

Efeito de remineralizador, vinhaça e plantas de cobertura nos atributos químicos do solo

Effect of remineralizing, vinasse, and cover plants in the chemical soil attributes

Maicon Douglas Bispo de Souza¹, Anastácia Fontanetti², Maria Leonor Ribeiro Casimiro Lopes-Assad^{3*}

¹ Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, SP, Brasil.

² Departamento de Desenvolvimento Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, SP, Brasil.

³ Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, SP, Brasil. Autor para correspondência: leonorrecla@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho, com pH e teores de nutrientes adequados, cultivado com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em sucessão a plantas de cobertura e à aplicação de vinhaça e de remineralizador (pó de basalto). O ensaio foi realizado em casa de vegetação, no delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4×4×2, com três repetições. O primeiro fator foram doses de remineralizador (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹ de pó de basalto). Pousio (controle) e as plantas de cobertura crotalária (*Crotalaria juncea* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e braquiária (*Urochloa* cv. *ruziziensis* Germain & Evrard) representaram o segundo fator. O terceiro fator foi a aplicação ou não de vinhaça (200 m³ ha⁻¹ e 0 m³ ha⁻¹, respectivamente). Os atributos químicos analisados, aos 110 dias após incubação do remineralizador, foram: matéria orgânica do solo (MOS), pH em CaCl₂, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V). Tratamentos com vinhaça e remineralizador, associados a milheto e crotalária, proporcionaram aumento do pH e de V e diminuição de H+Al. Conclui-se que feijoeiro cultivado em sucessão a plantas de cobertura cultivadas com pó de basalto e vinhaça pode viabilizar a transição de um sistema de manejo convencional da adubação de solo para um manejo com insumos alternativos.

Palavras-chave: pó de basalto, dissolução mineral, saturação por bases, pH, acidez potencial.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate changes in the chemical attributes of an Oxisol, with adequate pH and nutrient content, cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in succession to cover plants and the application of vinasse and a remineralizer (basalt powder). The essay was carried out in a greenhouse in the experimental design of randomized block in a 4×4×2 factorial scheme, with three replications. The first factor was remineralizer doses (0, 2, 4 and 8 t ha⁻¹ of basalt powder). The treatments without plants (control) and with the cover plants sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.), millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) and Congo grass (*Urochloa* cv. *ruziziensis* Germain & Evrard) accounted for the second factor. The third factor was the application or not of vinasse (200 m³ ha⁻¹ and 0 m³ ha⁻¹, respectively). The chemical attributes analyzed were soil organic matter (MOS), pH in CaCl₂, potential acidity (H+Al), sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), and bases saturation (V). Treatments with vinasse and remineralizer, associated



with millet and crotalaria, provided increase of pH and of V and decrease of H + Al. It is concluded that bean cultivated in succession to cover crops cultivated with basalt powder and vinasse can afford the transition from a conventional management system of soil fertilization to a management with alternative inputs.

Keywords: basalt powder, mineral dissolution, bases saturation, pH, potential acidity.

INTRODUÇÃO

A remineralização ou rochagem é uma alternativa para a substituição parcial ou total dos fertilizantes industriais. Essa prática consiste na aplicação de rochas moídas, principalmente resíduos de pedreiras e de mineradoras, para o manejo da fertilidade do solo. Incluídos na categoria de insumos agrícolas pela Lei 12.890/2013, recebem a designação de remineralizadores todos os materiais de origem mineral que tenham sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que alterem os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promovam a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo.

Assim, e visando reduzir a dependência brasileira de fertilizantes importados, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar o efeito de remineralizadores em solos (Ribeiro et al., 2010; Melo et al., 2012; Silva et al., 2012). Apesar de resultados promissores, algumas limitações dificultam o uso da remineralização. Uma delas é a baixa taxa de alteração de minerais contidos no remineralizador, o que dificulta a disponibilização rápida de nutrientes para suprir as exigências de culturas, principalmente de plantas de ciclo curto. Devido a esse fato, algumas vezes usam-se elevadas quantidades de remineralizador, superiores a 40 t ha⁻¹, como em Guelfi-Silva et al. (2013) que avaliaram o efeito de diferentes rochas na adubação potássica de alface.

