

ROCHAGEM: VIABILIZANDO O USO SUSTENTÁVEL DOS DESCARTES DE MINERAÇÃO NO DISTRITO MINEIRO DE AMETISTA DO SUL (DMAS), RS, BRASIL

Magda Bergmann¹, Rosemary Hoff² & Suzi Maria de Córdova Huff Theodoro³

¹ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. Rua Banco da Província, 105 – CEP 90840-030 - Porto Alegre – Brasil mbergmann@pa.cprm.gov.br

² Embrapa Uva e Vinho - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rua Livramento, 515 – CEP. 95700-000 - Bento Gonçalves – RS – Brasil. rosehoff@cnpuv.embrapa.br

³ Petróleo Brasileiro S/A – SAN Q-01 Bloco "D" Edifício Petrobrás - Brasília/DF CEP 70040-901 suzitheodoro@petrobras.com.br

RESUMO: No Distrito Mineiro da Ametista do SUL (DMAS) a mineração de ametista e outras gemas em vulcanitos da Formação Serra Geral gera grandes volumes de rejeito. O hidrotermalismo associado à mineralização promove enriquecimento relativo em P_2O_5 , CaO e MgO nas rochas. A petrografia revelou agulhas de apatita minúsculas nos espaços intersticiais e nos bordos dos domínios vítreos. A reflectância espectral identificou argilo-minerais e zeolitas, minerais condicionadores de solo. Diferenças geoquímicas entre rochas intemperizadas e frescas indicam possibilidade de disponibilização de nutriente para o solo,

Palavras-chave: rochagem, pó de rocha, radiometria espectral, agrogeologia, Distrito Mineiro Ametista do Sul

1. Introdução

Alternativas ao uso de fertilizantes químicos solúveis vêm sendo pesquisadas em função dos recentes aumentos dos custos de aquisição destes insumos, e dos impactos ambientais causados pela aplicação continuada de produtos à base de NPK. No caso do Brasil, a necessidade de se encontrar novas rotas tecnológicas é ainda mais importante, uma vez que o país tem carência de bens minerais necessários à sua produção, apesar de sua grande geodiversidade. Dentre as alternativas mais promissoras, cita-se a rochagem, que prevê o uso de rochas moídas ricas em micro e macronutrientes como forma de melhorar os níveis de fertilidade dos solos (Theodoro e Leonardos, 2006).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa em parceria com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) concluíram recentemente pesquisa voltada para a construção de novas rotas tecnológicas voltadas para a agricultura. O resultado foi a concentração e o enriquecimento do mineral zeolita que poderá ser usado como fertilizante (CETEM, 2008). A aplicação de fonte alternativa de fertilizantes foi descrita por Bernardi et al. (2007), avaliando a produção e a qualidade dos frutos de tomateiro cv. Finestra, cultivado em substrato com zeolita enriquecida com N, P e K. Paiva et al. (2005) observaram que a estilbita da Bacia do Parnaíba, MA, Brasil, apresentou capacidade de adsorção e dessorção de nutrientes podendo ser empregada na agricultura.

Dentre as litologias mais adequadas ao uso agrícola, segundo os pressupostos da técnica de rochagem, as rochas vulcânicas de composição básica, e secundariamente as ácidas, se destacam pela sua constituição mineralógica e por suas características texturais. A região Sul do Brasil é constituída em boa parte de seu território pelas rochas vulcânicas basálticas e dacíticas da Formação Serra Geral, sendo também os próprios terrenos vulcânicos os sítios mais destacados de agricultura em função da sua fertilidade e do relevo suave, nos platôs, a suavemente ondulado, nas encostas dos vales fluviais. Tais características vêm permitindo a mecanização do plantio e da colheita de soja e milho. A primeira, item essencial da carteira de exportação brasileira, e o segundo, insumo da pecuária bovina, suína e avícola.



O Distrito Mineiro de Ametista do Sul (DMAS), Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1), que está inserido em área de agricultura intensiva, é responsável pela exploração de ametista e outras gemas, e paralelamente à extração mineral vem gerando grandes volumes de rejeitos, que são dispostos em encostas de vales, causando conflitos de uso do solo e grandes impactos ambientais, como pilhas de rejeito encobrindo cabeceiras de drenagem e avançando sobre mata nativa reliquiar na região.

O esgotamento das jazidas em parte do Distrito vem deslocando garimpeiros para a agricultura de subsistência com padrão socioeconômico de minifúndios. De modo geral, estes novos agricultores plantam milho, feijão, cítricos, uva, hortaliças. Particularmente em Ametista do Sul, onde a mineração responde por 75% das atividades econômicas do município, está sendo implantada vitivinicultura que já conta com 150 hectares de videiras, parte em produção e dando origem à vinificação local.

A possibilidade de utilização dos rejeitos gerados pela atividade mineral para viabilizar a recuperação dos níveis de fertilidade dos solos, por meio da tecnologia da rochagem, tende a se configurar como uma excelente oportunidade, pois tais materiais já se encontram parcialmente desagregados e apresentam significativos teores de P_2O_5 e CaO . Além disto, esta iniciativa aponta para uma perspectiva de redução dos impactos ambientais no DMAS e, adicionalmente, pela proximidade do distrito da região de grande produção agrícola no RS o torna um potencial fornecedor de insumos agrícolas.

