

ESTUDO DO USO DE SERPENTINITO COMO CORRETIVO DE SOLOS AGRÍCOLAS

Aline M. S. Teixeira^{1,2}, João A. Sampaio¹, Francisco M. S. Garrido², Marta E. Medeiros²,
Luiz C. Bertolino¹ & Daniel V. Pérez³

RESUMO

Na calagem de solos, o uso de rochas básicas e ultrabásicas consiste numa alternativa à correção convencional da acidez do solo, além de promover a sua fertilização. Os serpentinitos são rochas metamórficas ultrabásicas formadas essencialmente de óxidos de cálcio, magnésio e silício. Neste trabalho foi estudada a aplicação da rocha serpentinito como corretivo de acidez do solo. A caracterização química, física e mineralógica da rocha revelou que a mesma é constituída de dolomita, calcita e diopsídio. A avaliação da rocha como corretivo de solos ácidos, segundo a Instrução Normativa do MAPA, atende aos limites de tolerância estabelecidos pela normativa para calcários agrícolas. Os experimentos para verificação da eficiência de neutralização da acidez do solo com a rocha confirmaram o seu potencial para aplicação na agricultura, como corretivo de solos ácidos. Assim, o aproveitamento dessa rocha como corretivo de solos ácidos viabilizou a utilização do estéril da mina de cromita, o que minimiza o impacto ambiental causado pelo acúmulo desse estéril.

Palavras-chave: serpentinito

ABSTRACT

The application of basic and ultrabasic rocks in soil liming is a conventional alternative to the correction and fertilization of acid soils. Serpentinities are ultrabasic and metamorphic rocks that consist mainly of magnesium, calcium and silicon oxides. This study checked the application of serpentinite rock in agriculture as a corrective of soil acidity. The chemical, physical and mineralogical characterization of the rock showed that it is composed of dolomite, calcite and diopside. Rock assessment as a corrective of soil acidity meets the tolerance limit established by the normative instruction of MAPA for agricultural lime. The tests to confirm the neutralization efficiency of soil acidity showed its potential use in agriculture. Therefore, using this rock as a corrective of soil acidity enables the utilization of a host rock of chromite mine, which reduces the environmental impact caused by rock accumulation.

Key-words: serpentinite, soil liming, corrective of acid soils.

¹ CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia
Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, CEP: 21941-908, Rio de Janeiro/RJ – Brasil
E-mail: amteixeira@cetem.gov.br

² UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química.- Departamento de Química Inorgânica
Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Ilha do Fundão, CEP 21.941-909, Rio de Janeiro/RJ– Brasil.

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico, CEP 22.460-000, Rio de Janeiro/RJ– Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A acidez do solo inclui uma combinação de fatores, que ocorre devido a sua própria natureza e/ou ao seu uso contínuo. Ademais, os solos podem ter a sua acidez elevada pelas práticas agrícolas inadequadas, isto é, sem a devida reposição de nutrientes e/ou pela utilização de fertilizantes de caráter ácidos. De modo que a acidez elevada dos solos influencia na disponibilidade dos nutrientes contidos ou adicionados a ele, na atividade dos microorganismos, na solubilidade de elementos ou compostos tóxicos, como o alumínio e nas propriedades físicas do solo.

Vários produtos são utilizados na agricultura para a correção da acidez dos solos, como lodo proveniente de estações de tratamento de água, escórias de siderurgias e rejeitos da lixiviação química do caulim, o que contribui para converter o destino destes rejeitos, de modo a diminuir o impacto ambiental em torno destas indústrias (Prado e Fernandes, 2000; Prado *et al.*, 2004; Silverol e Filho, 2007; Ribeiro *et al.*, 2007). O uso de rochas na agricultura, principalmente as rochas básicas e ultrabásicas, também consiste em uma técnica de fertilização natural que, além de corrigir a acidez do solo, contribui com a reposição dos nutrientes. Esta técnica denominada de rochagem (*rocks for crops*) ou remineralização do solo resume-se na adição do pó de rocha ao solo que, pelo intemperismo químico, no qual a água possui ação solvente, decompõe o pó de rocha lentamente, desse modo, os nutrientes são liberados gradualmente.

