

ESTUDO DA VIABILIDADE EM SOLOS AGRÍCOLAS DO USO DA BIOTITA-ANFIBÓLITO/XISTO CONTIDO NOS REJEITOS GERADOS PELOS GARIMPOS DA PROVÍNCIA ESMERALDÍFERA DE NOVA ERA – MG

Amando Pinho Aguiar¹, Adolf Heinrich Horn², Alexandre Sylvio Vieira da Costa³, José Maria Leal⁴, Gabriela P.P. Alves⁵.

1. Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFMG; Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha. CEP 31270-901. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, apaagro@gmail.com; 2. DEGEO-CPMTC, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha. CEP 31270-901. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, hahorn@ufmg.br; 3. Universidade Vale do Rio Doce; CEP 35020-220. Governador Valadares, MG, asylvio@univale.br; mariofabre@hotmail.com; marilopes@hotmail.com; 4. Geólogo, consultor autônomo; 5. Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha. CEP 31270-901. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

Recebido em 18 de abril de 2012; aceito em 16 de maio de 2012

RESUMO: Os rejeitos minerais gerados pelos processos de mineração de esmeraldas possuem uma composição mineralógica e química peculiar aos insumos agrícolas (corretivos e fertilizantes). Os elementos químicos encontrados nos minerais desses materiais podem conforme o seu processo de ionização na solução do solo e comportamento dos elementos potencialmente tóxicos (EPT) fornecer nutrientes minerais ao solo em sua complementação para o cultivo agrícola. Como o Brasil apresenta dependência da importação de insumos minerais para produção de fertilizantes, principalmente o Potássio (K^{+1}), investigar os comportamentos no solo de novas fontes minerais fornecedoras de nutrientes para as culturas agrícolas mostra-se importante. O objetivo desse trabalho foi avaliar a disponibilidade dos nutrientes K^{+1} , Mg^{+2} , Ca^{+2} em solo Arenoso Médio Silteoso, com 143,65 mg/dm³ de Potássio e 14% Silte coletado na área de cultivo da Faculdade de Agronomia - FAAG - UNIVALE. O experimento foi instalado no laboratório de solos da FAAG da Univale – MG. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 8 x 4 + 1, correspondendo a 8 doses do rejeito (0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40 toneladas por hectare), com 4 repetições e o tratamento testemunho, totalizando 36 parcelas. Após 60 dias de incubação em ambiente controlado, os solos foram coletados para analisar os valores dos nutrientes minerais K^{+1} , Mg^{+2} , Ca^{+2} disponibilizados. O rejeito mineral é proveniente de rochas vulcano-sedimentares, englobadas por rochas gnáissicas de idade Arqueano/Proterozóico. A sequência engloba orto e paragneisses, anfíbolitos e xistos diversos com intercalações de quartzitos, quartzo-mica xistos e rochas calco-silicáticas. O uso do rejeito proporcionou aumento nos níveis de K^{+1} , Mg^{+2} , no solo, além da diminuição da saturação de Alumínio (8,2%). Para os elementos Potássio e Magnésio houve acréscimos de 88 e 147 % para os tratamentos correspondentes a 20 e 16 t/ha, respectivamente. O Brasil apresenta Três províncias esmeraldíferas (Nova Era - Minas Gerais, Campo Formoso – Bahia e Santa Terezinha – Goiás) que podem suprir em quantidade significativa desse rejeito a indústria de fertilizantes.

