

CAPÍTULO 9

PROCESSO DE PELETIZAÇÃO E BRIQUETAGEM DO CÁLCARIO: FASE 1: CONSTRUÇÃO FÍSICO HÍDRICA DO SOLO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.83515251206>

Data de aceite: 09/07/2025

Marcos de Oliveira Barradinho

INTRODUÇÃO

Com a crescente crise mundial vivida em 2016 por vários países desenvolvidos mas que afetou principalmente os países em desenvolvimento com destaque para os países participantes do BRIX, o Brasil sem dúvida alguma vem enfrentando sérios problemas econômicos afetados pela má gestão e acirrados pelas políticas públicas descontroladas e agravados pelo cenário político. Nessa perspectiva brasileira o único setor em expansão tem sido a agricultura brasileira, que mesmo sem qualquer forma de incentivo ou políticas públicas de auxílio se comparadas aquelas praticadas por países como os Estados Unidos, vem promovendo o crescimento dos patamares de produção e produtividade na maioria das commodities permitindo uma estabilidade frente a outros setores econômicos.

Uma das ferramentas utilizadas pelo Brasil é o avanço nas tecnologias de produção e no avanço do conhecimento científico promovido principalmente por Universidades, Institutos Federais e órgão de pesquisa como a Embrapa. Sem dúvida nenhuma com a inserção dos corretivos de solo e adubação consciente das culturas associado a manejos de solos e culturas vem permitindo a produção cada vez maior sem a necessidade de se fazer práticas como o desmate e a destruição de recursos naturais.

Dentre estas tecnologias mencionadas temos o uso de corretivos de solo como o calcário bastante difundido e aplicado devido aos benefícios promovidos ao solo tais como a diminuição da acidez e o fornecimento de cálcio e magnésio as plantas. Graças ao avanço de técnicas e estudos a sua aplicação e uso já é bastante conhecida e largamente utilizada, sendo assim vivemos hoje uma nova fase do avanço científico que é o aproveitamento de rejeitos que antes geravam problemas e agora partem para solução destes problemas.

Na mineração de calcário um dos produtos é o rejeito classificado como calcário filler que nada mais é do que o pó muito fino resultado do processamento da indústria de produção da rocha calcária, sendo este por sua granulometria muito fina gerador de particulados que afetam as cidades poluindo o ar prejudicando o aspecto físico de áreas no entorno das indústrias causando doenças as pessoas e prejudicando o Meio Ambiente. Além disso devido a sua baixa granulometria não há uso para a agricultura devido a sua reatividade muito alta promovendo no início de sua aplicação a elevação rápida do ph e perda de propriedades também muito aceleradas acarretando transtornos a planta.

Esse problema tem encontrado solução no processo de aglomeração que consiste em agregar esse material e retorná-lo a capacidade de uso na agricultura. Basicamente temos dois processos bastante difundidos que é a briquetagem e a pelotização muito difundidos na indústria metal mecânica principalmente na mineração de minério de ferro e carvão mineral.

OBJETIVOS

Com a crescente crise econômica mundial países subdesenvolvidos como o Brasil têm sofrido consequências severas incrementadas por problemas políticos e econômicos internos. Nesse cenário o setor agrícola é o único em expansão e incrementador do PIB. O avanço nas tecnologias associado às técnicas modernas da agricultura tem permitido esse crescimento sendo o uso de corretivos agrícolas uma delas. O uso de corretivos já é bastante difundido, porém o reaproveitamento de rejeitos tem sido uma nova tecnologia em expansão dentre elas a briquetagem de finos de calcário.

O objetivo do trabalho foi verificar o uso do briquete associado a disposição de fósforo no percolado e no solo. O experimento foi realizado no município de Patos de Minas, MG com quatro repetições, sendo montadas colunas de lixiviação de 400 mm de altura por 100 mm de diâmetro enchidas com um latossolo vermelho amarelo distrófico. Foi aplicado um DBC com 3 disposições de aplicação de calcário sendo testemunha sem aplicação de calcário, com a dose de calcário (método SMP) aplicado em todo o perfil e com um briquete de calcário (toda a dose para a coluna) a 5 cm de profundidade e duas quantidades de fósforo 90Kg/ha de P₂O₅ e 135 Kg/ha de P₂O₅. Foram aplicados 1600 mm divididos em 20 semanas. Após cada percolação a água era recolhida e disposta em frasco âmbar acondicionada e enviada para o laboratório. Foi montada uma amostra composta com todos os resultados percolados durante as 20 semanas.

