



XXXI
CONGRESSO
BRASILEIRO
DE CIÊNCIA
DO SOLO

CONQUISTAS
& DESAFIOS
da Ciência do
Solo brasileira



De 05 a 10 de agosto de 2007 Serrano Centro de Convenções - Gramado-RS

Alterações de atributos químicos do solo em decorrência da aplicação de escória de siderúrgica

E.C. BRASIL⁽¹⁾, E.L. SILVA⁽²⁾ & K.C.R. SILVA⁽³⁾

RESUMO - A escória é um resíduo gerado durante o processo de fundição do aço do ferro gusa. Possui constituintes neutralizantes, como Ca, Mg e Si, e o seu uso agrícola como alternativa ao tradicional calcário, ainda tem a vantagem de diminuir o impacto ambiental em torno das indústrias produtoras de ferro e aço. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de escória de siderúrgica sobre as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Distrófico, em comparação com calcários empregados tradicionalmente na correção da acidez do solo. Realizou-se o estudo da curva de neutralização da escória comparando-se com o calcário calcítico e o dolomítico, que serviram de controle de comparação. As amostras foram coletadas da camada superficial (0-20 cm). Os corretivos foram aplicados a quatro níveis de saturação por bases (60%, 80%, 100% e 120%) e as misturas foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 300 cm³. O material ficou encubado por um período aproximado de 20 dias. Todos os corretivos promoveram aumento no valor do pH em água, em função da aplicação de doses crescentes dos produtos. A escória apresentou maior solubilidade, já que foram observadas as menores variações de pH do solo. A menor dose aplicada de todos os corretivos foi suficiente para reduzir os teores iniciais de Alumínio trocável e elevar o pH do solo a valores considerados adequados para as culturas agrícolas em geral. A aplicação da escória baseada no PN não foi tão eficaz, evidenciando o comportamento distinto dos materiais corretivos na eficiência da neutralização da acidez, o que pode ser decorrente da diferente natureza química dos materiais (silicato e carbonato).

Introdução

O Brasil é o único país que opera altos fornos alimentados a carvão vegetal para a produção de ferro gusa comercial. Em 1999, a produção nacional de ferro gusa foi de 5,2 milhões de toneladas, sendo 1,25 milhões de toneladas provenientes da região de Carajás - estado do Pará. No Pará, as siderúrgicas instaladas no parque industrial do município de Marabá alcançaram em 2004, uma produção de cerca de 2,8 milhões de

toneladas de ferro gusa. A escória é um resíduo gerado durante o processo de fundição do aço do ferro gusa, com produção em torno de 10% a 15%, obtida pela reação entre os fundentes e as impurezas dos minérios, o que resulta em elevados teores de sílica (SiO₂) e de óxido de cálcio (CaO), além de óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de magnésio (MgO) e óxido de ferro (FeO). Por possuírem constituintes neutralizantes, como Ca, Mg e Si [1,2], o uso agrícola da escória de siderurgia como alternativa ao tradicional calcário, ainda, tem a vantagem de diminuir o impacto ambiental em torno das indústrias produtoras de ferro e aço.

Em termos de aproveitamento agrícola da escória, melhorias nas características químicas do solo têm sido constatadas, decorrentes da ação neutralizante do SiO₂, com conseqüente elevação do pH, CTC e V%, fornecimento de alguns nutrientes como Ca, Mg, Zn, B, Fe, Mn e Si, além da presença do ânion H₃SiO₄ exercer efeito competitivo com o H₂PO₄, reduzindo a adsorção ou aumentando a disponibilidade de fósforo no solo [2, 3, 4]. Apesar desses indicativos, existe uma carência de estudos no sistema solo-planta, para permitir o uso no meio agrícola, para as condições específicas de diferentes regiões do País e para diferentes sistemas de produção de culturas de interesse econômico.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de escória de siderúrgica sobre as propriedades químicas de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico, em comparação com calcários empregados tradicionalmente na correção da acidez do solo.

Palavras-Chave: escória, corretivo de acidez e silicato.

Material e métodos

A Escória foi coletada em vazamentos de um alto forno da Companhia Siderúrgica Paraense – COSIPAR, localizada no município de Marabá, Pará. As amostras foram tratadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-PA, sendo trituradas manualmente, homogeneizadas e passadas em peneira ABNT n° 50, com abertura de malha de 0,30 mm. Em subamostras do resíduo, procedeu-se a caracterização química, conforme a metodologia oficial para análise de

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Tv. Enéas Pinheiro s/n, CEP 66095-100, Belém, PA. E-mail: brasil@cpatu.embrapa.br.