Palavras chave: mineração, rejeito, agricultura, insumo, fertilizante

ABSTRACT: FEASIBILITY STUDY ON THE USE OF AGRICULTURAL SOIL BIOTITE -AMPHIBOLITE/SCHIST CONTAINED IN RESIDUOS/WASTE GENERATED BY MINING OF EMERALDIFER PROVINCE OF NOVA ERA – MG. The wastes generated by mining processes have a particular chemical and mineralogical composition to agricultural inputs (fertilizer and lime). The chemical elements found in minerals such material can according to their ionization process in the soil solution, behavior of Potentially Toxic Elements (PTE) provide nutrients minerais to the soil for growing agricultural. As Brazil has dependency on imported inputs for production of mineral fertilizer, especially potassium (K^{+1}), to investigate the behavior in soil mineral supplier of new sources of nutrients for crops shown to be important. The aim of this study was to evaluate the availability of nutrients such K^{+1} , Mg^{+2} , Ca^{+2} Arenoso Medium Silte soil, with 143,65 mg/dm³ potassium and 14% silte collected in the area of cultivation FAAG - UNIVALE. He settled in the experiment soil laboratory of the Faculty of Agronomy - FAAG University Vale do Rio Doce – MG. The experimental design was completely randomized with a factorial scheme 8 x 4 + 1, corresponding to eight doses of the waste (0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40 tons per hectare) with four replications and treatment testimony, totaling 36 plots. After 60 days of incubation in a controlled environment, the soils were collected to analyze the values of the nutrients minerals K^{+1} , Mg^{+2} and Ca^{+2} available. The waste comes from mineral rock of volcanic-sedimentary rocks, encompassed by old gneissic rocks Archaean / Proterozoic. The sequence encompasses ortho-and para-gneisses, amphibolites and schists with several intercalations of quartzites, quartz-mica schist and calc-silicate rocks. The use of waste yielded increased levels of K^{+1} and Mg^{+2} , in the soil, besides the aluminum saturation decreased (8,2%). To the nutrients Potassium and Magnesium additions were 88 and 147% for treatments of 20 and 16 t / ha, respectively. Brazil has esmeraldíferas three provinces (Nova Era - Minas Gerais, Campo Formoso - Bahia and Santa Terezinha - Goiás) that can supply significant amounts of waste in the fertilizer industry.

Keywords: mining, waste, agriculture, lime, fertilizer

1. INTRODUÇÃO

A crescente população mundial está induzindo um aumento significativo no processo de industrialização, tendo como consequência a intensificação do uso dos recursos naturais e geração de resíduos/rejeitos. As mineradoras para suprir de bens minerais a demanda da indústria mundial tem produzido em grande escala os rejeitos de suas atividades, proporcionando interferências ambientais com consequências à manutenção da

vida no planeta terra. O destino desses rejeitos apresenta-se como problema econômico-ambiental, configurando-se como passivo ambiental de custo elevado e de complexa manutenção/gestão para as mineradoras, no presente e futuro, Machado (1994). Paralelo ao aumento no número de habitantes do planeta será necessário também, uma maior produção de alimentos e bens de consumo, além de uma eficiente e sustentável exploração dos recursos naturais (solos e minerais), bem como de uma destinação adequada desses rejeitos de mineração,

viabilizando um menor impacto ambiental e aos seres vivos. Segundo Costa (2009), alguns desses resíduos ou rejeitos de mineração possuem minerais primários e secundários que apresentam também em sua constituição elementos químicos que são exigidos pelas culturas agrícolas no seu desenvolvimento fisiológico e produção. Como os corretivos de solo e insumos minerais usados na fabricação de fertilizantes necessários à agricultura moderna apresentam-se como recursos não renováveis, investigar o uso de fontes alternativas para suprir os solos em sua constituição química e mineralógica para produção vegetal tem-se demonstrado como técnica promissora e eficiente em países de clima tropical, CETEM (2009). Para se produzir alimento em escala suficiente para alimentar a crescente demanda populacional mundial será exigido um intenso consumo de insumos minerais nas suas diversas formas de utilização, isto é, como fertilizantes ou matéria prima para indústria de fertilizantes, como aditivos (condicionadores ou corretivos) de solos, biotecnologia e um uso eficiente do solo no cultivo agrícola, através de manejo específico das culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilização e viabilidade de uso do rejeito mineral como fornecedor de Potássio - K^{+1} , Magnésio - Mg^{+2} , e Cálcio - Ca^{+2} em solo agrícola Arenó Médio Siltoso.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado o rejeito mineral da mina Belmont - LTDA e garimpo Capoeirana de esmeraldas (Berílio - $Al_2Be_3(Si_6O_{18})$) localizadas entre os paralelos $19^{\circ} 40'$ e $19^{\circ} 43'$ sul e meridianos $43^{\circ} 04'$ e $43^{\circ} 08'$ W entre os municípios Nova Era, Itabira e Ferros – MG, Província Esmeraldífera apresentada na Figura 1 e solo Arenó médio siltoso (14% de silte), coletado na área experimental da Faculdade de Agronomia – FAAG da Universidade Vale do Rio Doce – UNIVALE, localizada nas coordenadas geográficas $18^{\circ}50'23.43''S$ e $41^{\circ}54'08.28''W$, Governador Valadares – MG (figura 1).