A utilização de novos insumos minerais na agricultura, além de corrigir a acidez do solo, contribui com a reposição de nutrientes, o que reduz o consumo de fertilizantes industriais. Ademais, os efeitos benéficos para a fertilidade do solo e a nutrição das plantas podem ampliar o potencial de uso de rochas como corretivos de solos e, desta forma, agregar valor a estas novas fontes de insumos alternativos, em virtude do seu efeito multinutriente e condicionador de solos (Silverol e Filho, 2007). No entanto, um resíduo só deve ser incorporado ao solo quando não prejudicar suas características originais, mas beneficiar, de algum modo, a adaptação das culturas (Andrade e Abreu, 2006). Um aspecto fundamental na busca dessas novas fontes de insumos alternativos é que estes se encontrem próximos às regiões de cultivo, a fim de reduzir o custo do transporte, de modo a contribuir com a sustentabilidade da produção agrícola.

Contudo, a utilização destes insumos minerais na agricultura exige um planejamento exaustivo, principalmente, por serem constituídos por vários elementos. De modo que, aplicações de altas quantidades podem ocasionar um desequilíbrio nutricional e o acúmulo de metais pesados no solo. Portanto, é imprescindível avaliar a viabilidade de aplicação de cada tipo de rocha ou resíduo. Para tal, se faz necessário considerar as características químicas e físicas do material, verificar o tipo dos compostos neutralizantes, além da sua granulometria e constituintes tóxicos (Andrade e Abreu, 2006; Manhães e Holanda, 2008; Martins *et al.*, 2005; Moreira *et al.*, 2006; Oliveira e Martins, 2003).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa de 4 de Julho de 2006, estabelece normas a serem cumpridas sobre a definição, especificação, métodos analíticos, comercialização de corretivos de acidez, de alcalinidade e sodicidade, e dos condicionadores de solo destinados à agricultura. Esta Instrução Normativa define, como corretivo

de acidez, o produto que promove a correção da acidez do solo, além de fornecer cálcio, magnésio ou ambos. A normativa estabelece, de acordo com as características físicas e químicas de cada material, as especificações para corretivos de acidez quanto: ao Poder de Neutralização (PN); à soma das percentagens dos óxidos de cálcio e magnésio; e ao Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) (Brasil, 2006).

Nesta visão, este trabalho tem como objetivo avaliar as características químicas e físicas da rocha serpentinito como corretivo de solos ácidos para a aplicação na agricultura, assim como verificar o seu efeito neutralizante. A rocha serpentinito, em estudo, é o estéril da mina de cromita, pertencente ao grupo FERBASA, localizada no município de Andorinha/BA. Atualmente, esta rocha se encontra lavrada e acumulada em pátios sem definição de aplicação, o que gera um impacto ambiental na mina causado pelo acúmulo desse estéril.

Os serpentinitos são rochas metamórficas ultrabásicas, formadas principalmente pelos óxidos de cálcio, magnésio e silício e pertencem ao grupo mineralógico da serpentina, que normalmente é formado pela antigorita $[(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_2]$ e a crisotila $[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$. Ademais, na rocha pode haver variações na sua composição mineralógica devido ao seu metamorfismo com pressão parcial de CO_2 crescente, que provoca o deslocamento do magnésio das fases silicáticas para fases carbonáticas. Assim, a rocha pode possuir sua mineralogia original quase completamente convertida em carbonato ou, em contrapartida, preservar alguns dos compostos da mineralogia original da rocha (Pereira *et al.*, 2007; Boschetti e Toscani, 2008; Winge, 2010). As reservas destas rochas estão bem distribuídas no Brasil e podem ser encontradas nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Sul, Sergipe e São Paulo (DNPM, 2006; Pereira *et al.*, 2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo da rocha teve início com o recebimento de uma amostra da rocha serpentinito pelo CETEM/MCT. A fim de obter amostras com massa e granulometria adequadas à realização dos ensaios, a preparação da amostra da rocha foi realizada por intermédio das etapas de britagem, moagem e homogeneização, segundo procedimento padrão desenvolvido no CETEM (Oliveira e Aquino, 2007). Em seguida, as amostras foram submetidas aos ensaios de caracterização química e mineralógica

A composição química da rocha foi obtida pelas técnicas de gravimetria (SiO_2), potenciometria (Cl), absorção atômica com chama C_2H_2/ar (K, Na) e espectrofotometria de emissão óptica com plasma indutivo (Al, Fe, Ca, Mg, Mn, P_2O_5).