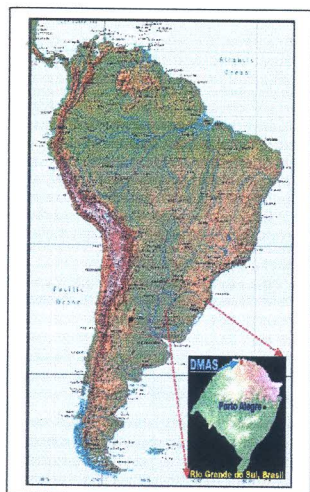
2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi apresentar os resultados iniciais da investigação do uso dos rejeitos da mineração do Distrito Mineiro de Ametista do Sul como materiais potenciais para remineralizar os solos agrícolas da região. Além disto, como objetivos específicos buscou-se: (i) Testar, por meio de radiometria espectral, as rochas encaixantes da mineralização de ametista e outras gemas, a fim de determinar a mineralogia de alteração hidrotermal; (ii) Identificar petrograficamente as amostras do rejeito da mineralização, a fim de definir a mineralogia geral da rocha; e (iii) analisar quimicamente os materiais a fim de verificar o grau de fertilidade da rocha.

3. O Distrito Mineiro de Ametista do Sul

O Distrito Mineiro de Ametista do Sul (DMAS) compreende oito municípios: Ametista do Sul, Planalto, Frederico Westphalen, Rodeio Bonito, Cristal do Sul, Iraí, Gramado dos Loureiros e Trindade do Sul (Figura 1), que totalizam 27 Planos de Lavra Garimpeira, envolvendo em torno de 500 garimpos cadastrados na Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda (Coogamai), dos quais 180 estão operantes.

Figura 1 – Localização do Distrito Mineiro de Ametista do Sul (DMAS)





A atividade garimpeira teve início nos anos de 1940, mas tornou-se mais intensa na década de 1970. Inicialmente desenvolvida em condições precárias, hoje conta com orientação técnica e vem se organizando quanto ao uso de equipamentos de proteção, processos de ventilação das galerias subterrâneas e uso seguro de explosivos. Os cuidados com o meio ambiente e a disposição controlada dos rejeitos vem sendo cobrados pelos órgãos ambientais e, no presente momento, se constituem na maior entrave à atividade mineira e sua regularização. A extração de pedras preciosas como a ametista, citrino, quartzo hialino, ágata e outras gemas, gera renda pela exportação in bruto, além de subsidiar uma crescente indústria de lapidação e joalheria em pólos vizinhos como Soledade e Lajeado.

As rochas vulcânicas encaixantes da mineralização em geodos pertencem à Formação Serra Geral, de idade juro-cretácica. Trabalhos como os de Hartmann (2008) vêm reconhecendo intensa alteração hidrotermal e percolação de fluido em grande escala associada às rochas encaixantes dos geodos mineralizados, a exemplo do que acontece no Distrito Mineiro de Artigas (Duarte, 2008).

Em função de tal característica, importantes mudanças mineralógicas e texturais podem ser reconhecidas no basalto do nível produtor, tanto por meio da análise petrográfica como química, e mesmo nas propriedades reológicas do material, que Hartmann (2008) denomina de "metabasalto". As lavras conformam extensas galerias subterrâneas com acesso pelas encostas dos vales e, como boa parte das jazidas situam-se ao longo de um mesmo derrame basáltico, é comum que as embocaduras das lavras tenham disposição bastante próxima, e que as pilhas de rejeito utilizem vastas áreas dos vales pela sua disposição contígua.

4. Material e método

Considerando que as pilhas de rejeito oriundas da atividade garimpeira do basalto no DMAS são extremamente sensíveis ao intemperismo, este material tende a ser desagregado de forma espontânea após alguns anos de exposição. Neste sentido, a coleta das amostras no campo, para avaliar a aptidão mineralógica e química se deu em níveis diferenciados em função do tempo de lavra e em pontos distintos, a fim de se verificar diferentes composições químicas. As rochas foram testadas de maneira expedita nas pilhas de rejeito com uso de método rápido semiquantitativo (teste do Fósforomolibdato, Quarantotti e Vanacker, 1975). Foram confeccionadas e descritas 3 lâminas delgadas de blocos de diferentes pilhas com uso de microscópio petrográfico.

O equipamento empregado para as análises espectrorradiométricas foi o espectrorradiômetro POSAM, do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Espectrorradiometria da CPRM, obtendo-se medidas radiométricas na faixa do espectro infravermelho próximo, tendo como referência uma placa de sulfato de bário de reflectância absoluta em torno de 100%. As amostras estavam secas e moídas até a granulometria de 200 mesh. A análise dos dados espectrais foi feita no software MISO 1.0, sendo aplicadas rotinas de classificação baseadas nos parâmetros de posição da feição e forma da curva espectral.