As análises químicas foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1997) sendo que os níveis de fósforo não puderam ser detectados por nenhum extrator mesmo na dose mais alta. Apesar de não ter havido a detecção de fósforo nos percolados houve um aumento na concentração de fósforo final no solo sendo perceptível o desbalanço entre a concentração inicial de fósforo disponível e a concentração final se considerarmos o volume aplicado nos tratamentos. Provavelmente desse desbalanço tenha ocorrido pela adsorção bastante acentuada nas partículas de argilominerais e complexação do fósforo.

A disponibilidade de fósforo varia com o teor de argila do solo CFSEMG (1999) e portanto nos tratamentos onde ocorreu a aplicação de calcário em todo o perfil propiciou ao solo uma aumento de pH próximo a 7,0 aumentando a disponibilidade de P e nos tratamentos onde não ocorreu essa aplicação em condições ácidas ocorre a reação do H₂PO₄ com formas iônicas e de alumínio, formando compostos de baixa solubilidade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia-Campus Patos de Minas em parceria com o Laboratório de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Goiás no campus Catalão em Goiás. Foi utilizado como material base da pesquisa um corretivo de solo caracterizado como calcário Filler devido a baixíssima granulometria. Uma amostra do calcário foi enviada para análise química, realizada pelo Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, doado pela empresa Cala Calcário Lagamar localizado na cidade de Lagamar-MG, comercializado como subproduto da exploração de calcário já que possui uma granulometria muito fina e praticamente não possui uso agrícola devido a alta reativa e baixa permanência no solo. Esse resíduo é proveniente do beneficiamento de dolomitos estromatolíticos da Formação Mata da Corda, do Proterozóico médio, situados no noroeste de Minas Gerais.

Em outro experimento foi realizado a briquetagem do calcário filler com as características descritas na tabela 1. Cada briquete foi compactado com 7,5% em volume de água e compactado em um molde conforme figura 1. Para testar o efeito da adição de fósforo e potássio foi acrescido a cada briquete além dos 16g de calcário adubação conforme disposto nos tratamentos conforme tabela 1. Após a confecção dos briquetes foi realizados testes de aplicação prática dos mesmos como condicionante de solo.



Para implementar um acréscimo ao trabalho foi realizado além da análise de correção do solo um acréscimo de fósforo e potássio a alguns tratamentos sendo a proposta a diminuição do consumo destes fertilizantes na agricultura com a diminuição da adsorção de fósforo pelo solo e de lixiviação do potássio já que o briquete vai se desfazendo lentamente. O experimento consistiu dos tratamentos conforme quadro 1 onde buscou-se analisar a velocidade de dissolução do briquete, o fornecimento de cálcio e magnésio e a velocidade de fornecimento de potássio e fósforo.

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1 (testemunha):	Solo natural apenas peneirado
T2	Solo natural corrigido com calcário em todo o perfil.
T3	Solo natural corrigido com briquete de calcário
T4	Solo natural com adição de fósforo e potássio na concentração de 90 Kg/ha de Pe_2O_5 e 80 Kg de K_2O
T5	Solo natural com adição de fósforo e potássio na concentração de 90 Kg/ha de Pe_2O_5 e 80 Kg de K_2O parcelado em 2 aplicações
T6	Solo natural com adição de fósforo e potássio na concentração de 135 Kg/ha de Pe_2O_5 e 120 Kg de K_2O
T7	Solo natural com adição de fósforo e potássio na concentração de 135 Kg/ha de Pe_2O_5 e 120Kg de K_2O parcelado em 2 aplicações
T8	Solo natural corrigido com calcário no perfil com adição de fósforo e potássio na concentração de 90 Kg/ha de Pe_2O_5 e 80 Kg de K_2O
T9	Solo natural corrigido com calcário no perfil com adição de fósforo e potássio na concentração de 90 Kg/ha de Pe_2O_5 e 80 Kg de K_2O parcelado em 2 aplicações
T10	Solo natural corrigido com calcário no perfil com adição de fósforo e potássio na concentração de 135 Kg/ha de Pe_2O_5 e 120 Kg de K_2O
T11	Solo natural corrigido com calcário no perfil com adição de fósforo e potássio na concentração de 135 Kg/ha de Pe_2O_5 e 120Kg de K_2O parcelado em 2 aplicações
T12	Solo corrigido com briquete com adição de fósforo e potássio na concentração de 90 Kg/ha de Pe_2O_5 e 80 Kg de K_2O

