

USO DO REJEITO DA MINERAÇÃO DE ESMERALDAS DA PROVÍNCIA ESMERALDÍFERA ENTRE ITABIRA NOVA ERA – MG, COMO FORNECEDOR DE NUTRIENTES A SOLOS AGRÍCOLAS

Amando P. Aguiar¹

Adolf Henrich Horn²

Alexandre Sylvio Vieira da Costa³

José Maria Leal⁴

Resumo

Foram conduzidos dois experimentos em laboratório com incubação do rejeito mineral formado predominantemente por esmeralda-biotita-mica-anfibólio-quartzo xisto ao solo sem e com plantas. No primeiro, foi avaliado a liberação de Mg^{+2} , Ca^{+2} e K^{+} trocáveis, variação do pH, percentual da saturação de alumínio e por bases do solo. A metodologia usada foi incubar 0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40 ton./ha de rejeito por 60 dias. No segundo, foi avaliada a produção de matéria seca do Milho Híbrido para as doses utilizadas na forma de pó de rocha de 0, 5, 10, 20, 40 ton./ha. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições no primeiro e cinco no segundo. A granulometria do rejeito foi padronizada em partículas $< 0,500mm$. A capacidade do rejeito mineral liberar Mg^{+2} e K^{+} para o solo variou conforme a dosagem. Com as doses testadas foram observadas alterações nos valores de Potássio atingindo 250 mg/dm^3 na dose próximo a 20 ton./ha. Para o Magnésio os níveis alterados variaram com teores de $0,30\text{ cmol/dm}^3$ no solo testemunho, chegando a valores acima de $1,5\text{ cmol/dm}^3$ para dose próxima de 20 ton./ha. Para o Cálcio a alteração no solo não se mostrou positiva. Para o período analisado não houve alteração significativa no pH do solo. Em relação à saturação de alumínio houve redução do

¹ Pós – Graduando; Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa - CPMTC, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, apaagro@gmail.com; ² Professor, NGqA-IGC/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, hahorn@ufmg.br; ³ Professor, Faculdade de Agronomia - FAAG, Universidade Vale do Rio Doce - Univale, Governador Valadares - MG, asylvio@univale.br; ⁴ Consultor, Nanotech – LTDA, nanotech.brasil@gmail.com



percentual de 60% para a dose de 40ton./ha. Na Saturação por Bases, houve acréscimos, sendo que a variação foi entre 7 e 34% para as doses 1ton./ha e 40ton./ha. Na produção de matéria seca do Milho Híbrido em relação à testemunha, o incremento dos valores alcançaram aproximadamente 350 g/vaso com acréscimos de 78%. As características químicas do rejeito, aliado à baixa concentração dos Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT), motivam estudos de técnicas, intervenções químicas ou bioquímicas para melhorar a liberação dos nutrientes minerais, podendo aumentar sua eficiência agrônômica.

Palavras-Chave: Mineração, Rejeito Mineral, Agricultura

Introdução

O crescimento da população mundial impulsiona um aumento significativo no processo de industrialização, tendo como consequência a intensificação do uso dos recursos naturais e geração de resíduos/rejeitos que podem causar inúmeros problemas ambientais, e riscos inclusive à sobrevivência dos seres vivos no planeta. A extração de determinados tipos de minério vem aumentando significativamente ao longo das últimas décadas, visando atender a demanda da indústria mundial no fornecimento de produtos à sociedade.

O desconhecimento de como tratar e disponibilizar de forma adequada os estéreis minerais, aliado ao não cumprimento da legislação em vigor, devido à complexidade dos fatores técnicos e econômicos envolvidos, pode acarretar sérios prejuízos de ordem ambiental e econômica para a sociedade. Um dos mais relevantes problemas ambientais da atualidade está relacionado à atividade de mineração, principalmente devido à geração de rejeito, que se torna um passivo ambiental. Tais rejeitos quando lançado diretamente em sistemas naturais, sem a observação de critérios definidos, podem representar um grande potencial poluidor do solo, das águas subterrâneas e superficiais.