As fases constituintes da rocha foram identificadas pela técnica de difração de raios X (DRX), no equipamento *Brucker D4 Endeavor*, com passo do goniômetro de $0,02^\circ$ em 2θ , com 1 segundo de tempo de contagem, na faixa angular (2θ) variando de 5° a 80° e radiação Co- $k\alpha$ ($\lambda = 1,789 \text{ \AA}$, 35 kV/40 mA). A interpretação qualitativa do difratograma foi efetuada por comparação com os padrões contidos no banco de dados PDF02, ICDD 2006, em software *Brucker EVA*.

A análise termogravimétrica (ATG) foi realizada no equipamento TA Instruments, modelo 2690 STD V 3,0 F, sob atmosfera oxidante, com fluxo de 110 mL/min de ar sintético seco filtrado, até a temperatura de 1200°C, com velocidade de aquecimento de 10°C/min. A massa da amostra analisada foi de aproximadamente 40 mg, em cadinho de alumina. Ademais, foi verificado o comportamento termogravimétrico da rocha em atmosfera de CO₂ (ATG - CO₂) (Ribeiro *et al.*, 2008), com os mesmos parâmetros de análise, a fim de estimar os percentuais de CaCO₃ e MgCO₃ que constituem a rocha.

As características químicas e físicas da rocha foram avaliadas segundo a instrução normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para corretivo de acidez (Brasil, 2006). Para tal, foi necessário a cominuição da rocha até granulometria inferior a 2,00 mm, para adequá-la aos limites granulométricos estabelecidos pela instrução normativa. Para o cálculo do percentual do corretivo que reage no solo num período de 3 meses, ou seja, a reatividade, foi necessário determinar a distribuição granulométrica da rocha por meio das peneiras ABNT 10, 20 e 48 malhas. O poder de neutralização total foi definido por alcalimetria. A soma das percentagens dos óxidos de cálcio e magnésio foi determinada pelo método de espectrofotometria de emissão óptica (Ca, Mg). O poder relativo de neutralização total foi calculado conforme o método analítico oficial (Brasil, 2007).

Para a determinação dos teores de metais pesados contidos na rocha foi realizada a digestão ácida da amostra com HCl + HNO₃ + H₂SO₄, e retomada da amostra com HNO₃, seguida da análises do extrato pela técnica de absorção atômica com chama C₂H₂/ar e C₂H₂/N₂O/ar e digestão ácida. De modo que os resultados obtidos foram comparados aos níveis de metais pesados contidos em diferentes tipos de calcários comercializados e com os valores de referência para solos e águas subterrâneas, de acordo com a Resolução n° 420 da CONAMA (Brasil, 2009; Korndörfer *et al.*, 2003).

A eficiência da rocha na correção da acidez do solo foi verificada por meio de testes em laboratório, que avaliaram alterações nos valores de pH e os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis no solo, após 35 dias da incorporação da rocha ao solo. Para tal foi utilizada uma amostra, concedida pela EMBRAPA-Solos, de um Latossolo Amarelo, proveniente do município de Pinheiral/RJ, com valor de pH 5,0 e teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis igual a 0,2 cmol./kg cada e 1,4 cmol./kg de Al³⁺ trocável. No ensaio, para que o Latossolo atingisse pH 6,5, a rocha serpentinito foi incorporada ao Latossolo, em quantidade equivalente a 13,8 t/ha, sendo a mistura acondicionada em frascos, sendo que, em cada frasco foi adicionado o equivalente a 365 mL de água/kg de solo, a fim de proporcionar a umidade ao sistema. As misturas solo mais rocha, assim como as testemunhas, foram analisadas diariamente por um período de 7 dias e, em seguida, semanalmente, até completar o período de 35 dias de incubação. O valor de pH na mistura solo mais rocha foi obtido por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido, em meio aquoso, na proporção 1:2,5 (EMBRAPA, 1997). Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis, na mistura solo mais rocha, foram determinados por absorção atômica com chama com C₂H₂/N₂O/ar, em extrato obtido da mistura com solução de KCl 1M, na proporção de 1:5 (solo:KCl), seguido da agitação em *Shaker* por 3 horas e filtragem. Os ensaios foram realizados em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos na composição química da rocha serpentinito (m/m), em estudo, indica que a mesma é rica em cálcio e magnésio, com 33,70% CaO e 20,94% MgO, o que sugere o uso da rocha como corretivo de solos e como fonte destes nutrientes. Ademais, o teor de sílica (SiO₂) obtido na composição química da rocha foi de 13,20%, o que torna possível afirmar, com base na classificação de rochas ígneas, que esta rocha é ultrabásica, já que esta possui teor de sílica inferior a 45% (Teixeira *et al.*, 2010).