Quadro 1: Tratamentos presentes no experimento

As unidades experimentais foram compostas por colunas montadas em tubos de PVC de 100 mm de diâmetro com 40 cm de altura cada uma. Considerando os tratamentos dispostos no quadro 1 e 4 repetições para cada o experimento teve um total de 48 unidades experimentais dispostas ao acaso. No fundo das colunas, foram fixadas telas de nylon com malha de 1 mm, além de um gradiente textural de brita e areia grossa para evitar perdas de solo e de material a ser coletado. O material do solo utilizado no experimento foi coletado do horizonte Bw (1,8 – 2,3 m) de um solo classificado, de acordo com a EMBRAPA (2006), como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, muito argiloso, localizado na cidade de Patos de Minas-MG com características físico-químicas conforme tabela 2.

Ataque pelo H_2SO_4 (Densidade $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ SiO_2/O_3 Granulometria = 1,50)

	Ki	Kr							
<u>$\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3\text{TiO}_2\text{P}_2\text{O}_5$</u>			<u>Areia grossa</u>	<u>Areia fina</u>	<u>Silte</u>	<u>Argila</u>			
			<u>g. Kg⁻¹</u>		<u>g. Kg⁻¹</u>				
59	265	304	15	4	0,22	0,25	140	50	300
MO	Dp	Ds	VTP	Microporo	Macroporo	CC			
g. Kg ⁻¹							M3.m3		
26	2,71	1,10	0,59	0,42	0,17	0,49			

O solo foi seco ao ar, destorrado e passado em peneira de malha de 4 mm. Cada coluna foi cuidadosamente preenchida com cerca de 7,85 Kg desse solo. Em vez do horizonte superficial do solo, escolheu-se o horizonte subsuperficial, por apresentar baixo teor de matéria orgânica, isolando assim a possível interferência da matéria orgânica nativa do solo no efeito dos tratamentos. Os resultados das análises de caracterização do solo, feitas de acordo com métodos-padrão da EMBRAPA (1997).

O experimento teve 3 fases sendo o primeiro o convencional, ou seja o calcário foi aplicado em toda a camada de 0-40cm do solo na coluna, misturado e deixado para reagir durante 30 dias. Posteriormente a este período toda a adubação foi aplicada de uma única vez a 5 cm de profundidade.

A segunda fase consistiu que a aplicação de calcário foi realizada misturando todo ele ao solo, o calcário, o adubo potássico e fosfórico reunidos e prensados em prensa hidráulica em formas conforme a figura 2 produzindo comprimidos da mistura que foram posteriormente adicionados na camada de 0-20 cm do solo e deixados por 30 dias para reação.

E o terceiro tratamento foi a testemunha constituída apenas do solo sem qualquer correção ou adubação. Sendo que nos tratamentos onde a adubação foi parcelada a mesma foi aplicada 45 dias após a primeira aplicação.

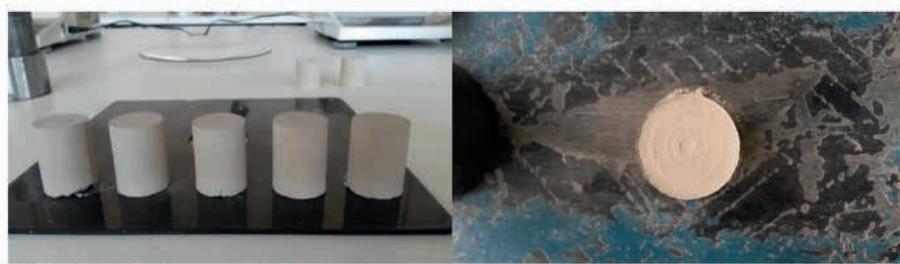


FIGURA 1: Briquete utilizado no experimento.