O solo utilizado foi coletado na camada de 0 - 10 centímetros, secado à sombra e peneirado em peneiras de malha de 5,0 mm para uniformização de suas partículas. O rejeito mineral após coletado nos depósitos dos garimpos foi britado e padronizado à granulometria $< 0,500$ mm ou 35 Mesh. A biotita/xisto - $(KSi_3Al((Mg,Fe)_3)_{10}(OH)_2)$ e anfibólio/xisto - $(Si_4O_{11})_n^{-6}$, são alguns dos minerais primários presentes nos rejeitos minerais das rochas metamórficas ultra-máficas do Arqueano/Proterozóico, com mineralizações em esmeraldas (figura 2). Segundo análises realizadas no laboratório Acmlabs (Acme Analytical Laboratories - LTDA) o rejeito mineral apresentou a seguinte caracterização química, (Figura 3).

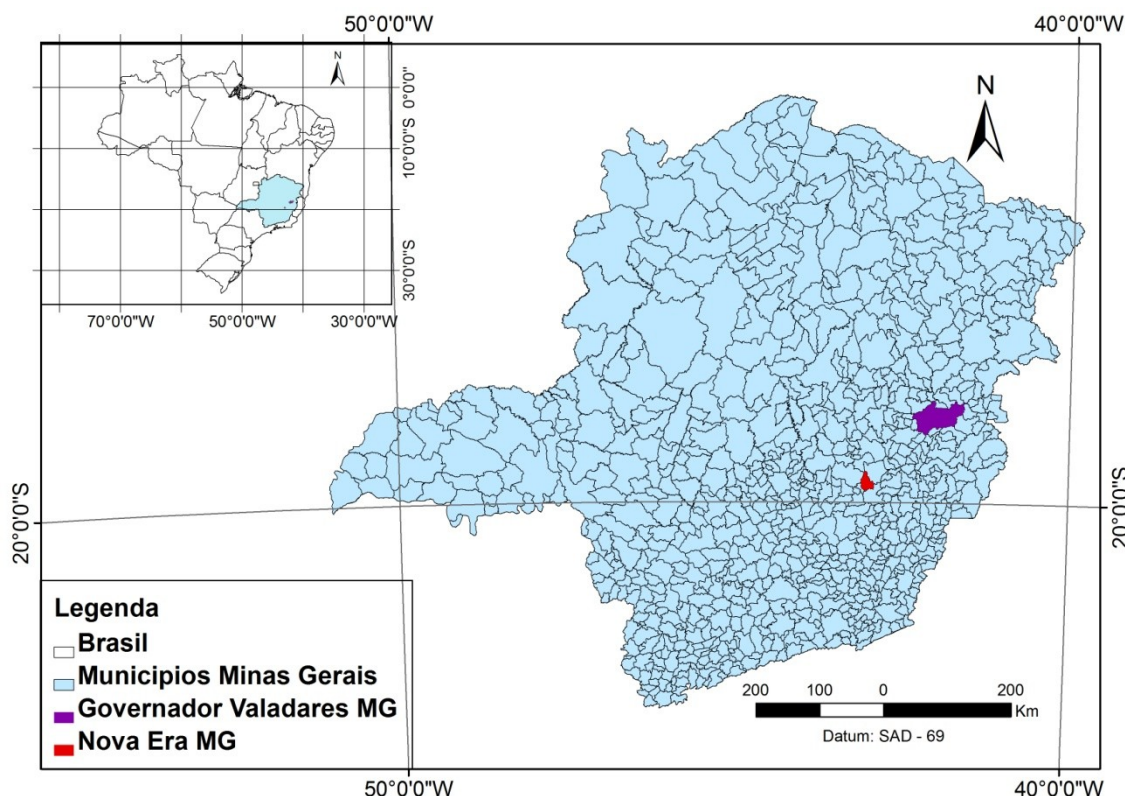


Figura 1 - Mapa de localização da mina Belmont e Garimpo Capoeirana no município Nova Era - MG (Modificado, GEOMINAS, 1996).