Na análise do difratograma de raios X do serpentinito foi verificado que a composição mineralógica básica da rocha é constituída de dolomita [CaMg(CO₃)₂], calcita (CaCO₃), diopsídio (CaMgSi₂O₆) e muscovita [KAl₃Si₃AlO₁₀(OH,F)₂]. O resultado desta análise sugere que a composição mineralógica original da rocha tenha sofrido alterações, uma vez que, a rocha foi quase completamente convertida em carbonato, os picos de maior intensidade no difratograma de raios X da rocha são referentes à dolomita e à calcita. No entanto, na rocha também ocorre o mineral antigorita e revela que a mesma preserva alguns dos seus compostos mineralógicos originais (Teixeira *et al.*, 2010).

Na Figura 1 estão ilustradas as curvas referentes ao comportamento termogravimétrico da amostra da rocha em atmosfera oxidante (ATG) e sob elevada pressão parcial de CO₂. Como observado, a temperatura de decomposição da rocha em atmosfera oxidante é em aproximadamente 800°C e a perda de massa nessa temperatura é de 30,7%, dos quais, 2% são atribuídos a desidroxilação de argilosminerais e 28,7% atribuídos a liberação de dióxido de carbono, de modo que se pode inferir que a composição química da rocha possui aproximadamente 40% de carbonatos.

Na curva que ilustra o comportamento termogravimétrico da rocha sob elevada pressão parcial de CO₂, a perda de massa total é de 30,8% e, pode ser observada a ocorrência de dois eventos principais. De modo que o primeiro relaciona-se à liberação de CO₂ durante a formação de MgO, que ocorre em torno de 770°C, sendo que a perda de massa nessa temperatura é de 3,4%. O segundo evento de perda de massa se refere ao CO₂ liberado na formação de CaO e corresponde a 24,6% de perda de massa, em cerca de 920°C. Os 2,8% restantes são atribuídos a perda de massa dos argilosminerais. Estes resultados confirmam que a rocha serpentinito possui os minerais calcita e dolomita na sua composição mineralógica.

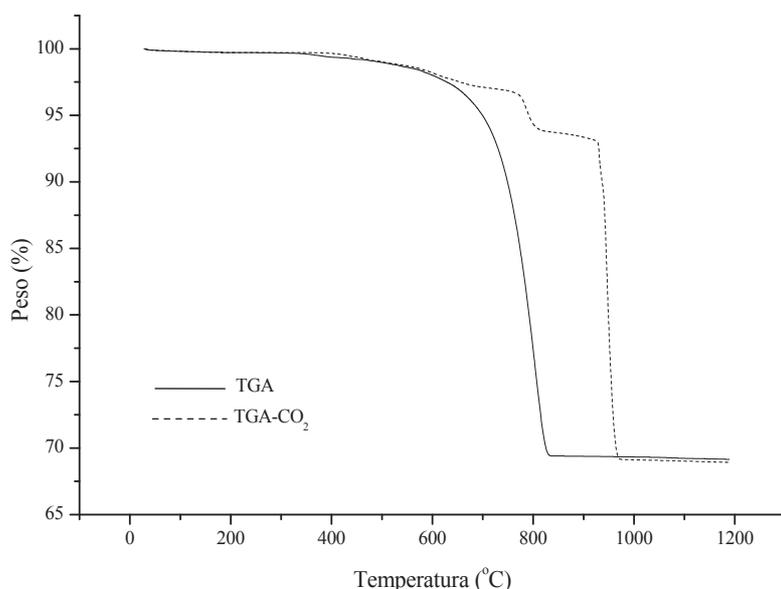


Figura 1 – Curva termogravimétrica em atmosfera oxidante (ATG) e sob pressão parcial de CO_2 (TGA- CO_2) da rocha serpentinito.