Cada um dos tratamentos acima, com exceção da testemunha, teve duas parcelas diferentes de adubação sendo uma com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato simples, e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl, e outras duas parcelas com 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato simples, e 120 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl.

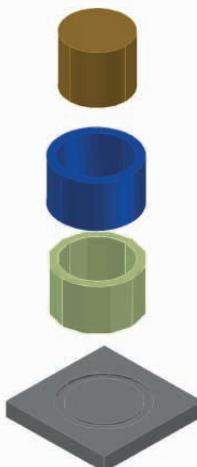


FIGURA 2: Molde para fabricação dos comprimidos com calcário e adubação

O solo fertilizado foi acomodado de forma a ser estabelecida uma densidade próxima às condições ideais de campo para implantação de culturas próxima de 1,2 g/cm³. As colunas com solo foram colocadas em suportes de madeira de forma que fiquem suspensas do chão. Durante 16 semanas seguidas, uma quantidade semanal de água referente a 100 mm de chuva será aplicada, totalizando 1.600 mm ao término desse período. Em cada aplicação, a solução percolada foi recolhida em provetas e teve o volume determinado sendo o tempo total do experimento de 120 dias.

Posteriormente, foi filtrada e armazenada sob refrigeração ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) em frascos âmbar. A quantidade de K percolada foi determinada por meio da leitura dos teores de K e P em Espectrofotômetro de Absorção Atômica. Após a última aplicação de água e escorrimento do excesso de solução, as colunas foram desmontadas e separadas em quatro partes, com o objetivo de obter amostras de quatro profundidades, ou seja, 0–5, 5–10, 10–20 e 20–50 cm. O solo coletado de cada profundidade, seco naturalmente, foi passado em peneira de malha de 2 mm, com posterior determinação dos teores de K trocável (Raij et al., 2001) e K não-trocável (Knudsen, 1982) e fósforo além de pH e teor de cálcio e magnésio.

Foram feitas análises de regressão e ajustes de equações lineares e quadráticas significativas até 5 % de probabilidade pelo teste F. Também foram realizados estudos de correlação entre o teor inicial de K, referente ao efeito residual de cada dose, com o acréscimo ou decréscimo de K por camada, após simulação de chuva. Esses testes foram efetuados considerando-se as formas trocável e não-trocável de K no solo e igualmente testados para fósforo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O calcário utilizado no experimento foi caracterizado físico e quimicamente como rejeito da indústria de mineração calcária devido a sua granulometria muito fina e alta reatividade o que para fins agrícolas não é interessante já que ocorre uma reação muito rápida no solo o que pode promover um aumento excessivo do ph e uma disponibilização muito rápida de cálcio e magnésio fazendo com que num momento a planta sofra danos provocados pelo excesso e ao longo da cultura falta por perdas rápidas.

O calcário foi classificado como dolomítico pela Associação Nacional de Difusão de Adubos por possuir concentração de óxido de magnésio (MgO) superior a 5%. A classificação foi obtida baseando-se no teor de óxido de magnésio (Calcítico: < 5% MgO , Dolomítico: $\geq 5\%$ MgO) e o grupo quanto ao PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) - grupo D (>90%). A classificação foi obtida baseando-se no teor de óxido de magnésio (Calcítico: < 5% MgO , Dolomítico: $\geq 5\%$ MgO) e o grupo quanto ao PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) - grupo D (>90%) (ANDA,2000).

Através da análise realizada permitiu-se concluir que, pela média dos três testes, que uma quantidade de material superior a 90% possui granulometria passante na peneira de 500#, evidenciando-se assim as dimensões extremamente pequenas das partículas de calcário utilizado nos ensaios de aglomeração.

Ocorreram diferenças estatísticas entre as percolações e entre os tratamentos apenas para a variável ph (Tabela 2). Nos tratamentos em que o calcário foi aplicado em todo o perfil promoveram uma elevação do ph sendo um resultado já esperado considerando que trata-se de um processo bastante utilizado e difundido na agricultura que é a aplicação de calcário para elevação do ph (ALVES et. al. 1999). Esperava-se uma diferença entre os tratamentos com a adição do briquete ao perfil o que não foi constatado gerando um questionamento elucidado no momento da desmontagem do experimento.