As alterações de minerais dependem de sua natureza, da composição, do pH e da concentração dos reagentes envolvidos e de condições que controlam o equilíbrio no sistema, como pressão e temperatura (Kämpf et al., 2009). Usualmente os remineralizadores são aplicados sem nenhum tratamento, pressupondo-se que a acidez e a atividade biológica do solo promoverão a alteração, ao longo do tempo, dos minerais contidos no pó de rocha. Entretanto, muitas áreas cultivadas com adubos solúveis, ocupadas com culturas como

soja, milho e feijão, apresentam pH corrigido e níveis adequados de nutrientes, exigindo melhor compreensão do comportamento químico do solo na transição para um sistema sustentável, com uso predominante de pó de basalto. Embora muitos trabalhos de pesquisa com remineralizadores visem o aumento da fertilidade do solo (Escosteguy e Klamt, 1998; Ribeiro et al., 2010; Guelfi-Silva et al., 2013), seu papel mais promissor parece ser o de condicionador do solo, ou seja, o de promover a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas e mineralógicas do solo (Leonardos et al., 2000; Melo et al., 2012; Martins et al., 2015). Dentre os muitos desafios de pesquisa ainda existentes com relação ao uso de remineralizadores em larga escala, tem-se: i) o manejo da adubação com remineralizadores; e ii) o efeito de sua aplicação em solos cuja fertilidade foi corrigida com insumos solúveis.

Uma alternativa no manejo da adubação de solos com remineralizador é usá-lo em associação com materiais que modifiquem o pH do meio. Isto porque a alteração de minerais se dá principalmente por hidrólise, que é controlada pelas reações ácido-base e pelas ligações oxigênio-metal, que provocam adsorção de íons H⁺ e OH⁻ nas superfícies minerais (Ribeiro et al., 2010).

Plantas de cobertura podem ser associadas a remineralizadores para modificar a taxa de alteração de minerais porque estimulam a ação de micro-organismos solubilizadores e liberam exsudados radiculares capazes de modificar o pH da rizosfera (Espindola et al., 1997; Grayston et al., 1997). Por outro lado, conforme constataram Lopes et al. (2014) em ensaios com um pó de basalto similar ao utilizado neste experimento, tratamentos de remineralizador e vinhaça, quando comparados com tratamentos de remineralizador e água, proporcionaram a liberação de maiores teores de cátions. Isto porque a adição da vinhaça, que pode apresentar pH entre 3,7 e 5,0 (Marques, 2006), altera a acidez ativa do solo e acelera a dissolução de minerais (Lopes et al., 2014).

Com base na hipótese que plantas de cobertura e vinhaça podem modificar o pH do solo e acelerar a alteração de remineralizadores, o presente trabalho objetivou avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho, com pH e teores de nutrientes adequados, cultivado com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em sucessão a plantas de cobertura e à aplicação de vinhaça e de remineralizador (pó de basalto).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de janeiro a maio de 2015, em casa de vegetação, no município de Araras (SP). Amostras de um Latossolo Vermelho, com textura argilosa, foram coletadas em Araras, SP, em área sob cultivo convencional de cana de açúcar, na profundidade de 20 a 40 cm, visando minimizar efeitos de adubações recentes. O material coletado foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira com abertura de 2 mm, homogeneizado e colocado em vasos de polietileno de 5 dm³. A análise da fertilidade inicial e da textura do solo apontou pH (CaCl₂) 5,4; 28 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al); 19 mg dm⁻³ de P (resina); 5,4 mmol_c dm⁻³ de K; 72 mmol_c dm⁻³ de Ca; 14 mmol_c dm⁻³ de Mg; 37 g dm⁻³ de matéria orgânica (MO); 119,4 mmol_c dm⁻³ de CTC a pH 7,0; 76% de saturação por bases (V); 510 g kg⁻¹ de argila; 320 g kg⁻¹ de areia e 170 g kg⁻¹ de silte. O solo utilizado em princípio, não teria necessidade de calcário e a demanda nutrientes seria baixa. Buscou-se, portanto, avaliar a eficiência de remineralizadores em solos de fertilidade corrigida.