Considerando que o aumento no número de habitantes do planeta terra provocará uma maior demanda por alimentos e recursos, será também necessário encontrar formas mais eficientes e sustentáveis exploração dos recursos naturais. Segundo CETEM 2009, o Brasil apresenta uma dependência na produção de insumos minerais para a indústria de



fertilizantes, com importação da ordem de 50% para adubos formulados, com ênfase para o potássio, que atinge 90%. Esses percentuais elevados resultam da baixa oferta desses produtos no País, em função do reduzido número de jazidas em atividade para este fim no território nacional. Assim, analisar e propor o uso de fontes minerais alternativas é uma opção para o País, que tem grandes quantidades de rejeitos ou subprodutos provenientes da mineração de esmeraldas.

Para tanto, é necessário que se conheça a sua composição geoquímica, estruturação e seus mecanismos de produção. Tais materiais poderão se converter em insumos agrícolas regionalizados. Um aumento na oferta destes materiais poderá suprir de forma barata e eficaz a alta demanda para viabilizar a produção agrícola. Tal aumento também tem o potencial de mitigar a problemática econômica e ambiental da disposição destes materiais.

Matérias e métodos

Neste projeto de pesquisa foi utilizado o rejeito mineral coletado em diversas pilhas da Mineradora Belmont - LTDA e Garimpo Capoeirana de esmeraldas localizadas na Província Esmeraldífera entre Itabira e Nova Era em Minas Gerais. A coleta da amostra foi realizada em 20 pontos distintos das pilhas de rejeito das jazidas, de forma que se pudesse ter uma amostra representativa.

A amostra coletada foi encaminhada ao NGqA - CPMTC do Instituto de Geociências – IGC, da Universidade Federal de Minas Gerais para ser fracionado em moído Modelo MPV - 1 à granulometria < 0,500 mm (ABNT 10, 20, 30 e fundo). Sub-amostras do material foram encaminhadas à Univale, onde foi realizado teste com plantas em casa de vegetação e para caracterização química total no laboratório AcmeLabs Analytical Laboratories – LTDA.

Tabela 1. Característica química do rejeito (XRF Whole Rock & ICP-MS Trace Elements)

Comp.	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	Pb	Cd	Cu	Ni	Ti	Zn
Un	%										mg.Kg ⁻¹					
Rejeito	9,3	4,4	0,3	9,9	3,1	19,2	0,2	0,8	0,02	50,2	5,2	<0,1	4,4	167	5,1	107

O solo agrícola utilizado foi coletado no perfil de 0 - 10 centímetros no campo experimental da Faculdade de Agronomia – FAAG da Universidade



Vale do Rio Doce – Univale, em Governador Valadares, Minas Gerais. Após coletado, foi encaminhado à casa de vegetação e para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da FAAG - Uniavale. A preparação das amostras de solo para análises constituiu em secar à sombra e padronização das partículas em peneiras com malha de 2,0 mm.

Em seguida foram separadas sub-amostras para análises químicas e físicas de rotina, para determinação dos atributos químicos e físicos do solo, segundo os métodos descritos em EMBRAPA, (1999). Os resultados estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. O solo utilizado foi classificado como aluvial.

Tabela 2. Característica química do solo utilizado no experimento: pH em água, Fósforo solúvel (P), Potássio (K^{+1}) Extrator Meilich 1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,0025 N), Cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), Alumínio (Al^{+3}) – Extrator KCL 1 mol. L.⁻¹, Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V) e Saturação de Alumínio (m)

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	1,50	0,60	0,30	4,50	2,47	6,97	2,77	35,77	0,83

Tabela 3. Análise textural (EMBRAPA 1999)

Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
g/Kg			
630	110	140	120

Incubação do Solo com Rejeito Mineral

A amostra derivada do rejeito e o solo foram misturados nas proporções (0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40) ton./ha, considerando solo de densidade aparente a 1,00 g/cm³. Depois de misturadas e preparadas as 100 gramas de cada amostra foram colocadas em copos plásticos. Todas as amostras foram irrigadas até atingir 80% da capacidade de campo, com controle de umidade a cada dois dias.