O briquete de calcário mesmo depois de 20 percolações não se dissolveu o bastante para liberar o calcário o que promoveria a elevação do ph e o fornecimento de cálcio e magnésio. Apesar de não ter ocorrido diferenças estatísticas entre os tratamentos, com exceção apenas do ph, a percolação de nutrientes foi matematicamente menor nos tratamentos com calcário aplicado de forma convencional (Tabela 2). A falta de desagregação do biquete pode ser estar diretamente associada ao fato de que a granulação via úmida gera grande percentual de particulados com a granulometria pretendida (FAURE et. al 2001).

Como o calcário Filler é um subproduto com partículas de menores tamanhos há um empacotamento das partículas de forma desordenada devido a elevada superfície específica das partículas (OLIVEIRA et al 2000; CASTRO, PANDOLFELLI 2009), no entanto há uma quantidade maior de carga elétrica promovendo uma força de coesão bastante elevada entre as partículas promovendo uma agregação muito forte o que afeta diretamente a dureza do briquete e o tempo de desintegração (MAZURANA, M. 2011).

Quanto a percolação dos nutrientes estudados está os níveis de fósforo detectados apenas pelo extrator da Resina sendo impossível a detecção usando extrator Melich. Os níveis de fósforo foram detectados apenas nos tratamentos onde não foi aplicado calcário no perfil e o calcário no briquete ocorrendo principalmente nas 5 primeiras percolações, obtendo resultados detectáveis no percolado possivelmente devido ao alto nível de adubação aplicado aos tratamentos que somados ao fato do solo ter uma diferença entre a CTC efetiva e a CTC a ph 7 esse nutriente ficou na solução do solo e uma pequena parte associou-se a água de percolação precipitando além do fato de que o baixo nível inicial de fósforo ao solo tenha contribuído.

Para o tratamento onde o calcário foi aplicado no perfil não houve detecção de fósforo no percolado mas um grande aumento do nível desse nutriente no solo após o experimento sendo perceptível o desbalanço entre a concentração inicial de fósforo disponível e a concentração final se considerarmos o volume aplicado nos tratamentos (Soares et al 2006). Provavelmente desse desbalanço tenha ocorrido pela adsorção bastante acentuada nas partículas de argilominerais e complexação do fósforo (WALKER et al 2004; VALLADARES et al 2003) ou pelo aumento da CTC havendo um incremento na capacidade de absorção de nutrientes. Uma grande parte do fósforo aplicado ficou retido na matriz do solo o que já era esperado devido a textura do solo por se tratar de um solo argiloso, com baixo valor de P inicial (ALMEIDA et al 2003; ANDRADE et al 2003). Isso pode ser explicado devido a presença de minerais de argilas e ou óxidos de Fe e Al que podem reduzir a mobilidade deste nutriente no perfil, sendo esperado uma mobilidade para os tratamentos que receberam calcário em todo o solo, porém é possível que o baixo teor inicial associado com alta retenção tenham determinado a retenção de P no solo (GUILLHERME et al 2000; BORGGAARD 2004; Alves 2002 e Boreal et al 2003).

No que tange o potássio a alta concentração de K já era esperada para todos os tratamentos devido a alta concentração de potássio e a alta solubilidade e mobilidade Lo Monaco et al. (2009). Os aumentos da concentração do íon no percolado foi proporcional as doses aplicadas o que corrobora com Queiroz et al. (2004), aplicando água residuária de suínos em áreas cultivadas com capim, observou aumento na concentração de potássio trocável, na profundidade do solo de 0,20 m. A quantidade máxima de percolação foi de 235,08 mg/coluna nos tratamento T14 (quadro 3) o que é bastante superior se compararmos ao trabalho realizado por Flora et al. 2007 que encontrou para um solo com mesmo teor de argila aproximadamente 36% a quantidade máxima de 55mg por coluna com 35 cm de altura e 50 mm de diâmetro, no entanto a coluna utilizada no trabalho é de 40 cm de altura e 100 mm de diâmetro e foi aplicado um total de 1600 mm ao invés de 800mm do autor.

