



**XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**  
**XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas**  
**XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo**  
**VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo**  
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.  
Centro de Convenções do SESC

**Acúmulo de metais pesados no solo e nas plantas após o uso de um Resíduo de Mineração como fertilizante para Culturas Anuais**

**Alessandra Monteiro Salviano Mendes<sup>(1)</sup>; Davi José Silva<sup>(2)</sup>; Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho<sup>(3)</sup>**

(1) Pesquisador, Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, C.P. 23, Petrolina, PE, CEP 56302-970 amendes@cpatsa.embrapa.br (apresentador do trabalho); (2) Pesquisador, Embrapa Semiárido davi@cpatsa.embrapa.br; (3) Estudante de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFERSA

**RESUMO** – Com o objetivo de avaliar o potencial de liberação de metais pesados por um resíduo de mineração (RM) utilizado como fonte alternativa de potássio para culturas anuais foi realizado um ensaio em casa de vegetação, utilizando uma amostra de um Vertissolo. Foram aplicadas quatro doses do RM, considerando-se o seu potencial de uso como fonte de potássio (0, 60, 120 e 240 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O). Após a aplicação dos tratamentos e da adubação complementar, o solo foi incubado, mantendo-se a umidade a 80% da CC, por um período de 30 dias. Realizaram-se cultivos sucessivos com soja, milho e melão. Após a colheita de cada cultivo foram avaliados os teores totais de Cd, Pb, Ni e Cr no solo e na planta. O RM proporcionou efeito residual para os cultivos de milho e melão em sucessão à soja na produção de MS e no acúmulo de metais pelas plantas. Houve elevação dos teores totais de metais no solo comprometendo sua qualidade, mas as quantidades acumuladas pelas plantas ficaram abaixo dos limites de toxicidade.

**Palavras-chave:** rochagem, metais pesados, flogopitito

**INTRODUÇÃO** - Nas últimas décadas tem crescido a preocupação com os efeitos da atividade agrícola intensiva, em particular do uso de insumos e de seus impactos na qualidade ambiental e nos custos de produção. A utilização de insumos à base de rochas moídas como fonte de nutrientes na agricultura é denominada de “remineralização” (do inglês *remineralisation*) e visa restabelecer e manter a fertilidade do solo por um tempo mais longo que os adubos convencionais (Campe et al., 1996). No Brasil, essa prática também é denominada de “rochagem”, termo inspirado na calagem, que é o uso do pó de rocha calcária na correção da acidez do solo (Leonardos, 1995). Além das rochas “in-

natura”, resíduos do processamento de rochas utilizadas com fins de extração de algum princípio mineral também podem constituir importantes fontes de nutrientes e sua utilização pode ser interessante tanto econômica quanto ambientalmente, uma vez que estes rejeitos, normalmente, constituem passivos ambientais. No entanto, juntamente com os nutrientes, as rochas podem conter uma gama de elementos, com potencial de contaminação do solo e água, além de toxicidade às plantas, animais e microrganismos, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais hospedeiros. Por isso, a presença e dinâmica de elementos indesejáveis, como os metais pesados, ainda precisa ser melhor caracterizada no caso, por exemplo, de rochas silicáticas usadas como fontes de potássio. O efeito danoso de sua presença depende basicamente da quantidade acumulada e das formas químicas em que se apresentam no solo. A ocorrência dos metais pesados em formas solúveis, trocáveis, oclusas, precipitadas ou complexadas é que define o potencial poluidor (MacBride, 1994) e o impacto na qualidade do solo e água e toxicidade às plantas e outros organismos. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos EUA – EPA, o Pb, Cd e Cr estão entre as 20 substâncias mais perigosas e que necessitam de prioridade de monitoramento e controle (Guilherme, 1999). A EPA adota como nível de toxicidade o teor de metal pesado que provoque redução de 50% no crescimento de plantas (King, 1996). Assim, a pesquisa com essas rochas deve contemplar o acompanhamento mais detalhado da dinâmica e biodisponibilidade de metais pesados em relação ao potencial de contaminação ambiental. Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial de liberação de metais pesados por um resíduo de mineração utilizado como fonte alternativa de potássio para

plantas de soja, milho e melão em sistema de cultivos sucessivos em um Vertissolo, em condições de casa de vegetação.