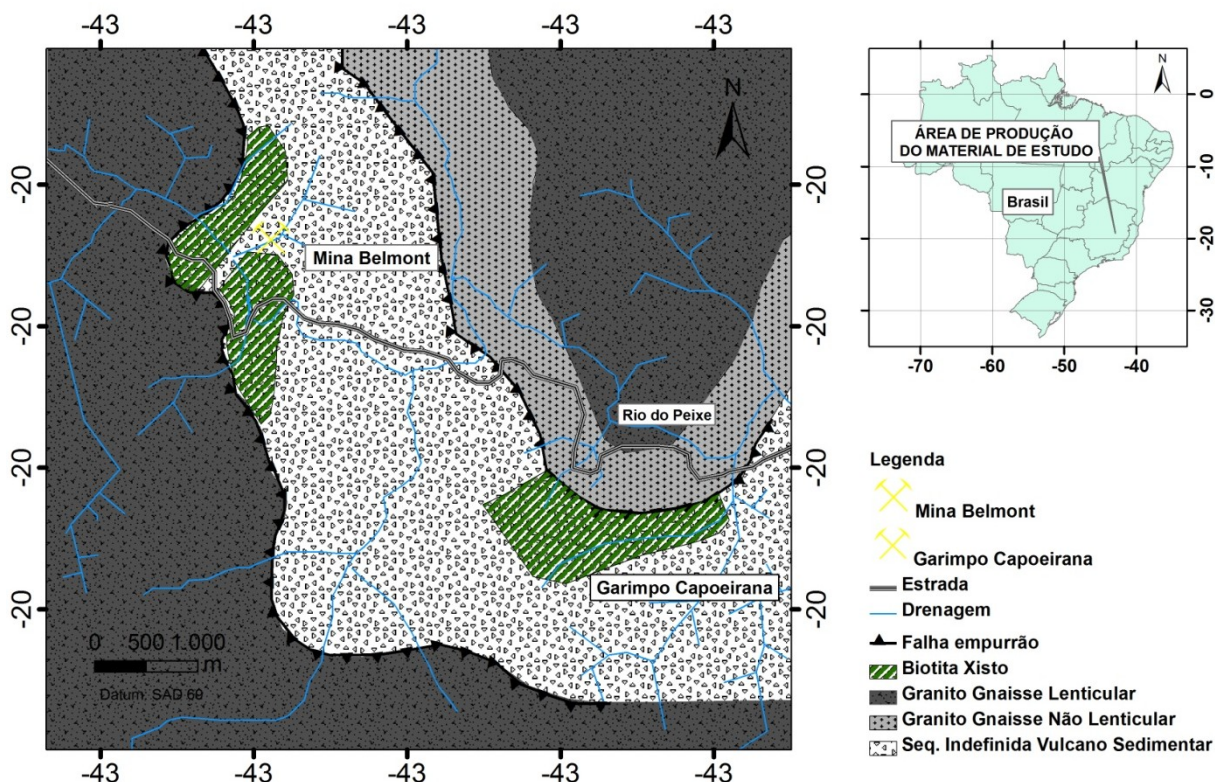


Figura 2 - Mapa simplificado da Geologia da mina Belmont e Garimpo Capoeirana município Nova Era – MG (Modificado de Constanzo A. 2010).

Análise	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	LOI	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂
Unidade	%										
Rejeito	9,29	4,35	0,3	9,87	3,13	2,53	19,17	0,16	0,8	0,02	50,2

Figura 3 - característica química do rejeito (Acme Analytical Laboratories – LTDA).

O solo utilizado no ensaio experimental foi um Areia Médio Siltooso, com as características físicas apresentadas na figura 4. Para determinação química do solo foram avaliados os seguintes parâmetros: pH, fósforo solúvel (P), potássio (K⁺¹) Extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025N), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺) – Extrator KCl 1mol L⁻¹, Acidez potencial (H+Al), Soma de bases (S), CTC total (T), CTC efetiva (t), Saturação de Bases (V) e saturação de Alumínio (m). A caracterização química do solo, Ribeiro *et al.* (1999) apresentou os seguintes resultados (Figura 5).