Tais misturas ficaram incubadas em casa de vegetação 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 inteiramente casualizado com quatro repetições para cada dose do rejeito.

Após 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 EMBRAPA (1999).

Testes com plantas

O solo foi acondicionado em vasos plásticos com capacidade de para armazenar 60 dm³ de amostras. Na camada superficial do solo, 20 centímetros de profundidade, foram misturados o rejeito mineral na forma de pó de rocha, nas proporções 0, 150, 300, 600 e 1200g/vaso correspondendo à utilização de 0, 5, 10, 20, 40 ton./ha, respectivamente, considerando o solo com 1,00 g/cm³ de densidade aparente. Depois de misturados e preparados, os vasos foram dispostos em bancada em casa de vegetação. Na sequência plantou-se as sementes do Milho Híbrido Duplo BR 206 a dois centímetros de profundidade. Após 15 dias do plantio foi realizado o desbaste das plantas com manutenção de duas plantas de milho por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco repetições para cada dose do rejeito, totalizando 25 parcelas. Foi aplicado 10 gramas de uréia agrícola por vaso em cobertura durante o desenvolvimento da cultura, correspondendo à utilização de 160 kg/ha de Nitrogênio por hectare, de acordo com recomendações químicas para a cultura do milho em Ribeiro et al. (1999). Os vasos foram irrigados a cada dois dias buscando-se manter o solo com 80% da capacidade de campo e condições para um bom desenvolvimento fisiológico das plantas. Após o término do ciclo da cultura foram coletadas as plantas de milho para as determinações fitotécnicas.

Resultados e Discussão

Caracterização química do solo incubado

Na figura 1, com ajuste quadrático ($y = -0,2863x^2 + 14,28x + 94,623$) em função das doses do rejeito foram observadas alterações nos valores do



nutriente K^+ em relação ao tratamento testemunho, com os teores atingindo níveis superiores a 250 mg/dm^3 na dose próximo a 20 ton./ha . A partir deste ponto ocorreu uma redução na concentração do K^+ até atingir valores próximo a 200 mg/dm^3 na dose de 40 ton./ha do rejeito.

A disponibilidade do íon potássio aumentou no solo em função da aplicação do pó de rocha até a dose aproximadamente de 20 ton./ha , observado quando analisado pelo Método EMBRAPA, (1999) que usa como extrator Mehlich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$). A partir deste ponto ocorreu uma queda na sua disponibilidade no solo, provavelmente pela associação com ânions existentes no mineral que foram disponibilizados e se associaram ao potássio formando compostos de menor solubilidade (Fig. 1).