**MATERIAL E MÉTODOS** - O trabalho foi realizado em um Vertissolo de textura argilosa (410 g kg<sup>-1</sup> de argila e 360 g kg<sup>-1</sup> de areia) da região do Vale do Submédio São Francisco, em Juazeiro-BA. A amostra de solo coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, apresenta as seguintes características químicas: M.O. = 35,69 g kg<sup>-1</sup>, pH = 7,5, P = 4 mg dm<sup>-3</sup>, K = 0,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca = 26,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg = 3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, CTC = 29,97 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V = 100%.

O material avaliado foi proveniente de um flogopitito, encontrado em rejeitos de mineração de esmeralda, em Pindobaçu, região de Campo Formoso (BA). Este rejeito foi submetido a flotação para extração de minério de molibdênio (Mo), gerando um resíduo secundário, utilizado no experimento, e que apresenta 4,9 % de K<sub>2</sub>O total e granulometria fina, com 3,1 % das partículas do tamanho de 2,00 a 0,84 mm, 21,45 % de 0,84 a 0,297 mm e 74,97 % menor que 0,297 mm. O Resíduo de Mineração (RM) foi aplicada em quatro doses, considerando-se o seu potencial de uso como fonte de potássio (0, 60, 120 e 240 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O) e os tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso de plástico com 3,2 dm<sup>3</sup> de solo.

Foram aplicados e incorporados ao solo de cada vaso, o resíduo de mineração de flogopitito, objeto do estudo, e o fósforo (P), deixando-os em incubação por um período de 30 dias. Depois da incubação, todas as unidades experimentais, com exceção do tratamento testemunha, receberam uma adubação básica e uniforme com enxofre (S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo) durante o primeiro ciclo de cultivo, na forma de solução nutritiva. Esta adubação complementar forneceu 200,0; 30,0; 0,81; 1,39; 1,55; 3,66; 4,0 e 0,25 mg dm<sup>-3</sup> de P, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo, respectivamente. Foram realizados cultivos sucessivos de soja (*Glycine max*), variedade Sambaíba, milho (*Pennisetum glaucum*), cultivar IPA BULK 1, e finalmente melão (*Cucumis melo*), variedade Tropical. Em cada ciclo, a parte aérea das plantas de cada espécie foi colhida em torno de 30 dias de cultivo. Antes e depois de cada cultivo, o solo de cada vaso foi preparado e submetido a secagem. A fim de avaliar o efeito residual das rochas silicáticas utilizadas no primeiro cultivo, foi realizada apenas adubação nitrogenada com 200 e 120 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente, nos cultivos de

milho e melão.

Após a colheita o material vegetal foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante para obtenção do peso da matéria seca (MS). Em seguida, o material foi moído e submetido à digestão nitroperclórica (Embrapa, 1999). Após cada colheita, coletaram-se amostras de solo, que foram secas ao ar, destorroadas, peneiradas e submetidas extração por água regia (McGrath & Cunliffe, 1985). Nos extratos foram determinados os teores de Cd, Pb, Ni e Cr por EAS. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - Houve aumento da produção de MS com a aplicação das doses de RM (Figura 1), seguida de uma leve redução na maior dose utilizada (240).

A menor produção ocorreu no primeiro ciclo (soja) seguido do milho, devido, provavelmente à solubilidade mais lenta desse tipo de material. Já no terceiro ciclo (melão), a produção de matéria seca foi reduzida novamente. Provavelmente, este resultado, esteja relacionado à exaustão das reservas de P pelos cultivos anteriores, sendo este o nutriente limitante. Além disso, houve correlação negativa significativa entre a produção de matéria seca da soja e os teores totais no solo de Cd(-0,87) e Pb(-0,67), e do melão e os teores de Ni (-0,81).