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
%			
63	11	14	12

Figura 4 - caracterização física do solo (Laboratório solos – FAAG - UNIVALE).

O rejeito e o solo foram misturados nas proporções (0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40) toneladas por hectare, correspondendo a (0mg, 50mg, 100mg, 200mg, 400mg, 600mg, 800mg, 1000mg, 2000mg) respectivamente, considerando o solo com

densidade aparente de 1,00 g/cm³. Depois de misturados e preparados os 100 gramas das amostras foram colocadas em copos plásticos e irrigados até atingir 80% da capacidade de campo, com controle de umidade a cada dois dias, deixando-os em sala de incubação por 60 dias com temperatura controlada variando entre 27° e 33° C. Os copos foram cobertos com manta plástica transparente objetivando a redução da evapotranspiração do solo e a manutenção do teor de umidade para favorecer reações químicas entre os materiais analisados. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizada com quatro repetições para cada dose do rejeito utilizado. Após o período 60 dias de incubação, os solos foram coletados e colocados para secar à sombra (TFSA) visando a preparação para as análises químicas de rotina segundo o método Caratinga descrito por Ribeiro & Braz (1997a, 1997b). Para observar o comportamento dos minerais e possíveis elementos químicos passíveis de se ionizar presentes no rejeito foram realizadas lixiviações em lixiviômetro estático sob condições controladas (23° C a 25° C temperatura ambiente, com pH = 5,6).

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	t	V	m
	(mg. dm ⁻³)		(cmolc. dm ⁻³)				(cmolc. dm ⁻³)			(%)	
6,20	13,90	143,65	1,5	0,60	0,30	4,50	2,47	6,97	2,77	35,44	10,83

Figura 5 - característica química do solo (Laboratório solos – FAAG - UNIVALE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 6, com ajuste quadrático ($y = -0,2863x^2 + 14,28x + 94,623$) em função das doses do rejeito, foram observadas alterações nos valores do nutriente Potássio - K^{+1} em relação ao solo original, que apresentou valores de 143,65 mg/dm³, acréscimos que variaram entre 88 e 44% para os tratamentos com 20 e 40t/ha, respectivamente. Para o Magnésio - Mg^{2+} os níveis alterados no solo variaram de 13 a 147%, correspondente às doses 4 e 16 t/ha respectivamente, como pode ser observado na figura 7. O valor correspondente ao acréscimo do Magnésio no solo em maiores proporções pode ser confirmado pela caracterização química do rejeito

mineral para esse elemento que foi de 19,17%. O efeito no solo para o elemento Cálcio (Ca^{+2}), analisado pelo Método (EMBRAPA 1997) com extrator KCl 1mol L⁻¹ após uso do rejeito, não se mostrou positivo, contrapondo os resultados obtidos por análise em ICP – OES após lixiviação em lixiviômetro estático (figura 8). Em relação à saturação de alumínio, a redução também se mostrou significativa com uma diminuição do percentual da ordem de 8,2% (10,83% do solo original para 9,94% do solo com aplicação de 40t/ha). Estes valores foram obtidos principalmente por dois fatores: a redução do teor de alumínio livre do solo e o aumento da saturação de bases, principalmente o Magnésio – Mg^{+2} e Potássio K^{+1} .