⁽²⁾ Estudante de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Av. Presidente Tancredo Neves, 2501, 66.077-530, Belém, PA.;

⁽³⁾ Mestrando da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Av. Presidente Tancredo Neves, 2501, 66.077-530, Belém, PA.

fertilizantes e corretivos de acidez do solo [5]. Amostras de solo foram coletadas da camada superficial (0-20 cm) de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico, com as seguintes características químicas: pH em água 4,1; 11,4 g kg⁻¹ de C-orgânico total; 4 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 19 mg dm⁻³ de K⁺ (Mehlich 1); 0,6 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,0 cmol_c dm⁻³ de Ca+Mg; 1,6 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 6,61 cmol_c dm⁻³ de CTC e 16,8 de V%.

Realizou-se o estudo de curva de neutralização da escória comparando-se com o calcário calcítico e o dolomítico, que serviram de controle de comparação. Para análise da influência dos corretivos sobre as características químicas do solo, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em arranjo fatorial 3x4, correspondendo a três corretivos de acidez (calcário dolomítico, calcário calcítico e escória) e quatro níveis de saturação por bases (60%, 80%, 100% e 120%).

Após a aplicação dos corretivos ao solo, as misturas foram acondicionadas em recipientes de plásticos, com capacidade de 300 cm³, que receberam quantidades de água suficientes para manter a umidade do solo em torno de 60% da capacidade de embebedimento. O material ficou em incubação por um período aproximado de 20 dias, após o que retirou-se subamostras de solo para realização de análise química, determinando-se os teores de fósforo, potássio, cálcio, cálcio + magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio e pH em água, conforme metodologia descrita pela Embrapa [6].

Resultados

Com base na composição química (Tabela 1), observou-se que a escória apresentou valores elevados de soma dos teores de CaO + MgO e Al₂O₃. Além das características corretivas de acidez, pela análise química da escória, observou-se alto teor de SiO₂ (46,07%), indicando a possibilidade do resíduo poder ser utilizado como fonte de silício para o solo, podendo ser empregado com grande importância para o cultivo de gramíneas, como arroz, milho e plantas forrageiras. O poder de neutralização (PN) dos corretivos foi 70, 95 e 98%, respectivamente para a escória, calcário dolomítico e calcítico.

No estudo de curva de neutralização (Tabela 2), observa-se que todos os corretivos promoveram aumento do valor pH em água, em função da aplicação de doses crescentes dos produtos, independentemente da época de medição. A escória apresentou a maior solubilidade, já que foram observadas as menores variações de pH do solo, em função do tempo de avaliação. Embora, a incorporação de escória ao solo proporcionou os menores aumentos de pH, em relação aos corretivos padrão, o resíduo apresentou expressivo efeito corretivo, já que na menor dose aplicada, o pH atingiu valores considerados ótimos para o desenvolvimento das principais culturas de interesse econômico. Nessas condições, a escória torna-se altamente competitiva para ser utilizada como corretivo de acidez, para as condições do Pará, já que existem

pouquíssimas jazidas de calcário em atividade econômica no estado.

De acordo com os resultados das características químicas das amostras antes e após a aplicação dos materiais corretivos, verificou-se que houve expressivas melhorias nos atributos químicos do solo, em função da incorporação dos corretivos. A menor dose aplicada de todos os corretivos foi suficiente para reduzir os teores iniciais de alumínio trocável e elevar o pH do solo (Figura 1) a valores considerados adequados para as culturas agrícolas em geral. No entanto, os calcários apresentaram maior efeito na redução dos teores desse elemento, em relação à escória.

Observou-se aumentos significativos nos teores de cálcio+magnésio, com a aplicação de quantidades crescentes dos corretivos. Embora, os corretivos tenham favorecido a elevação da soma de bases, a diferença da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 entre os mesmos, não foi tão pronunciado (Figura 2).

A aplicação de escória de siderúrgica ao solo promoveu aumentos substanciais nos teores de potássio, em relação aos demais materiais corretivos, o que pode favorecer significativamente para o aumento da produção das culturas com a aplicação do resíduo. Os teores de fósforo do solo não diferiram, em relação à aplicação dos corretivos.

Discussão

Por tratar-se de materiais distintos e considerando-se a granulometria (inferior a 0,30 mm) utilizada para os corretivos neste estudo, pode-se admitir que as taxas de reatividade estabelecidas para o calcário, provavelmente não expressam a mesma realidade no caso da escória, já que este produto apresenta constituição química e física complexa (silicatos de cálcio e magnésio associados a compostos de Fe, Al e Mn) e distinta dos calcários [7].

