cambissolo, de modo que a redução da disponibilidade desse elemento no solo, por meio da elevação do pH com o uso do calcário também pode ter contribuído para resultados positivos até cerca de 5 t ha^{-1} .

Para as médias de massa de espiguetas também foi observado um ajuste quadrático com ponto de máxima em $5,11 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 5). Para esta dose de calcário o valor de pH calculado foi de 5,5. Os resultados obtidos neste estudo para esse tipo de solo corroboram os de Fageria e Zimmermann (1998) [32] que relataram que o melhor desempenho na cultura de arroz de terras altas em Latossolo Vermelho-Escuro do cerrado foi em valor de pH 5,3.

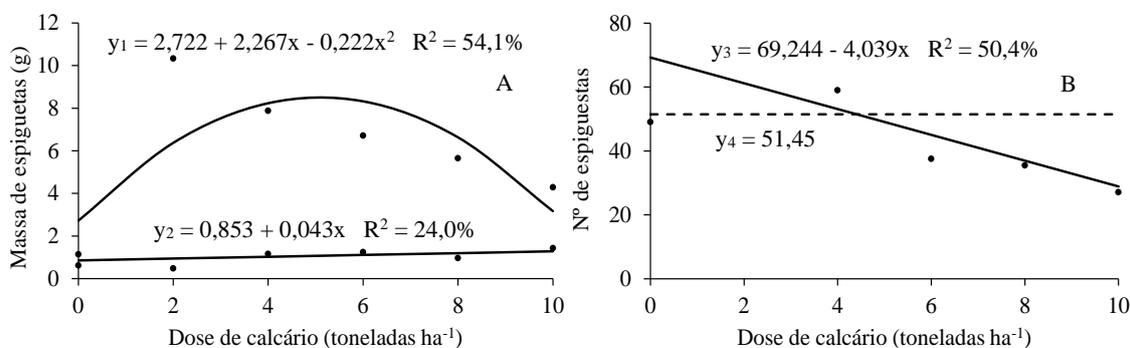


Figura 5. Massa de espiguetas cheias (y1) e malformadas (y2) (A) e número de espiguetas cheias (y3) e malformadas (y4) (B) por panícula de arroz cultivado sob Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com diferentes doses de calcário. Humaitá-AM.

Para a variável número de espiguetas cheias por panícula a resposta também foi significativa a aplicação de doses crescentes de calcário onde verificou-se que à medida que se aumenta a dose de calcário a quantidade de espiguetas cheias por panícula tende a diminuir linearmente (Figura 5). Relacionando o número de espiguetas à massa de espiguetas cheias, verifica-se que até a dose de aproximadamente 5 t ha^{-1} a planta teve um maior enchimento das espiguetas em detrimento de sua quantidade. Em condições nutricionais inadequadas as plantas tendem direcionar os fotoassimilados para um maior enchimento de grãos.

4. CONCLUSÃO

A calagem prejudicou o desenvolvimento das plantas de arroz em Cambissolo Háplico distrófico, enquanto no Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico o maior crescimento e desenvolvimento das plantas foi obtido com a aplicação equivalente a $5,2 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Scholz MBS. Qualidade tecnológica do arroz. In: Instituto Agrônomo do Pará (IAPAR), organizador. Arroz irrigado: práticas de cultivo. Londrina (PR): IAPAR; 2001, p. 190-6.
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2012. Brasília (DF): Conab; 2012.
- Cunha TJF, Madari BE, Benites VDM, Canellas LP, Novotny EH, Moutta RDO, et al. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). Acta Amaz. 2007 Mar;37(1):91-8. doi: 10.1590/S0044-59672007000100010
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, et al. Sistema brasileiro de classificação de solo. 5. ed. Brasília (DF): Embrapa; 2018.
- Santana DP, Moura Filho W. Estudos de solos do Triângulo Mineiro e de Viçosa: I – Mineralogia. Experientiae. 1978;24(6):131-60.
- Nolla A, Anghinoni I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. Rev Ciênc Exatas Nat. 2004 Jan/Jun;6(1):97-111.
- Oliveira EL, Pavan MA. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. Soil Tillage Res. 1996 Aug;38(1/2):47-57. doi: 10.1016/0167-1987(96)01021-5