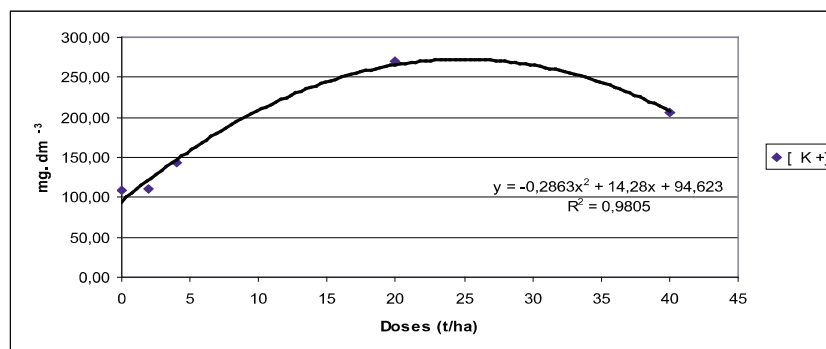


Figura 1. Teor de Potássio no solo incubado

Para o Magnésio, os níveis encontrados após os testes variaram significativamente com valores de $0,30 \text{ cmol/dm}^3$ no solo testemunho, até valores acima de $1,5 \text{ cmol/dm}^3$ com o uso do rejeito na dose próximo de 20 ton./ha (Fig. 2). Nas doses mais elevadas observa-se uma queda na concentração do magnésio até aproximadamente $1,3 \text{ cmol/dm}^3$ na maior dose testada (40 ton./ha). O valor correspondente ao acréscimo do íon Mg^{2+} no solo em maiores proporções pode ser confirmado pela característica química do rejeito para esse elemento que foi de $19,17\%$ (Tab. 2).

O efeito no solo para o íon Ca^{+2} , analisado pelo Método EMBRAPA, (1999) que utiliza como extrator $\text{KCl } 1 \text{ mol. L}^{-1}$ após uso do rejeito, não se mostrou positivo. A baixa resposta apresentada pelo cálcio no solo confirma-se pelo teor deste elemento caracterizado quimicamente no rejeito mineral (Tabela 1).

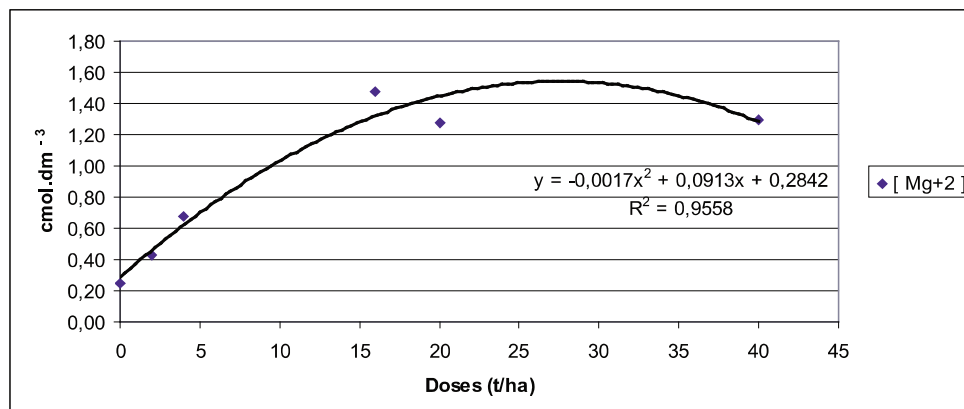


Figura 2. Teor de Magnésio no solo incubado

Em relação à saturação de alumínio, a redução também se mostrou significativa com uma diminuição do percentual da ordem de 60% comparando o solo testemunho com o tratamento de maior dose aplicada do rejeito (40ton./ha). Sugere-se que estes valores foram obtidos principalmente por dois fatores: a redução do teor de alumínio - Al^{+3} livre do solo e o aumento da saturação por bases: Magnésio e Potássio.

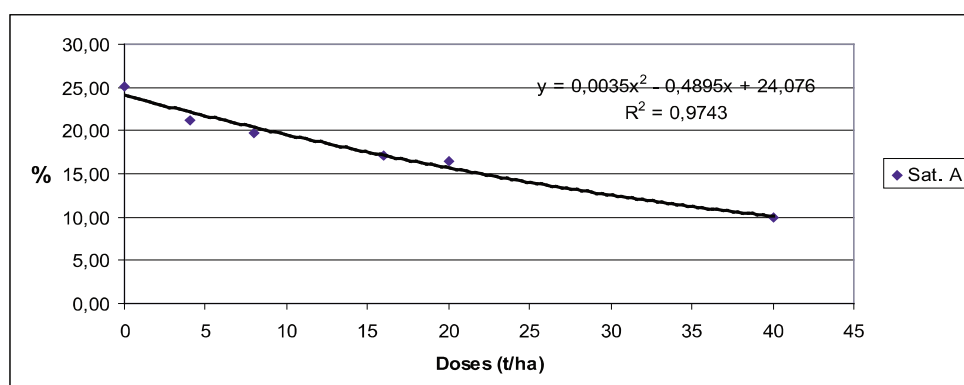


Figura 3. Níveis da Saturação de Alumínio (m)