O elevado teor de SiO₂ observado na escória permite relacionar com a possibilidade de utilização do resíduo como fonte de silício ao solo, elemento que possui importante papel nas relações planta-ambiente, já que propicia às culturas melhores condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, conforme os estudos envolvendo vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos com diversas culturas, como arroz irrigado, cana-de-açúcar, milheto, sorgo e tomate [8, 9, 10, 11, 12].

Os resultados mostram que a aplicação da escória baseada no PN não foi tão eficaz, como observado para os carbonatos de cálcio, evidenciando o comportamento distinto dos materiais corretivos na eficiência da neutralização da acidez, o que pode ser decorrente da diferente natureza química dos materiais (silicato e carbonato).

Referências

- [1] ALCARDE, J.C. Corretivo de acidez do solo: características e interpretações. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).
- [2] PIAU, W. C. Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1995. 124

- f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- [3] PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito do calcário e da escória de siderurgia na disponibilidade de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro e em Areia Quartzosa. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, v.74, n.2, p. 235-244, 1999.
- [4] PRADO, R. de M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.539-546, 2002.
- [5] BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais. Brasília: LANARV, 1983. 104p.
- [6] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de análise de solo (2ed. Ver. Atual). Rio de Janeiro: CNPS, 1997.212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- [7] BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. *Na. ESALQ*, 45:579-588,1988.
- [8] MIYAKE, Y. AND TAKAHASHI, E. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 24(2):175-189.
- [9] SNYDER, G.H.; JONES, D.B. AND GASCHO, G.J. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. *Soil sci. Soc. Amer. J.* 50:1259-1263.
- [10] CLARK, R.B.; FLORES, C.I.; GOURLEY, L.M. AND DUNCAN, R.R. 1990. Mineral element concentration and grain field of sorghum (*Sorghum bicolor*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*) grow on acid soil. M.L. Van Beusichem (Ed.), *Plant nutrition - physiology and applications*, p.391-396. Kluwer Academic Publishers.
- [11] ANDERSON, D.L. 1991. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. *Fert. Res.* 30(1):9-18.
- [12] KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, n.70, p.1-3, 1995.

Tabela 1. Composição química da escória de siderúrgica obtida através da análise de Fluorescência de raio-X.

| Elemento | Composição (%) |
|--------------------------------|----------------|
| CaO | 35,51 |
| MgO | 3,46 |
| Al ₂ O ₃ | 10,89 |
| SiO ₂ | 46,07 |
| FeO | 0,81 |
| MnO | 0,80 |

Tabela 2. Valores de pH em água em amostras de solo em relação as doses equivalentes de corretivo de acidez em diferentes tempos de incubação (valor inicial do pH 4,1).

| (equivalente V%) | Tempo de incubação (dia) | | | | | |
|---------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 |
| Calcário calcítico | | | | | | |
| 60 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,8 | 6,6 | 6,5 |
| 80 | 6,8 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 6,9 |
| 100 | 7,0 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,2 | 7,0 |
| 120 | 7,3 | 7,4 | 7,6 | 7,7 | 7,5 | 7,5 |
| Calcário dolomítico | | | | | | |
| 60 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,4 | 6,2 | 6,3 |
| 80 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,6 | 6,6 | 6,6 |
| 100 | 6,6 | 6,7 | 6,7 | 6,9 | 6,9 | 6,8 |
| 120 | 6,9 | 6,8 | 6,8 | 7,1 | 6,9 | 6,9 |
| Escória | | | | | | |
| 60 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,5 |
| 80 | 5,6 | 5,6 | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 5,6 |
| 100 | 5,7 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 5,7 | 5,8 |
| 120 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 | 5,8 |