O remineralizador (pó de basalto) foi coletado em Cordeirópolis (SP), peneirado em peneira de 0,3 mm e a análise por espectrometria de massa com fonte de plasma induzido e espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma induzido indicou 50,3% de SiO₂; 12,6% de Fe₂O₃; 0,8% de K₂O; 13,9% de Al₂O₃; 2,2% de Na₂O; 6,9% de MgO; 10,2% de CaO; e 0,1% de P₂O₅. A vinhaça de mosto de melação foi coletada em uma usina de produção de açúcar e álcool no município de Pirassununga (SP) e a caracterização química, por meio de metodologia proposta por Rodella (1983), indicou pH 4; 4,80 kg m⁻³ de C; 0,50 kg m⁻³ de N; 0,117 kg m⁻³ de P₂O₅; 3,25 kg m⁻³ de K₂O; 10,92 kg m⁻³ de CaO; 1,24 kg m⁻³ de MgO e 2,58 kg m⁻³ de SO₄.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 4×4×2 com três repetições. O primeiro fator (F1) foram as quatro doses de remineralizador (0, 2, 4 e 8 t ha⁻¹ de pó de basalto); o segundo (F2), quatro tipos de cobertura – pousio, crotalária (*Crotalaria juncea* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e braquiária (*Urochloa cv. ruziziensis* Germain & Evrard) – e o terceiro (F3), duas doses de vinhaça (0 m³ ha⁻¹ e 200 m³ ha⁻¹).

O remineralizador (F1) foi misturado ao solo e aplicou-se vinhaça (F3) conforme os tratamentos. Após sete dias de incubação, foram semeadas as plantas de cobertura (F2), na proporção de 0,1 g de crotalária por vaso (25 kg ha⁻¹), 0,056 g de milheto por vaso (14 kg ha⁻¹) e 0,064 g de braquiária por vaso (16 kg ha⁻¹). As plantas de cobertura foram conduzidas até os 45 dias após incubação (DAI), correspondentes a 38 dias após emergência, e posteriormente cortadas rentes ao solo. A umidade do solo nos vasos foi mantida a 70% da capacidade de campo durante todo o experimento.

Imediatamente após o corte das plantas de cobertura (45 DAI), realizou-se o semeio em cada vaso de 10 sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. BRS Talismã, ciclo médio de 85 dias. O desbaste foi realizado no estágio V2 (desdobramento das folhas primárias), ou aos 105 DAI e 55 dias após semeadura do feijoeiro, mantendo-se duas plantas por vaso até o fim do experimento.

As amostras de solo foram coletadas nos primeiros 10-15 cm de profundidade, com auxílio de uma espátula, aos 110 dias após a incubação (DAI), ou 65 dias após a semeadura do feijoeiro. Os parâmetros analisados nas amostras foram pH, MO, H+Al, SB, CTC e V. Todas as análises foram feitas conforme Raij et al. (2001).

Foram realizadas as análises de variâncias para as interações doses de remineralizador (F1) x plantas de cobertura (F2) e doses de remineralizador x doses de vinhaça (F3). Quando as interações foram significativas, de acordo com o teste F a 5% de probabilidade, efetuou-se o desdobramento da interação e realizou-se a análise de regressão, sendo ajustadas equações com os maiores coeficientes de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo da interação F1 (remineralizador) × F2 (plantas de cobertura) para os atributos H + Al, SB, CTC e, da interação F1 × F3 (doses de vinhaça) para pH, H + Al e V. Não houve efeito significativo das interações estudadas para MO do solo (Tabela 1).

Todas as plantas de cobertura reduziram os valores de H + Al em função do aumento da dose de remineralizador, com destaque para a crotalária que na dose 8 t ha⁻¹ proporcionou, após 110 dias de incubação, uma queda de 5,3 mmol_c dm⁻³ em relação ao valor inicial medido no solo (28 mmol_c dm⁻³) (Figura 1a). Moreti et al. (2007), trabalhando com um Latossolo Vermelho distrófico argiloso, com 35 mmol_c dm⁻³ na camada 0-10 cm, constataram que crotalária e milheto não alteraram

a acidez potencial e apresentaram comportamento semelhante entre si. Por outro lado, Melo et al. (2012), testando doses de 2 a 96 t ha⁻¹ de remineralizador em um Latossolo Amarelo de mineralogia predominantemente caulinitica, observaram redução de H + Al, consistente com o aumento das doses, aos 60 dias de incubação. No mesmo experimento, esses autores constataram que a máxima redução da acidez potencial foi observada com a dose equivalente a 96 t ha⁻¹, com redução de 1 cmol_c dm⁻³ de H + Al e de 0,54 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺ (Melo et al., 2012).