Segundo Resende et al. (2006), estudos em casa de vegetação utilizando as rochas brecha alcalina, biotita xisto e rochas ultramáficas como fontes de K^{+} para a soja e milho com plantios em sucessão, evidenciaram que a aplicação desses materiais moídos, contribuíram de forma significativa



para o fornecimento de K^+ às plantas desde o primeiro cultivo, em Latossolo argiloso de Cerrado. O Autor observou que o efeito residual foi considerável para os cultivos subsequentes.

Para doses crescentes do pó de rocha aplicadas ao solo foram observados incrementos na Saturação por Bases até a aplicação máxima 40 ton./ha (Fig. 4). Aumentos com acréscimos variando entre 7 e 34% para as doses mínima e máxima (1ton./ha e 40ton./ha). Este acréscimo ocorreu devido à reduzida e lenta taxa de ionização do pó de rocha durante o período de permanência no solo.

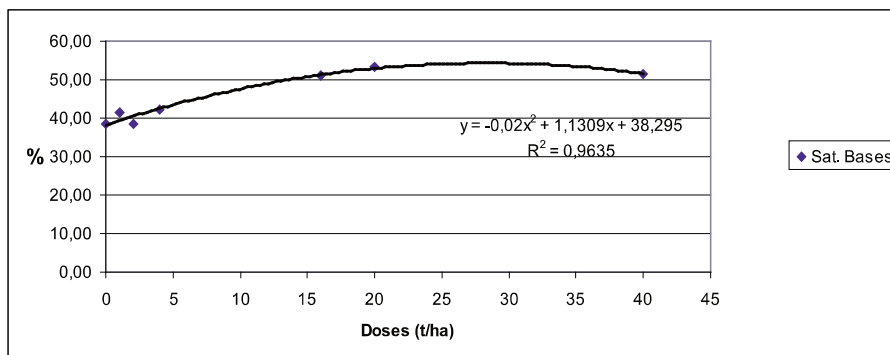


Figura 4. Saturação por Bases (V)

Importante destacar que o pó de rocha utilizado seus é formado por minerais ricos em Magnésio e Potássio, os quais se ionizam na solução do solo (Mg^{2+} , K^+), tornando-se nutrientes minerais benéficos às plantas cultivadas. Os valores de pH do solo não foram alterados significativamente para as doses testadas no período de incubação.

Avaliação do desenvolvimento das plantas de Milho Híbrido Duplo BR 206

Na Figura 5, o ajuste quadrático ($y = -0,6525x^2 + 30,329x + 447,12R^2$) em função das doses do pó de rocha utilizado, demonstra incremento de matéria seca no Milho Híbrido Duplo BR 206 até a dose equivalente a 20 ton./ha. Em relação à testemunha o incremento dos valores de produção de matéria seca foi de aproximadamente 350 gramas/vaso ou 78%. A partir da



aplicação de 20 ton./ha de pó de rocha ocorreu uma queda na produção das plantas, indicando provavelmente a presença elevada de algum componente deletério, possivelmente o metal Níquel (Ni), encontrado no rejeito na concentração de 167 mg.kg⁻¹.