Para a dose de 120 Kg/ha de K₂O promoveu a maior intensidade de lixiviação independentemente do número de percolações, apesar de haver um decréscimo na quantidade lixiviada até mesmo devido a diminuição na concentração do nutriente no solo. Percebe-se porém nos tratamentos com parcelamento da adubação uma diminuição da

quantidade lixiviada o que para uma cultura anual poderia ocorrer um desbalanço entre a necessidade da planta e a aplicação desse fertilizante. Se considerarmos a quantidade de K inicial do solo e necessidade da maioria das culturas percebe-se que a quantidade de adubação potássica aplicada ao solo é bastante excessiva se considerarmos que para a maioria das culturas a recomendação é de 80 Kg/há Rosolem et al. (2006), Borkert et al. (1997a,b).

Por se tratar de um calcário dolomítico com concentração de 11,1 % de magnésio e a concentração inicial do solo utilizado já ser bastante elevado houve um aumento considerável do elemento químico ao solo padrões retirados pelo a Cfsempg (1999) o que pode acarretar as plantas deficiência de ferro e de zinco (CARLI,2008 ; ROMHELD, 2001) o que foi melhorado naqueles tratamentos que receberam calcário em todo o perfil devido a diminuição da toxicidade devido aumento do PH do solo

Comportamento semelhante aconteceu ao cálcio que haja visto que as perdas por percolação foram baixas porém houve um aumento na quantidade final do solo. Além disso, o Ca e o Mg adicionados pela calagem determinam baixa mobilidade no perfil haja visto que os ânions provenientes da reação do calcário no solo (carbonatos, bicarbonatos, óxidos e hidróxidos) não tendem a não permanecer por muito tempo na solução do solo, uma vez que reagem rapidamente com os ácidos presentes no solo. Com isso, a quase totalidade do Ca e do Mg adicionados pela calagem migram para as cargas negativas criadas ou desocupadas pelo aumento do pH (ALBUQUERQUE,2000; ERNANI, 2001a).

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não ocorreu a dissolução do briquete de calcário e portanto não foi possível estudar os efeitos esperados.

Os níveis de percolado de fósforo são praticamente insignificantes e talvez tenha ocorrido apenas pelo excesso de adubação e pouco tempo de experimento.

Os níveis de potássio percolado estão dentro dos padrões preconizados pela literatura.

Os percolados de cálcio e magnésio estão dentro dos padrões da literatura o que já era esperado devido a baixa mobilidade destes íons no calcário.

REFERÊNCIA

CARVALHO, E. A.; BRINCK, V. Briquetagem. Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação de Processos Minerais – COPM, Rio de Janeiro, 2010.

NAHASS, S.; SEVERINO, J. Calcário Agrícola no Brasil. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 2003.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. Revista Biociências, Taubaté, v.9, n.3, p.7-16, jul.-set. 2003.

SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. Rochas e Minerais Industriais. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. 2º edição. Capítulo 15, Calcário e Dolomito Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

VOLKWEISS, S. J.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H. & ANGHINONI, I. Absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo submetidas à toxidez de alumínio. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:373-378, 2003.

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R. & FONTANA, E.C. Propriedades físicas e eletroquímicas de um latossolo Bruno afetadas pela calagem. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 24:295-300, 2000.

ADAMS, J.F.; ODON, J.W. Effects of pH and phosphorus rates on soil-solution phosphorus and phosphorus availability. **Soil Science**, v. 140, p.202-205. 1985.

ALMEIDA, J. A., TORRENT, J. AND BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.985-1002. dez./ 2003.

ALVAREZ, V. H. & FONSECA, D. M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, 14:49-55, 1990.

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRAÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VEIRA, J. R. e LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** : 5. aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.

ALVES, M.E. Atributos mineralógicos e eletroquímicos, adsorção e dessorção de sulfato em solos paulistas. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

ANDA (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS), BT 4 - Uso Eficiente de Fertilizantes e Corretivos Agrícolas Aspectos Agronômicos 3º Edição 2000.

ANDRADE, F. V., MENDONCA, E. S., ALVAREZ, V. H. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, nov./dez. 2003, vol.27, no. 6, p.1003-1011.