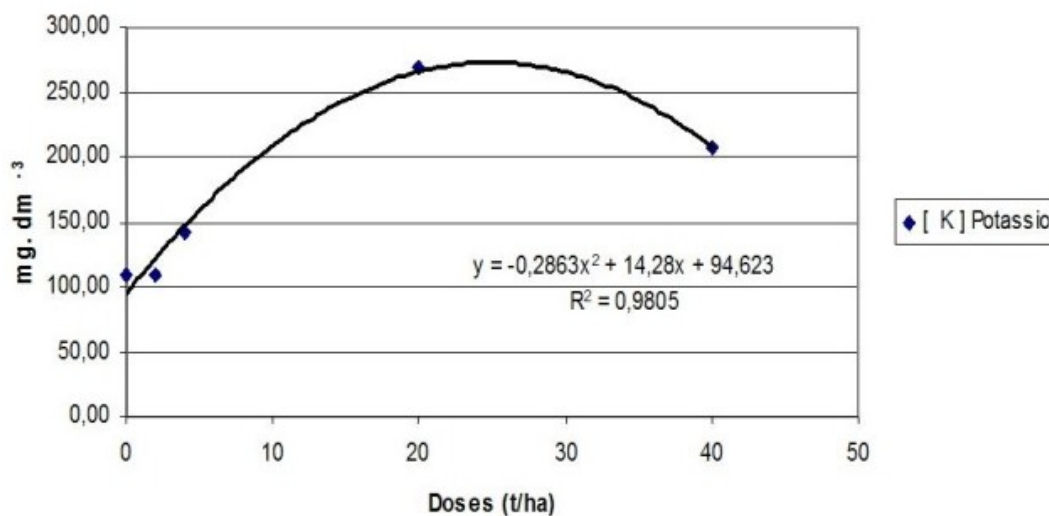


Figura 6 - Teor de Potássio acumulado no solo incubado (60 dias) com diferentes proporções de rejeito mineral. FAAG – UNIVALE

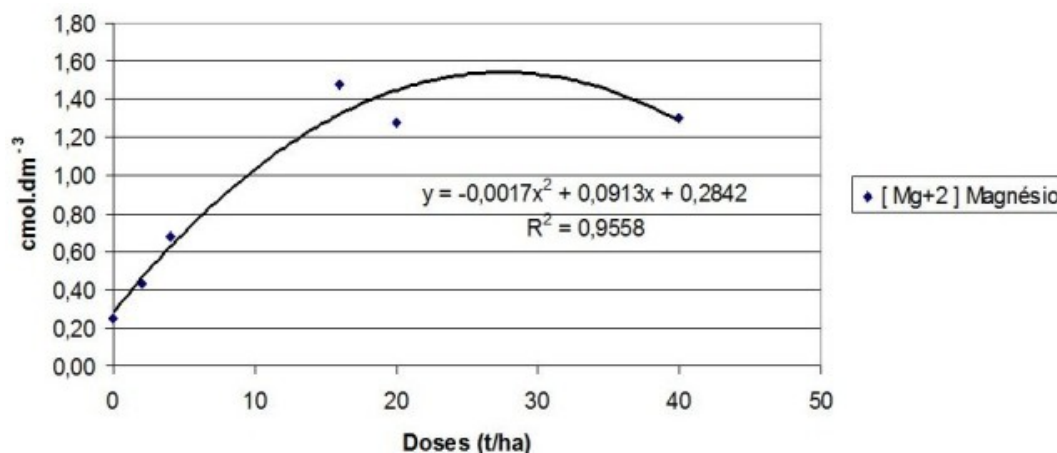


Figura 7 - Teor de Magnésio acumulado no solo incubado (60 dias) com diferentes proporções de rejeito mineral. FAAG – UNIVALE.

O rejeito possui em seus minerais elementos químicos como Mg e K que podem ser viabilizados para uso em solo agrícola. Resende *et al.* (2006) considera necessário interferências térmicas ou químicas para viabilizar o uso desses materiais como fornecedores de nutrientes a solos agrícolas. Segundo Resende *et al.* (2006), rochas que contém os minerais como biotita, anfíbolito e flogopita apresentam-se inviáveis de serem utilizados de forma direta em solos agrícolas quando comparados às fontes mais solúveis (K₂O), por exemplo o Cloreto de Potássio (KCl) que apresenta teor de K₂O próximo de 60 %. Não foi observado alteração no pH do solo para as doses aplicadas, mostrando sua ineficiência como corretivo de acidez.

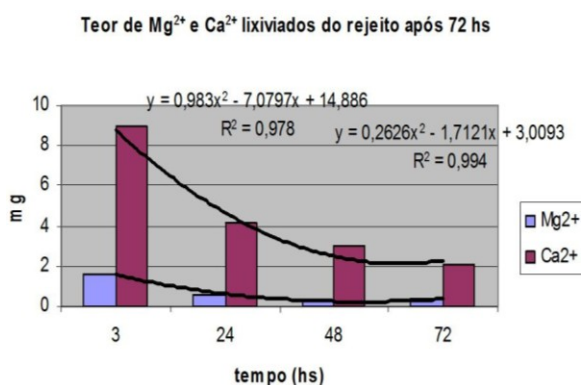


Figura 8 - Teores de Magnésio e Cálcio lixiviados do rejeito mineral após 72hs sob condições controladas a 23° C - 25° C e pH=5,6 (ICP – OES do IGC – UFMG).