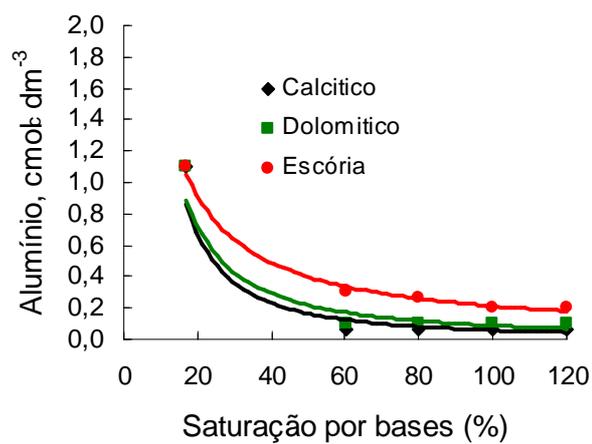
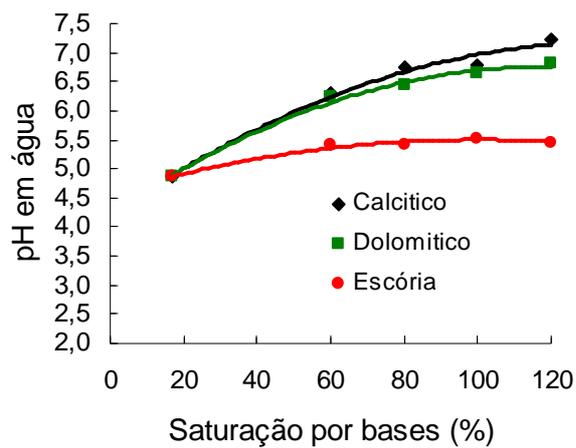


Figura 1. Teor de alumínio trocável e pH do solo em relação à níveis equivalentes de saturação por bases obtidos pela aplicação de corretivos de acidez, após 20 dias de incubação.

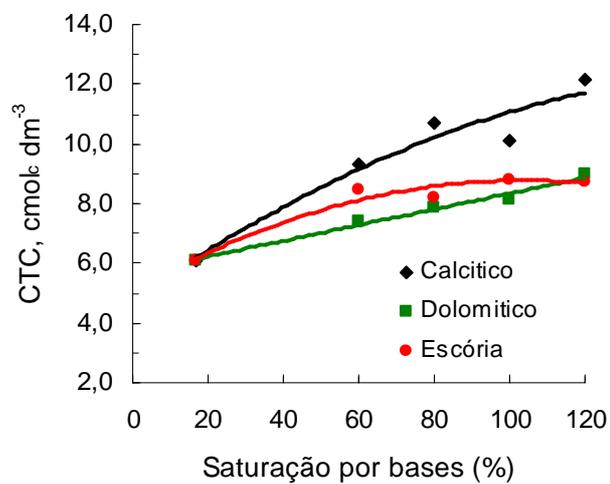
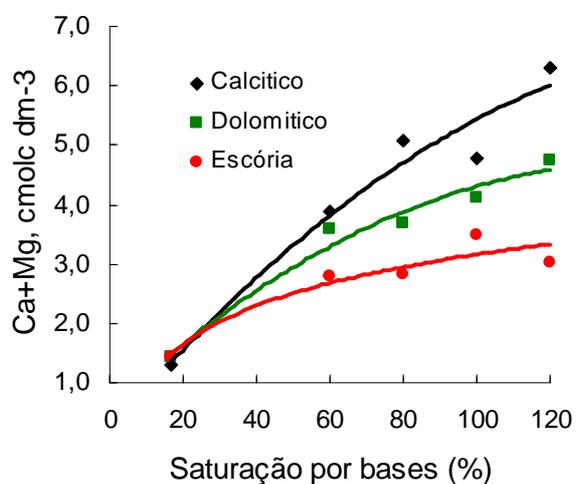


Figura 2. Teor de cálcio + magnésio trocáveis e capacidade de troca de cátions (CTC) do solo em relação à níveis equivalentes de saturação por bases obtidos pela aplicação de corretivos de acidez, após 20 dias de incubação.

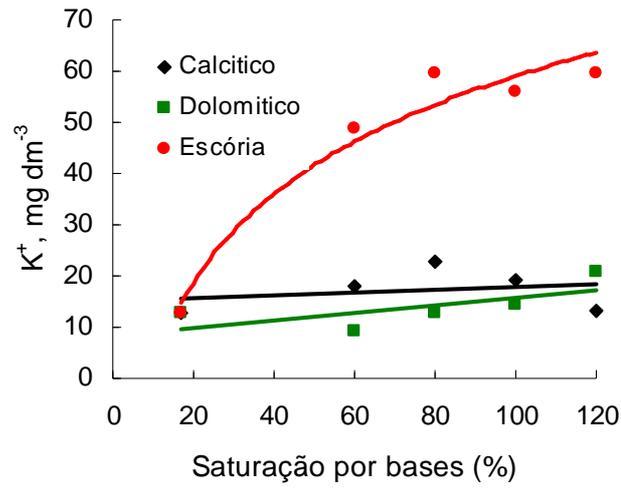


Figura 3. Teor de potássio do solo em relação à níveis equivalentes de saturação por bases obtidos pela aplicação de corretivos de acidez, após 20 dias de incubação.