Na avaliação da rocha como corretivo de acidez foi realizada a classificação granulométrica para o cálculo da reatividade, de acordo com a instrução normativa do MAPA (Brasil, 2006), Tabela 1. Os dados obtidos para o poder de neutralização em equivalente de carbonato de cálcio, a soma das percentagens dos óxidos de cálcio e magnésio e o poder relativo de neutralização total, Tabela 2, atendem os limites de tolerância das garantias para corretivos de solos, de acordo com a instrução normativa vigente.

Tabela 1 – Classificação granulométrica da rocha serpentinito, de acordo com o MAPA.

Malha (ABNT)	Abertura (mm)	Material Passante (%)	Especificação mínima para material passante (%)
10	2,00	100,0	95,0
20	0,84	77,0	66,5
48	0,30	52,7	47,5

Tabela 2 – Características dos corretivos de acidez para a rocha serpentinito, conforme o MAPA.

	Rocha serpentinito (%)	Especificação mínima (%)
Poder de Neutralização (% E _{CaCO3})	79	67
CaO + MgO	38	38
Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)	57	45

Os resultados obtidos para os teores de CaO e MgO foram 28,1% e 9,7%, respectivamente, para a amostra na avaliação como corretivo de solo. Estes resultados foram obtidos de acordo com o procedimento descrito no método analítico oficial (Brasil, 2007), que é diferente do método analítico utilizado para determinar os teores totais de CaO e MgO contidos na rocha. Os métodos analíticos se diferenciam pelos reagentes utilizados e o tempo de digestão da amostra. Visto que, o método oficial analítico (Brasil, 2007) descreve um procedimento específico para carbonatos de cálcio e/ou magnésio. Portanto, a diferença entre os resultados obtidos pelo método analítico oficial e o método para a determinação total dos teores de CaO e MgO, pode ser explicada pela existência destes cátions (Ca²⁺ e Mg²⁺) nos minerais diopsídio, antigorita e muscovita (Alcarde e Rodella, 1996).

Os teores de metais pesados avaliados na rocha estão relacionados na Tabela 3. Estes teores, quando comparados com os metais pesados contidos em alguns calcários comercializados (Korndörfer *et al.*, 2003), mostram que a rocha em estudo possui valores inferiores para o níquel, cádmio e chumbo. Entretanto, os teores de cromo e níquel determinados na rocha são superiores àqueles verificados para estes calcários.

Tabela 3 – Teores de metais pesados contidos na rocha serpentinito, com digestão ácida.

Elementos	mg/kg	Técnica analítica
Níquel	15,4	AA C ₂ H ₂ /ar
Cádmio	0,72	AA C ₂ H ₂ /ar
Chumbo	17,5	AA C ₂ H ₂ /ar
Cromo	21,3	AA C ₂ H ₂ /N ₂ O/ar

Contudo, a Instrução Normativa de nº 27, de 5 de Junho de 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define, somente, os limites para os metais pesados cádmio e chumbo admitidos em corretivos de acidez, que são 20 e 1.000 mg/kg respectivamente (Brasil, 2006).

Os teores de metais pesados contidos no serpentinito, também foram comparados com os valores de referência para solos e águas subterrâneas, de acordo com a Resolução nº 420 da CONAMA (Brasil, 2009). Esta comparação revela que os teores de metais pesados obtidos no

serpentinó são inferiores a média calculada para diferentes tipos de solos. Ademais, a rocha será aplicada ao solo em pequenas proporções, o que não gera risco de contaminação do mesmo.