Apesar da redução da acidez potencial, o desdobramento da interação pó de rocha e plantas de cobertura mostrou que houve diminuição da SB (Figura 1b) e da CTC (Figura 1c) a medida que se aumentou a dose de remineralizador quando a planta de cobertura foi a

Tabela 1. Valores do quadrado médio (QM), estatísticas F, probabilidade da significância de F (Pr>F) e coeficiente de variação (CV) para atributos químicos de solo 110 dias de incubação (DAI) e 65 dias de semeadura de feijoeiro, cultivar Talismã, em sucessão a remineralizador (F1), plantas de cobertura (F2) e vinhaça (F3), em casa de vegetação no município de Araras (SP).

Fontes de Variação	F1	F2	F3	F1 x F2	F1 x F3
GL	3	3	1	9	3
pH					
QM	0,27	0,01	0,98	0,11	0,06
F	37,76	1,03	137,38	1,55	8,39
Pr>F	0,00	0,38	0,00	0,15	0,001
CV (%)	1,51				
H + Al					
QM	224,25	3,36	505,92	7,61	46,49
F	64,05	0,96	144,50	2,17	13,28
Pr>F	0,000	0,47	0,000	0,033	0,000
CV (%)	6,97				
MO					
QM	13,74	19,18	15,82	13,28	16,95
F	1,69	2,36	1,95	1,64	2,09
Pr>F	0,18	0,08	0,17	0,12	0,11
CV (%)	10				
SB					
QM	19,96	74,78	328,84	75,20	41,76
F	0,54	2,04	8,95	2,05	1,14
Pr>F	0,65	0,12	0,004	0,05	0,34
CV (%)	9,85				
CTC					
QM	339,13	66,00	19,00	96,55	14,79
F	7,75	1,51	0,43	2,21	0,34
Pr>F	0,0001	0,22	0,51	0,03	0,80
CV (%)	7,49				
V					
QM	123,371517	13,140214	590,430159	8,839642	59,902741
F	25,472	2,713	121,903	1,825	12,368
Pr>F	0,0000	0,0509	0,0000	0,0777	0,0000
CV (%)			3,16		

braquiária. Esta redução pode estar relacionada com o consumo de nutrientes pela braquiária e pelo feijoeiro. Alguns trabalhos têm revelado que o milho, quando comparado com a braquiária, produz mais fitomassa e acumula maiores teores de nutrientes em curto prazo (Braz et al., 2004; Pacheco et al., 2011), o que indicaria maior extração de bases pelo milho aos 38 dias após emergência, quando as plantas foram cortadas.

A interação pó de basalto (F1) e vinhaça (F3) promoveu diminuição de H+Al (Figura 2a) e aumento de pH (Figura 2b) e de V (Figura 2c) em todas as doses de remineralizador testadas. Destaca-se que a presença de vinhaça proporcionou uma acidez potencial 7 mmol_c dm⁻¹ a menos que a ausência de vinhaça no tratamento com

8 t ha⁻¹ e 8 mmol_c dm⁻¹ a menos que o medido no solo inicialmente (28 mmol_c dm⁻¹) (Figura 2a). Esses dados confirmam o potencial da vinhaça em acelerar a alteração de minerais contidos em pó de basalto.

O basalto é uma rocha rica em silicatos que são alterados predominantemente por reações de dissolução incongruente, isto é, os elementos não são liberados na solução na mesma proporção estequiométrica da sua composição inicial (Kämpf et al., 2009) e há formação de novas formas minerais (Martins et al., 2004), que podem aumentar as cargas permanentes do solo. Mudanças em atributos químicos de solos e em produtividade de culturas devido à aplicação de remineralizadores têm sido apontadas em diversos trabalhos (Escosteguy e