8. Fageria NK. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. *Rev Bras Eng Agríc Ambient.* 2001 Set/Dez;5(3):416-24. doi: 10.1590/S1415-43662001000300009
9. Fageria NK. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. *Pesq Agropec Bras.* 2000 Nov;35(11):2303-7. doi: 10.1590/S0100-204X2000001100024
10. Mauad M, Crusciol CAC, Alvarez RC, Silva RH. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por cultivares de arroz de terras altas em resposta à calagem. *Científica.* 2008;32(2):178-84.
11. Soratto RP, Crusciol CAC, Mello FFC. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. *Bragantia.* 2010 Dez;69(4):965-74. doi: 10.1590/S0006-87052010000400023
12. Souza LCD, Sá ME, Martins HSD, Abrantes FL, Silva MP, Arruda A. Produtividade e qualidade de sementes de arroz em resposta a doses de calcário e nitrogênio. *Rev Trópica – Ciênc Agrár Biol.* 2010;4(2):27-35. doi: 10.0000/rtcab.v4i2.153
13. Crusciol CAC, Mancuso MAC, Garcia RA, Castro GSA. Crescimento radicular e aéreo de cultivares de arroz de terras altas em função da calagem. *Bragantia.* 2012 Jul;71(2):256-63. doi: 10.1590/S0006-87052012005000018
14. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro (RJ): Embrapa; 1997.
15. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendação para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa (MG): CFSEMG; 1999.
16. Grubbs F. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics.* 1969 Jan/Mar;11(1):1-21. doi: 10.1080/00401706.1969.10490657
17. Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika.* 1965 Dec;52(3/4):591-611.
18. Bartlett MS. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proc R Soc London.* 1937 May;160(901):268-82. doi: 10.1098/rspa.1937.0109
19. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotecnol.* 2011 Dec;35(6):1039-42. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001
20. Oliveira EL, Parra MS, Costa A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro hálico, à calagem. *Rev Bras Ciênc Solo.* 1997 Jul/Set;21(3):65-70.
21. Miranda LN, Miranda JCC. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. *Rev Bras Ciênc Solo.* 2000 Jan/Mar;24(1):209-15. doi: 10.1590/S0100-06832000000100023
22. Caires EF, Haliski A, Bini AR, Scharr DA. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. *Eur J Agron.* 2015 May;66:41-53. doi: 10.1016/j.eja.2015.02.008
23. Rheinheimer DS, Santos EJS, Kaminski J, Bortoluzzi EC, Gatiboni LC. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Rev Bras Ciênc Solo.* 2000 Dez;24(4):797-805. doi: 10.1590/S0100-06832000000400012
24. Fageria NK. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. *Pesq Agropec. Bras.* 2001 Nov; 36(11):1419-24. doi: 10.1590/S0100-204X2001001100013
25. Famoso AN, Clark RT, Shaff JE, Craft E, Mccouch SR, Kochian LV. Development of a novel aluminum tolerance phenotyping platform used for comparisons of cereal aluminum tolerance and investigations into rice aluminum tolerance mechanisms. *Plant Physiol.* 2010 Aug;153(4):1678-91. doi: 10.1104/pp.110.156794
26. Alvarez RCF, Crusciol CAC, Nascente AS. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. *Pesq Agropec Trop.* 2012 Out/Dez;42(4):397-406. doi: 10.1590/S1983-40632012000400008
27. Crusciol CAC, Machado JR, Arf O, Rodrigues AF. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de sementeira em arroz de terras altas. *Sci Agric.* 1999 Jun;56(1):63-70. doi: 10.1590/S0103-90161999000100010
28. Matsumoto H. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *Int Rev Cyt.* 2000;200:1-46. doi: 10.1016/S0074-7696(00)00001-2
29. Mae T. Partitioning and utilization of nitrogen in rice plants. *Japan Agric Res Quarterly.* 1986;20(2):115-20.
30. Barbosa Filho MP. Aducação do arroz de sequeiro. *Inf Agropec.* 1989;14(161):32-8.
31. Fageria NK, Baligar VC. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. In: Sparks DL, editor. *Advances in Agronomy.* Amsterdam (NL): Elsevier; 2008. p. 345-99.

32. Fageria NK, Zimmermann FJP. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. *Commun. Soil Sci Plant Anal.* 1998;29(17/18):2675-82. doi: 10.1080/00103629809370142