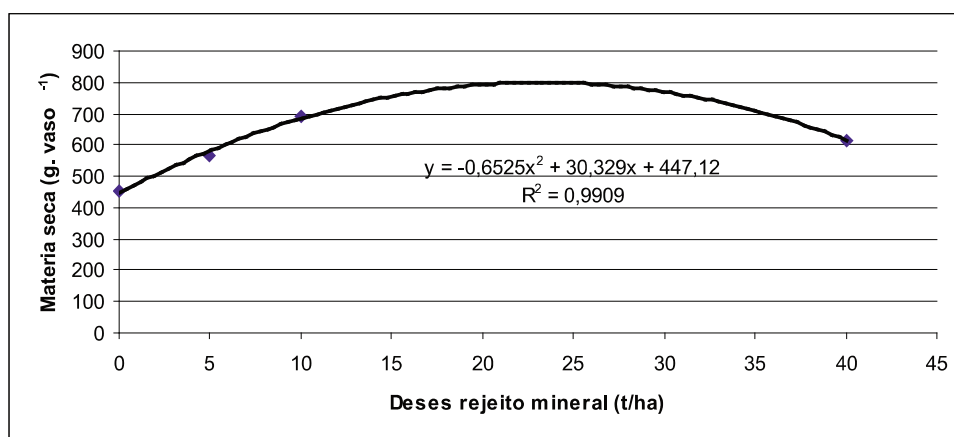


Figura 5. Produção de matéria seca Milho Híbrido Duplo BR 206

Pesquisadores da EMBRAPA e Universidades do Brasil têm observado efeito moderados a baixo no desenvolvimento de plantas cultivadas em solos fertilizados com pó de rochas (biotita xisto, brecha alcalina e ultramáfica) aplicados de forma direta no solo. Filho et al. (2006) observaram aumento na produção de matéria seca do arroz após uso de rochas silicáticas potássica.

Mas segundo Resende et al. (2005) os valores referentes ao incremento de matéria seca podem ser mascarados em primeiro cultivo devido à reserva original de nutrientes dos solos cultivados.

Outro fator de grande importância que alterou a disponibilidade dos nutrientes no solo foi o desenvolvimento da própria planta, através dos exsudatos liberados pelas raízes.

Verifica-se que este material apresenta características químicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas de milho (*Zea mays L.*) até determinada dose, sendo que novos estudos deverão ser realizados visando obter resultados referentes à viabilidade técnica/econômica deste material e mesmo sua permanência por maior período no solo.



Considerações finais

Os resultados deste trabalho confirmam um incremento dos íons (Mg^{2+} , K^{+}) na melhoria química e Saturação por Bases dos solos agrícolas com o uso de pó de rocha derivado de rejeitos da exploração de esmeralda. O aumento das doses aplicadas ao solo proporcionou uma diminuição na saturação de alumínio. A utilização desse material como insumo agrícola minimiza os problemas ambientais inerentes à disposição dos rejeitos da mineração de esmeraldas e propõe uma forma alternativa de minimizar a importação de materiais para produção de fertilizantes. A logística de comercialização e distribuição de tais materiais poderá gerar intercâmbio econômico entre os trabalhadores envolvidos, beneficiando mineradoras, indústria e agricultores das proximidades das jazidas que geram o rejeito mineral.

Referências Bibliográficas

- CETEM 2009. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. Seminário agrominerais alternativos modo de compatibilidade. Centro de tecnologia mineral–CETEM. 39p.
- Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS) AGENDA 21, 1992. Conferência Eco-92 ou Rio-92, Rio de Janeiro, Brasil.
- Filho, M. P. B.; Fogeria, N. K.; Santos, D. F.; Couto P. A.; 2006. Aplicação de rocha silicática como fonte alternativa de potássio para a cultura do arroz de terras altas. Espaço & Geografia, Brasília, Vol.9, No 1, 63:84.
- Resende, A. V.; Machado, C. T. T.; Martins, E. S.; Sobrinho, D. A. S.; Nascimento, M. T.; Faleiro, A. S. G.; Linhares, N. W.; Souza, A. L. & Corazza, E. J. 2005. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I Respostas da soja e do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2005, Recife. Anais... Recife: UFRPE/SBCS, (CD-ROM).
- Resende, A. V. de; Machado, C. T. T.; Martins, E. de S.; Sena, M. C. de.; Nascimento, M. T. D o.; Silva, L. de C. R.; Linhares, N. W. 2006. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. Rev. Espaço & Geografia, V. 9, n. 1, 135-161p.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Álvares, V. H. 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais, Viçosa, MG. 359p.