BARREAL, M. E.; ARBESTAIN, M. C.; MACÍAS, F. Chemical properties and soil color of some Oxisols from Brazil and Spain in relation to sulfate sorption. **Soil Science**. v. 168, n. 10, p. 718-729, out., 2003.

BEN, J., R. & DECHEN, A. R. Comportamento de genótipos de trigo em relação a fósforo no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:77-82, 1996.

BORGGAARD, O. K.; SZILAS, C.; GIMSING,A.L.;RASMUSSEN,L.H. Estimation of soil phosphate adsorption capacity by means of a pedotransfer function. **Geoderma**.Wagenigen, v. 118, p.55-61, 2004.

BORLING, K. Phosphorus sorption, accumulation and leaching – Effects of long-term inorganic fertilization of cultivated soils. Uppsala, 2003. 39p. Tese (Doctoral of Agricultural Sciences). Swedish University of Agricultural Sciences.

BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F. & SPOLADORI, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32:1119-1129, 1997b.

CARLI, V.A (2008) Avaliações fisiológicas, bioquímicas e histoquímicas de *Ipomoea pes-caprae* cultivada em diferentes concentrações de ferro. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, (UFV), Viçosa, MG.

CARVALHO, M. M.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, F. T. T. & MARTINS, C. E. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. *R. Bras. Ci. Solo*, 12:153-159, 1988.

CASTRO, A. L., PANDOLFELLI, V. C. (2009) Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Cerâmica*, 55, 18-32.

COSTA, N. L., PAULINO, V. T. & SCHAMMAS, E. A. Produção de forragem, composição mineral e nodulação do guandu afetadas pela calagem e adubação fosfatada. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:51-58, 1989.

DJODJIC, F; BERGSTRO, L. M. Phosphorus losses from arable fields in Sweden - effects of field-specific factors and long-term trends. *Environmental Monitoring and Assessment*, Dordrecht, v. 102, p. 103-117, 2005.

ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. *Pesq. Agropec. Bras.*, 26:1309-1314, 1991.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L. & CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento do milho. *R. Bras. Ci. Solo*, 24: 537-544, 2000.

ERNANI, P. R., BAYER, C., FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:897-904, 2001.

ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F.R. & NESI, C. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA – FAEPE, 2005. 183p.

FAURE, A.; YORK, P.; ROWE, R.C. Process control and scale-up of pharmaceutical wet granulation process: a review. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, v.52, p 269-277, 2001.

FLORA, L.P.D.; ERNANI, P.R. & CASSOL, P.C. Mobilidade de cátions e correção da acidez de um cambissolo em função da aplicação superficial de calcário combinado com sais de potássio. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1591-1598, 2007.

FORTUNE, S. et all - Assessment of phosphorus leaching losses from arable land. *Plant and Soil.*, Dordrecht, v. 269, p. 99-108, 2005.

FREITAS, J. G., CANTARELLA, H., CAMARGO, C. E. O., FERREIRA FILHO, A. W. P. et al. Resposta ao calcário e ao fósforo de genótipos de trigo com diferentes tolerâncias ao alumínio. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*, v.35, n.3, p.557-566, mar. 2000.

GUILHERME, L. R. G.; CURI, N & GUEDES, G. A.A. Calagem e disponibilidade de fósforo para o arroz irrigado cultivado em casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, 13:341- 347, 1989.

GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; RENÓ, N.B.; MACHADO, R.A.F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, p.24-37, 2000.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. & SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 573-580, 2005.

LO MONACO, P.A.; MATOS, A. T. P. MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, D. E.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Revista Irriga, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo**. 10a. edição. 400p. Porto Alegre, 2004.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARIA, I.C.; ROSSETTO,R. AMBROSANO, E.J.; CASTRO, O.M; NEPTUNE, A.M.L. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. Ciência Agrícola, Piracicaba, v.50, n.1, p. 87-98, Maio 2003.

MAZURANA, M. Atributos físicos, mineralógicos e matéria orgânica de solos relacionados à capacidade de suporte de carga. Tese de Mestrado. Porto Alegre 2011.

MELLO, J. W. V.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, A. C & NOVAIS, R. F. Inundação e calagem em solos de várzea: II. Adsorção/precipitação de fosfatos. **R. Bras. Ci. Solo**, 16:319-324, 1992.

MIELNICKZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração: Experiências brasileiras. In: YAMADA, T.; MUZZILLI, O. & USHERWOOD, N.R., eds. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.289-303.

MIOLA, G. L.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Teor de água do solo na extração de fósforo por papel impregnado com óxido de ferro. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 721-723, 2000.

MUNOZ HERNANDEZ, R.J.; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Sci. Agric., Piracicaba.**, 55(1):79-85, jan/abr. 1998.

MURPHY, J. & RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, 27: 31-36, 1962.

NAIDU, R.; SYERS, J.K.; TILLMAN, R.W. & KIRKMAN, J.H. Effect of liming and added phosphate on charge characteristics of acid soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, 41:157-164, 1990.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG. UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA,I. R., STUDART,A. R., PILEGGI,R. G., PANDOLFELLI,V. C. Dispersão e empacotamento de partículas – princípios e aplicações em processamento cerâmico, Fazendo Arte Editorial, S. Paulo, SP (2000).

PESSOA, A. C. S.; KAMINSKI, J.; CASSOL, L. C.; RHEINHEIMER, D. S. Efeito do calcário, do fósforo e do zinco no rendimento de pensacola. **Ciência Rural**, v. 24, n. 1, p. 35-39, 1994.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, F. A. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 77-90, 2004.

RHEINHEIMER, D. S.; PETRY, C.; BISPO Jr., J. R.; KAMINSKI, J. Alterações no sistema radicular e concentração de fósforo em tremoço azul provocadas por alumínio. **Ciência Rural**, v. 22, n. 1, p. 11-14, 1992.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Resposta do capim-pensacola à adubação fosfatada e à micorrização em solo com diferentes valores de pH. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 18:201-205, 1994.

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. L.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba, MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 28, p. 953-964, 2004.

ROMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, p. 71-85. 2001.

ROSOLEM, C. A., MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Sci. Agric., Piracicaba.**, 55(3):448-455, set/dez. 1998.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:1033-1040, 2006.

SALINAS, J.G; SANCHEZ, P.A. Tolerance to aluminum toxicity and low available phosphorus. **Annual Report, 1975**, North Carolina, p. 40-65, 1976.

SATO, S.; COMERFORD N. B. Influência do ph do solo na adsorção e dessorção de fósforo num ultisol úmido brasileiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.685 - 694, 2005.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J.; BAIN, W. R. Nitrogen and phosphorus fate from long-term poultry litter applications to Oklahoma soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 57, p. 1131- 1137, 1993.

SHARPLEY, A. N.; McDOWELL, R. W.; KLEINMAN, P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environment management. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.237, p. 287-307, 2001

SILVA, C. A. da; ROCHA, J. D. Estudo técnicoeconômico da compactação de resíduos. 2007. 156p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, D. J.; ALVARENGA, R. C.; ALVAREZ V. H. & SOARES, P. C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 17:203-209, 1993.

SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an Oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.500-504, 1980.

SOARES, M. R. ; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; Modelos descriptivos de íons em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo Boletim informativo, v. 31, n.2, p. 46 – 50, 2006.

TEDESCO, M.J; VOLKWEISS, S.J; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia**, Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 188p. (Boletim Técnico, 5).

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 1, p.111-118, 2003.

VIDOR, C. & FREIRE, J.R.J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agr. Sulriog.*, 7:181-190, 1972.

VILELA, L. & ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. *R. Bras. Ci. Solo*, 8: 91-96, 1984.

VENDRASCO, L.; YAMAJI, F. M. Normas técnicas nas indústrias brasileiras de briquetes. 2009. Anais do 17º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP, Pirassununga. Anais. Pirassununga, Editora: USP, 2009.

VOLKWEISS, S. J. Química da acidez dos solos. In: **Anais do II Seminário sobre Corretivos da Acidez do Solo**. Santa Maria, RS. Abril de 1989. 224 p.

WALKER, D. J.; CLEMENTE, R.; BERNAL, M.P. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album* L. in a soil contaminated by pyritic mine waste. *Chemosphere*, Oxon, v. 57, n. 3, p. 215-224, Oct. 2004.