Sabe-se que o procedimento para a correção da acidez do solo está vinculado a duas perguntas: qual a cultura a ser aplicada e qual o tipo de solo em questão. No entanto, este estudo teve o objetivo de verificar o efeito do serpentinó como corretivo de acidez para um solo ácido (pH 5,0), sem particularizar as especificidades de cada cultura. Assim, este estudo auxilia como uma diretriz para a avaliação do efeito neutralizante da rocha para a agricultura em geral. De maneira que, abrange, também, os solos das regiões circunvizinhas à mina de cromita no município de Andorinha, BA, que são considerados ácidos.

A média dos resultados obtidos nas determinações de pH em meio aquoso (1:2,5) e análise dos cátions Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} e trocáveis das misturas solo mais rocha, assim como os resultados obtidos para as testemunhas, estão ilustrados na Figura 2.

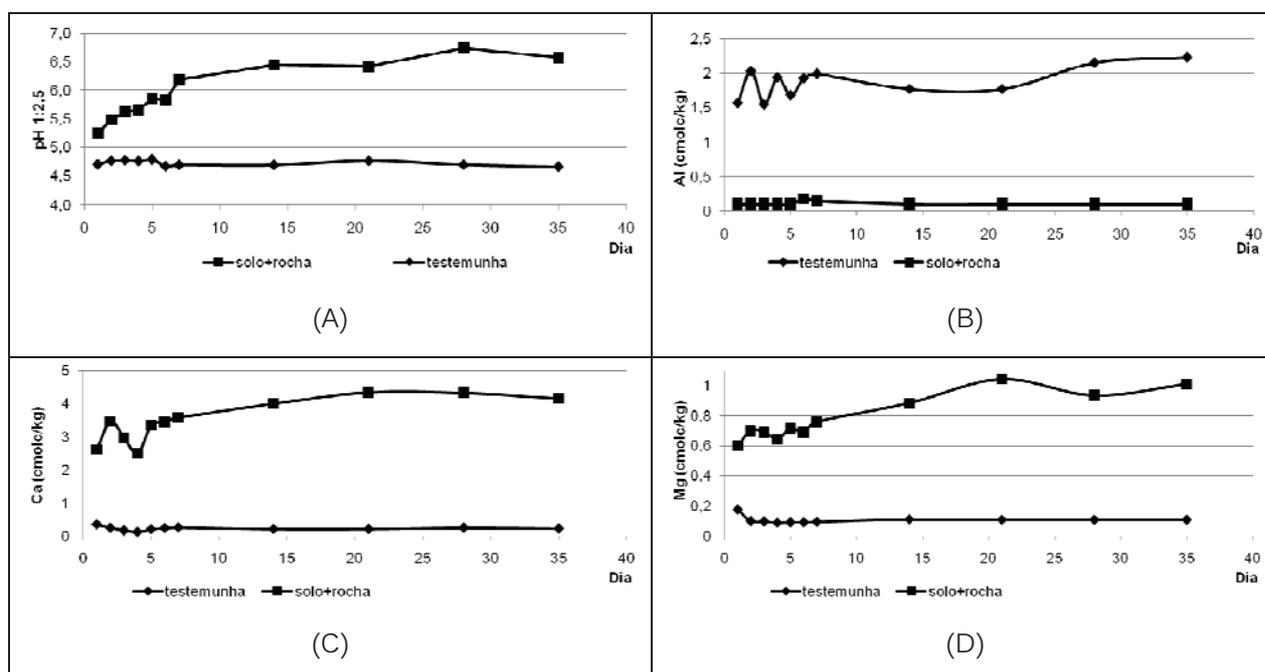


Figura 2 – Resultados obtidos nas determinações de pH e nas análises de Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis para as misturas solo mais rocha e as testemunhas.