4. CONCLUSÕES

Os resultados preliminares deste trabalho confirmam um incremento de elementos como Magnésio - Mg⁺² e Potássio - K⁺¹ na melhoria química dos solos agrícolas. O uso do rejeito mineral contendo Biotita-Anfíbolio-flogopita/xisto, feldspato, plagioclásio e quartzo complementa os solos com minerais primários, fornecendo elementos químicos necessários ao desenvolvimento de culturas agrícolas. Os depósitos de rejeitos proveniente da mineração e garimpo de esmeraldas podem, conforme a sua quantidade, estruturação, localização, composição mineralógica e química servir como complementação de insumos para a indústria de fertilizantes.

5. AGRADECIMENTOS

Às universidades (Universidade Vale do Rio Doce - UNIVALE, à Faculdade de Agronomia – FAAG e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG) por apoio em logística e suporte financeiro. À mineradora Belmont e Garimpo Capoeirana.

Contribuição apresentada no “International Symposium Workshop on Mining activities, refineries, pollution control and remediation strategies”, realizado no IGC-UFMG (Belo Horizonte, 12 a 20 de setembro de 2011).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costanzo A., Blamey N.J.F., Feely M., Lynch E.P., Pironon, T., Lavin, P. 2010, “Emeralds from the Piteiras Mine, Minas Gerais State, Brazil: genetic implications from fluid inclusion studies”. Earth Environment science, PACROFI, p. 31-32.
- Lapido F.E., Sampaio A.J., Castilhos Z.C., Bezerra, M.S. 2009. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, (CETEM), 39 p.
- Costa A.S.V. 2009. Avaliação dos resíduos gerados pelas indústrias de pedras e granitos do Espírito Santo no manejo de solos agrícolas. Tese de Pós – Doutorado, Instituto de geociências – IGC – UFMG - Belo Horizonte - MG. 137p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 1997. Serviço nacional de pesquisa e levantamento de solos. Manual de métodos de análise solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 212p.
- Fernandes M.M. 2008. Viabilidade agrônômica do uso do rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, estado de Minas Gerais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – UFMG, 190 p.
- Leal J.M. 1998. Universidade Federal de Minas Gerais. Estudo das Inclusões Fluidas em Esmeraldas e Quartzo Associados no Garimpo de Capoeirana Nova Era - MG. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – UFMG, 93p.
- Machado G.A.A. 1994. Geologia da região e aspectos genéticos das jazidas de esmeraldas de Capoeirana e Belmont, Nova Era - Itabira, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Geociências (Mineralogia e Petrologia). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Universidade de São Paulo, 134p.
- Mauro R., Curi N., Rezende S., Corrêa G. F. 4ª Ed. 2002. Pedologia: base para distinção de ambientes... Núcleo de Estudos de Planejamento e Uso da Terra – NEPUT, Viçosa, 338p.
- Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Álvares, V.H. 1999. 5ª Ed. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais - MG. 359p. (5ª Aproximação).
- Resende A.V., Machado C.T.T., Martins E.S., Nascimento M.T., Sena M.C., Silva L.C.R., Linhares N.W. 2006. Rochas moídas como fonte de potássio para o milho em solo de cerrado. Planaltina – DF. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa cerrados, 20p.
- Ribeiro A.C. Braz V.D. 1997. Análise química do solo. 2ª Ed. Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais, 26p. (Boletim de Extensão 29).
- Kierczak J., Neel C., Aleksander-Kwarczak U., Helios-Rybica E., Bril H., Puziewicz J. 2008. Solid speciation and mobility of potentially toxic elements from natural and contaminated soils: A combined approach. Chemosphere. ELSEVIER, 777: 776 – 784.
- Belmont, LTDA. 2010. Disponível em: http://www.infomine.com/index/companies/BELMONT_MINERACAO_LTDA.html. Acessado em: 17 maio 2011.
- Geominas, 1996. Informações e dados geográficos: Disponível em: <http://www.geominas.mg.gov.br>, Acessado em 8 maio 2011.