Após o cultivo da soja, observa-se que os teores totais de Ni e Cr no solo aumentaram com as doses aplicadas, apresentando comportamento quadrático, enquanto que para os teores de Pb o aumento foi linear. Já os teores de Cd reduziram, linearmente, com as doses de RM aplicadas (Figura 2). Após o segundo ciclo de cultivo (milho), a utilização de RM proporcionou aumento linear dos teores totais de Pb e Ni no solo, e comportamento quadrático para o teor de Cr em função das doses aplicadas (Figura 2) como fonte de nutrientes para as plantas. Os teores de Cd não se ajustaram a nenhum modelo de regressão. No entanto, os teores aumentaram mesmo onde não houve aplicação do RM (dose 0), havendo uma associação de fatores para explicar o acúmulo desses metais no solo. Em média, esses valores estão acima dos Valores de Referência de Qualidade (VRQ), que é a concentração de determinada substância no solo, que o define como um solo como limpo para o Estado de São Paulo. Esse VRQ é utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas (CETESB, 2005).

Não foi possível o ajuste dos teores de metais pesados no solo após o cultivo de melão a modelos de regressão, exceto para o teor de níquel que

reduziu, de forma quadrática com as doses (Figura 2).

Os teores totais de metais pesados no solo aumentaram em função dos cultivos, sendo mais elevados após o cultivo do milho e reduzindo-se novamente após o cultivo com melão (Figura 2). Isso se deve, em parte, a absorção desses metais pelas plantas cultivadas.

Houve um aumento da quantidade de metais acumuladas pelas plantas, principalmente para Cd (Figura 2B e C), que não foi detectado na MS das plantas de soja (1º. ciclo), mas foi detectado nos demais ciclos, e do Pb, metal mais acumulado no terceiro ciclo (melão). Conforme, já comentado, isso se deve, provavelmente, a natureza do material, que apresenta solubilização mais lenta. O Cr só foi detectado na MS das plantas de soja (1º. ciclo de cultivo). Os resultados obtidos para teores de metais na MS das plantas não se aproximam dos limites críticos (LC) definidos por Alloway (1997), a partir de compilação de Kabata-Pendias & Pendias (1992), como as concentrações na planta acima das quais a toxicidade é possível. No entanto, o crescimento das plantas foi limitado pelo baixo nível de nutrientes no solo.

**CONCLUSÕES** - O RM proporcionou efeito residual para os cultivos de milho e melão em sucessão à soja na produção de MS e no acúmulo de metais pelas plantas. Houve elevação dos teores totais de metais no solo comprometendo sua qualidade, mas as quantidades acumuladas pelas plantas ficarão abaixo do limites de toxidez.

## REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Blackie Academic & Professional, 1997. 368p.

CAMPE, J. O'BRIEN, T.A. BARKER, A.V. Soil remineralization for sustainable agriculture. *Remineralise the Earth*, Spring, p.141-146. 1996.

CETESB. **Decisão de diretoria Nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005**. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf)>. Acesso em: 3 julho 2010.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. 1<sup>st</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. 413p.

LEONARDOS, O. T he use of ground rocks in laterite systems: an improvement in the use of conventional soluble fertilizer? In: *International Seminar on Laterites . Proceedings...* 1995. p. 479-494.

MACBRIDE, M.D. *Environmental chemistry of soils*. New York: Oxford University, 1994. 406p.

McGRATH, S.P.; CUNLIFFE, C.H. A simplified method for the extraction of metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from soils and sewage sludges. *Journal of Science of Food and Agriculture*, Barking, v.36, p.794-798, 1985.

GUILHERME, L.R.G. Poluição do solo e qualidade ambiental. In: *CONGRESSO BRAS ILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 26. Brasília, 1999. Anais... Brasília: SBCS , 1999. (CD-rom).

KING, L.D. Soil heavy metals. In: ALVAREZ V., V.H.; FONT ES , L.E.; FONT ES , M.P.F. (Eds.) *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: UFV/SBCS, 1996. p.823-836.

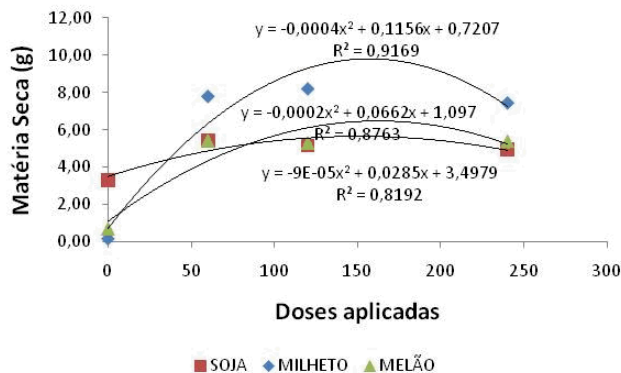


Figura 1. Matéria seca da parte aérea (g) produzidas pelas culturas da soja (A), do milho (B), e do melão (C) em função das doses de K<sub>2</sub>O aplicadas como Resíduo de Mineração.