Os resultados obtidos na determinação do pH e pode-se verificar uma tendência linear crescente para os valores de pH das misturas solo mais rocha, que se estabiliza em torno do pH 6,5, enquanto que nas testemunhas o pH se manteve entre 4,5 e 5,0 (Figura 2A). A análise dos resultados obtidos nas determinações de Al^{3+} trocável (Figura 2B) revela a redução da concentração do Al^{3+} trocável nas misturas solo mais rocha, o que sugere a participação da rocha serpentinó na amenização da toxicidade do solo, em termos de Al^{3+} trocável. Além desse efeito, podem ser observados (Figura 2 C e D) o aumento das concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis das misturas solo mais rocha, uma vez que o aumento do pH nas misturas pela a adição de rocha ao solo, torna esses íons mais disponível para a troca. As concentrações de Ca^{2+} determinadas nas

misturas solo mais rocha variaram de aproximadamente 2,5 a 4,3 cmol/kg, enquanto que as concentrações de Mg^{2+} trocável na mistura solo mais rocha variaram de 0,6 à 1,0 cmol/kg. Portanto, é possível afirmar que o Latossolo Amarelo de Pinheiral/RJ, após ser incorporado à rocha serpentinito e incubado por um período de 35 dias, adquiriu melhorias nas suas características. De modo que, de acordo com a classificação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis no solo foi de médio a alto e, para o Al^{3+} trocável, foram considerados teores baixos.

4. CONCLUSÕES

A rocha serpentinito é constituída principalmente de dolomita, calcita e diopsídio. Ademais, sugere-se que a rocha tenha sofrido algumas alterações na sua composição mineralógica original, visto que possui fases quase completamente convertidas em carbonato e, preserva a antigorita como composto mineralógico original.

As características da rocha, quando avaliadas como corretivos de acidez, atendem os limites especificados pela Instrução normativa vigente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com 57% de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

Além disso, a influência da rocha na correção da acidez do solo foi verificada pelo aumento do pH na solução do solo, com a conseqüente redução do teor de Al^{3+} trocável e o aumento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, o que confirmou a ação neutralizante da rocha. Por sua vez, a existência de dolomita na composição da rocha sugere que a mesma seja considerada um insumo agrícola de ação lenta, assim como os calcários dolomíticos.

Diante dos resultados obtidos é possível afirmar que a rocha serpentinito possui potencial para aplicação na agricultura como corretivo de solos ácidos, o que torna o estudo desta rocha uma contribuição para o crescimento da agricultura sustentável no país, inclusive para o aproveitamento integral da mina de cromita do município de Andorinha, BA. Todavia, é necessária a realização de testes complementares para avaliar a sua solubilidade, assim como o seu efeito residual nas culturas.

5. AGRADECIMENTO

Ao CNPq, CAPES e CETEM/MCT pelo apoio financeiro e infraestrutura para o desenvolvimento deste trabalho. A FERBASA pelo fornecimento das amostras. A EMBRAPA-Solos pelo fornecimento das amostras de Latossolo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcarde, J.C.; Rodella, A.A. O Equivalente em Carbonato de Cálcio dos Corretivos da Acidez dos Solos. *Sci. Agric.*, v.53, n.2-3, p. 204-210, mai./dez. 1996.
- Anadrade, J.C.; Abreu, M.F. (EE.) *Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 178 p. ISBN 978-85-8556-10-0.
- Boschetti, T.; Toscani, L. Springs and Streams of the Taro-Ceno Valleys (Northern Apennine, Italy): Reaction Path Modeling of Waters Interacting with Serpentinized Ultramafic Rocks. *Chem. Geo.*, v.257, n.1-2, p. 76-91, nov. 2008.
- Brasil. Instrução Normativa nº 35, de 04 de Julho de 2006 Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do anexo a esta Instrução Normativa. *Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jul. 2006. Seção 1, p. 32.*
- Brasil. Instrução Normativa nº 28, de 27 de Julho de 2007 Aprova os métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos, disponíveis na Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial – CGAL/DAS/MAPA, na Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI e no sítio do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 jul.2007. Seção 1, p. 11.*
- Brasil. Resolução nº 420, de 28 de Dezembro de 2009 Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Seção 1, p.81-84.*
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral Brasileiro. *Anuário Mineral Brasileiro: Talco e Outras Cargas Minerais*. 35. ed. Brasília: DNPM, 2006.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p. ISBN 85.85864-03-6.
- Korndörfer, G.H. Pereira, H.S.; Caamargo, M.S. *Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura*. 2. ed. Uberlândia/MG: Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura”, fev. 2003. 15p. (Boletim Técnico, 1).
- Manhães, J.P.V.T.; Holanda, J.N.F. Caracterização e Classificação de Resíduo Sólido “Pó de Rocha Granítica” Gerado na Indústria de Rochas Ornamentais. *Quim. Nova*, v.31, n.6, p.1301-1304, 2008.
- Martins, E.S.; Oliveira, C.G.; Resende, A.V.; Matos, M.S.F. Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura. In: Luz, A.B.; Lins, F.F. (EE.) *Rochas e Minerais Industriais: Usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p. 304-321. 726 p. il. ISBN 978-85-61121-37-2.