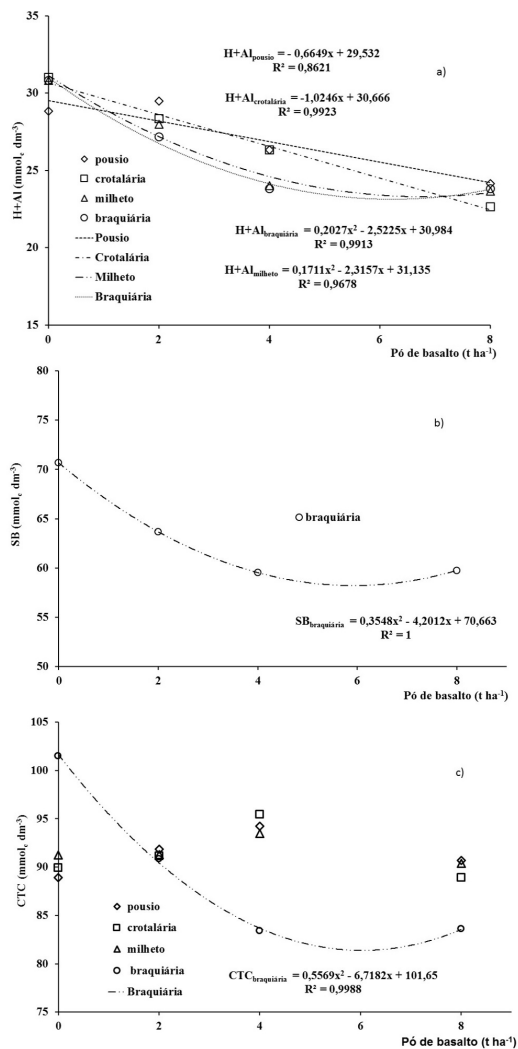


Figura 1. Efeito em atributos químicos de solo cultivado com feijoeiro em sucessão a plantas de cobertura em casa de vegetação, em função do dobramento da interação remineralizador (F1) e plantas de cobertura (F2): (a) acidez potencial (H+Al); (b) soma de bases (SB); (c) capacidade de troca catiônica (CTC).

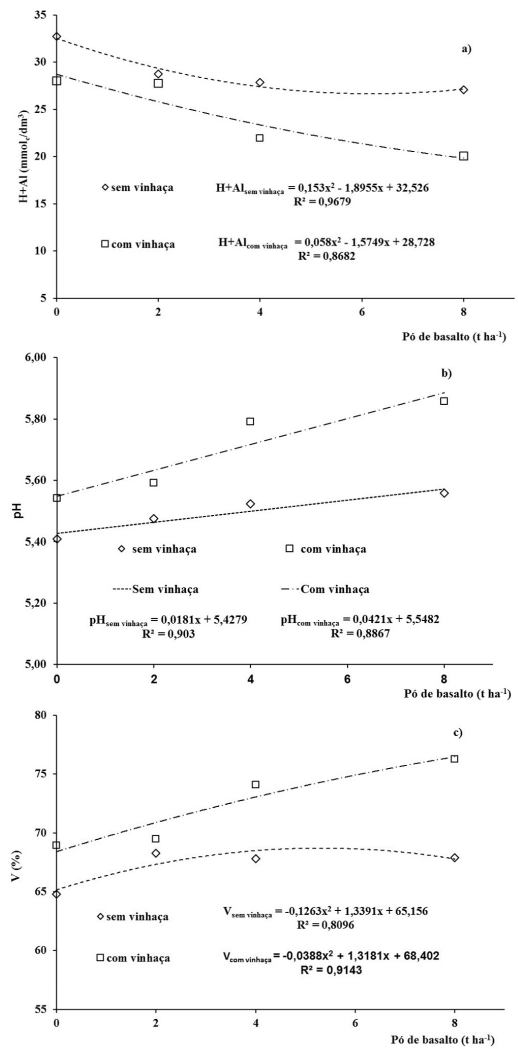


Figura 2. Efeito em atributos químicos de solo cultivado com feijoeiro em sucessão a plantas de cobertura em casa de vegetação, em função do dobramento da interação remineralizador (F1) e vinhaça (F3): (a) acidez potencial (H+Al); (b) pH; (c) saturação por bases (V).

Klamt, 1998; Ribeiro et al., 2010; Melo et al., 2012; Martins et al., 2015). No presente trabalho, plantas de cobertura e vinhaça foram alternativas para potencializar a solubilização de minerais contidos no remineralizador e o feijoeiro foi utilizado como cultura extratora. A utilização de um solo com características adequadas para o cultivo do feijão permitiu avaliar a substituição insumos convencionais por alternativos.

CONCLUSÕES

A vinhaça contribui para a alteração de minerais contidos em pó de basalto, proporcionando aumento do pH e da saturação por bases e diminuição da acidez potencial. Doses de pó de basalto e de vinhaça, associadas a milho e crotalaria cultivados em solo com fertilidade corrigida e adequada para o cultivo do feijoeiro, proporcionaram efeitos positivos nos valores de pH, acidez trocável e saturação por bases.

Em presença de braquiária houve diminuição da soma de bases e da capacidade de troca catiônica com aumento da dose de remineralizador.