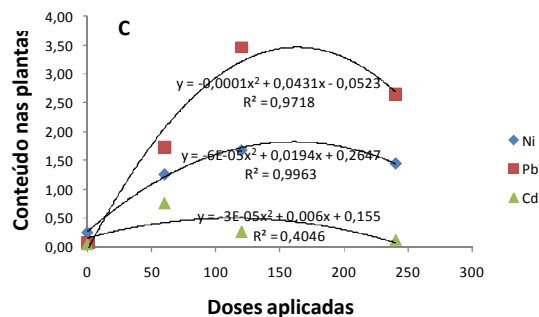
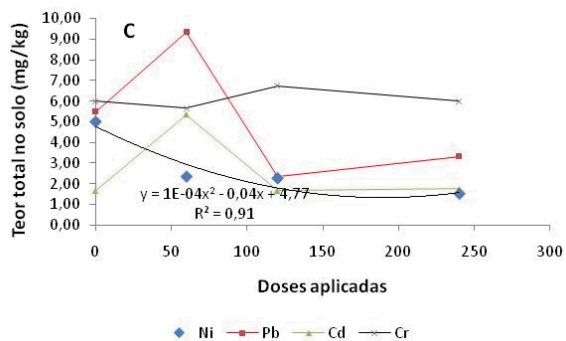
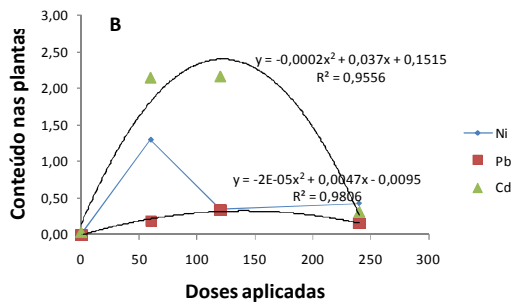
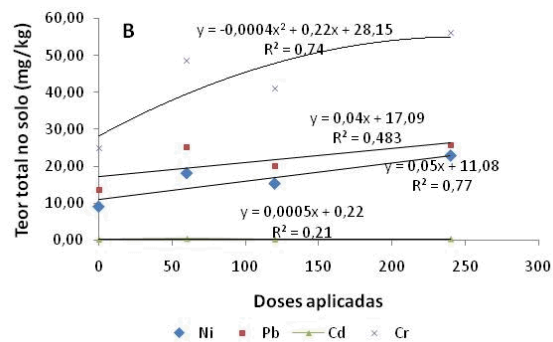
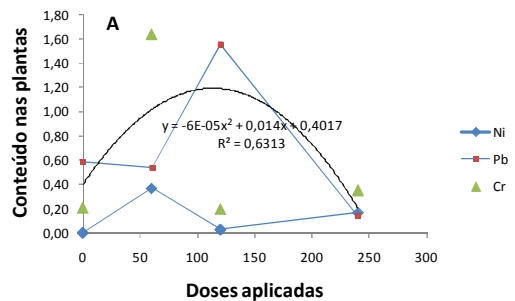
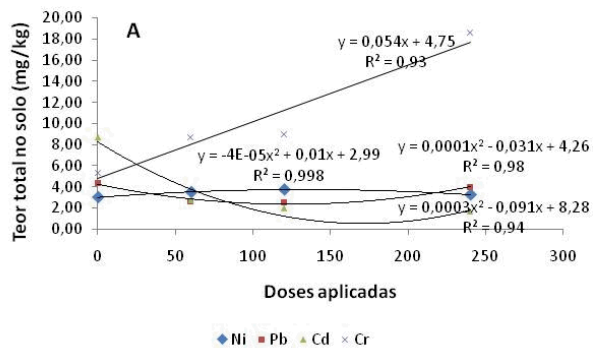


Figura 2. Teores de metais pesados no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), extraídos com água régia, e na parte aérea das plantas ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em função das doses de  $\text{K}_2\text{O}$  aplicadas como Resíduo de Mineração, após cultivos sucessivos de soja (A), milho (B), e melão (C).