- Moreira, A.; Castro, C.; Oliveira, F.A.; Salinet, L.H. & Sfredo, G.J. Efeito residual de rochas brasileiras como fertilizantes e corretivos de acidez do solo. *Espaço & Geografia*, v.9, n.2, p.163-177, 2006.
- Oliveira, M.L.M.; Aquino, J.A. Amostragem. In: Sampaio, J.A.; França, S.C.A.; Braga, P.F.A. (EE.) Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 53-72. 570 p. il. ISBN 978-85-61121-02-0.
- Oliveira, M.R.C.; Martins, O. Caracterização e Classificação do resíduo sólido “pó do balão” gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal: Estudo de um caso na região de Sete Lagoas / MG. *Quim. Nova*, v.26, n.1, p.5-9, 2003.
- Pereira, D.; Yenes, M.; Blanco, J.A.; Peinado, M. Characterization of Serpentinities to Define their Appropriate use as Dimension Stone. *Geo. Soc. – Special Publications*, 271, p. 55-62, 2007.
- Prado, R.M.; Fernandes, F.M. Escória de Siderurgia e Calcário na Correção da Acidez do Solo Cultivado com Cana-de-Açúcar em Vaso. *Sci. Agric.*, v.57, n.4, p.739-744, out./dez. 2000.
- Prado, R.M.; Natale, W.; Fernandes, F.M.; Corrêa, M.C.M. Reatividade de uma Escória de Siderurgia em Latossolo Vermelho Distrófico. *R. Bras. Ci. Solo*, 28, p. 197-205, 2004.
- Ribeiro, F.R.; Filho, F.B.E.; Fabris, J.D.; Mussel, W.N.; Novais, R.F. Potential use of a chemical leaching reject from a kaolin industry as agricultural fertilizer. *R. Bras. Ci. Solo*, v.31, p. 939-946, 2007.
- Ribeiro, M.S.; Gardolinski, J.E.F.C.; Neto, J.M.R. Quantificação de Calcita e Dolomita em Rochas Carbonáticas pela Correlação entre as Técnicas de Análise Termogravimétrica e Difractometria de Raios X. Resumo do 16º Encontro de Química da Região Sul, FURB, Brasil, 2008.
- Silverol, A.C.; Filho, L.M. Utilização de Pó de Granito e Manto de Alteração de Piroxenito para Fertilização de Solos. In: II Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2, 2004, Porto Alegre. *Rev. Bras. Agroecologia*, v.2, n.1, Rio Grande do Sul: UFRGS: ABA – Agroecologia. p.703-707, fev.2007.
- Teixeira, A. M. S.; Sampaio, J. A.; Garrido, F. M. S.; Medeiros, M. E.; Technological Characterization of Serpentine rock from Andorinha (Bahia/Brazil). *The Minerals, Metals & Materials Society – Extraction & Processing*, 2010, 1, 293.
- Winge, M.; Crosta, A.P.; Neves, B.B.B.; Alvarenga, C.J.S.; Schobbenhaus, C.; Carneiro, C.D.R.; Brito, D.D.; Danni, J.C.M.; Silva, J.G.R.; Filho, J.O.A.; Blum, M.L.B.; Santos, M.D.; Pimentel, M.M.; Botelho, N.F.; Boggiani, P.C.; D’Ávila, R.S.F. Glossário Geológico Ilustrado. Instituto de Geociências: Universidade de Brasília, 2001-2009. Disponível em: <www.unb.br/ig/glossario/> Acessado em: 25/01/2010.