Feijoeiro cultivado em sucessão a plantas de cobertura cultivadas com pó de basalto e vinhaça pode viabilizar a transição de um sistema de manejo convencional da adubação de solo para um manejo com insumos alternativos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro. Aos revisores que, de forma anônima, fizeram contribuições importantes.

REFERÊNCIAS

BRAZ, A.J.B.P., SILVEIRA, P.M., KLIEMANN, H.J. & ZIMMERMANN, F.J.P., 2004 [acesso em 16 junho 2017]. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical* [online], vol. 34, no. 2, pp. 83-87. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253025900003>

ESCOSTEGUY, P.A. & KLAMT, E., 1998. Basalto moído como fonte de nutrientes. *Revista Brasileira de*

Ciência do Solo, vol. 22, no. 1, pp. 11-20. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000100002>.

ESPINDOLA, J.A.A., ALMEIDA, D.L. & GUERRA, J.G.M., 1997 [acesso em 16 junho 2017]. *Benefícios da adubação verde sobre a simbiose micorrízica e a produtividade da batata-doce* [online]. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 6 p. Comunicado Técnico, no. 14. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR19971623563>.

GRAYSTON, S.J., VAUGHAN, D. & JONES, D., 1997. Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plants: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability. *Applied Soil Ecology*, vol. 5, no. 1, pp. 29-56. [http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00126-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00126-6).

GUELFILVA, D.R., MARCHI, G., SPEHAR, C.R., GUILHERME, L.R.G. & FAQUIN, V., 2013. Agronomic efficiency of potassium fertilization in lettuce fertilized with alternative nutrient sources. *Revista Ciência Agrônômica*, vol. 44, no. 2, pp. 267-277. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000200008>.

KÄMPF, N., CURTI, N. & MARQUES, J.J., 2009. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: V.F. MELO & L.R.F. ALLEONI, eds. *Química e mineralogia do solo. Parte 1: conceitos básicos*. Minas Gerais: SBCS, pp. 333-380.

LEONARDOS, O.H., THEODORO, S.H. & ASSAD, M.L., 2000. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 56, no. 1, pp. 3-9. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009855409700>.

LOPES, O.M.M., CARRILHO, E.N.V. & LOPES-ASSAD, M.L.R.C., 2014. Effect of rock powder and vinasse on two types of soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 38, no. 5, pp. 1547-1557. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000500020>.

MARTINS, J.C., MARTINS, E.S. & REATTO, A., 2004 [acesso em 16 junho 2017]. *Revisão de intemperismo de miccas* [online]. Planaltina: Embrapa Cerrados. 48 p. Disponível em: http://bbeletronica.epac.embrapa.br/2004/doc/doc_123.pdf

MARTINS, V., SILVA, D.R.G., MARCHI, G., LEITE, M.C.A., MARTINS, É.S., GONÇALVES, A.S.F. &

- GUILHERME, L.R.G., 2015. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, no. 1, pp. 194-204. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150587>.
- MARQUES, M.O., 2006. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: S.V. SEGATO, A.S. PINTO, E. JENDIROBA & J.C.M. NÓBREGA, orgs. *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP2, pp. 369-376.
- MELO, V.F., UCHÔA, S.C.P., DIAS, F.O. & BARBOSA, G.F., 2012. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. *Acta Amazonica*, vol. 42, no. 4, pp. 471-476. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000400004>.
- MORETI, D., ALVES, M.C., VALÉRIO FILHO, W.V. & CARVALHO, M., 2007. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, no. 1, pp. 167-175. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000100017>.
- PACHECO, L.P., LEANDRO, W.M., MACHADO, P.L.O.A., ASSIS, R.L., COBUCCI, T., MADARI, B.E. & PETTER, F.A., 2011. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 46, no. 1, pp. 17-25. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100003>.
- RAIJ, B.V., ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico. 285 p.
- RIBEIRO, L.S., SANTOS, A.R., SOUZA, L.F.S. & SOUZA, J.S., 2010. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, no. 3, pp. 891-897. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300030>.
- RODELLA, A.A., 1983. Métodos de análise de solo, tecido vegetal, vinhaça e torta de filtro. In: ORLANDO FILHO, J. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba: PLANALSUCAR, pp. 351-368.
- SILVA, D.R.G., MARCHI, G., SPEHAR, C.R., GUILHERME, L.R.G., REIN, T.A., SOARES, D.A. & ÁVILA, F.W., 2012. Characterization and nutrient release from silicate rocks and influence on chemical changes in soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 36, no. 3, pp. 951-962. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000300025>.