As amostras foram estudadas com base em análises químicas e físicas usadas como rotina na avaliação da fertilidade de um solo, tais como: análise textural, teor de matéria orgânica, pH, teor de macronutrientes (P, K, Ca, Mg) e micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn, Cu) assimiláveis, capacidade de troca catiônica, doseamento de bases de troca e capacidade de retenção de água (capacidade de campo). Em uma parte das amostras foi usado, como extrator, o ácido cítrico a 2%. Em outra parte usou-se água régia (ácido nítrico e clorídrico). Os diferentes extratores têm a finalidade de mostrar que alguns elementos passam a serem liberados em ambiente mais ácido e outros em ambiente mais alcalino. De modo geral, o ácido cítrico é o que mais se assemelha aos ácidos orgânicos presentes no ambiente solo-raiz. Posteriormente, após o processo procedeu-se a leitura dos resultados em ICP.

5. Resultados e discussões

Os testes químicos expeditos para fosfato mostraram reação positiva fraca para fosfato em blocos de rocha intemperizada pela permanência nas pilhas, enquanto que a parte interna dos mesmos, bem como blocos extraídos há menos tempo, responderam mais fortemente,

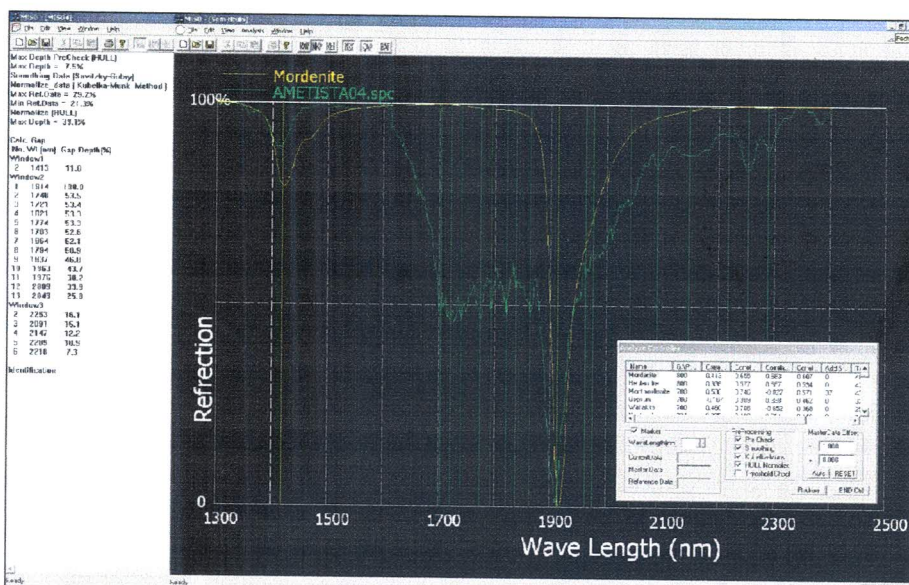
o que indica a disponibilização do nutriente para o ambiente. As pilhas de rejeito muito antigas não apresentaram resultados positivos.

Em lâmina delgada as amostras coletadas nas pilhas consistem em rochas faneríticas finas a médias, com textura porfirítica, e eventualmente glomeroporfirítica com fenocristais de plagioclásio em matriz intergranular constituída de plagioclásio e piroxênio (titano-augita). Ocorrem cavidades diktaxíticas preenchidas por vidro intersertal, castanho-amarelado ou castanho-escuro, em massas de 2-3 mm² com bordos irregulares. Foram observadas abundantes agulhas ocas de apatita de espessura da ordem de microns e comprimento de até 0,4 mm, mais frequentes nos espaços intersticiais e incluídas ou dispostas nos bordos dos domínios vítreos.

Esta peculiaridade textura pode ser relatada à disponibilização de P₂O₅ para o meio exógeno, uma vez que pela susceptibilidade à alteração intempérica que o vidro apresenta, as apatitas, já de tamanho diminuto, encontram-se entre os primeiros minerais a serem liberados da estrutura da rocha. Ainda é frequente a ocorrência de carbonatos em clivagens de plagioclásios, o que remete aos teores de CaO encontrados nas análises químicas.

Os resultados obtidos com a reflectância espectral, que mostrou a presença de minerais como montmorilonita, illita, gipsita, anidrita além de heulandita, natrolita e wairakita, pertencentes ao grupo das zeolitas (Figura 2), também são indicadores da qualidade deste material para fins agrícolas. É importante destacar que a presença de zeolitas favorece o aumento de troca mineral entre o solo e os minerais provenientes do rejeito devido a sua característica de expansão-retração em presença de água. A liberação dos macro e micronutrientes se dá a partir deste processo. Outro ponto positivo deste material está ligado ao fato de que os argilominerais e zeolitas provocam uma reestruturação do solo, tornando-o mais argiloso, o que facilita o aumento da umidade em torno das raízes.

Figura 2 – Curva espectral de rochas do rejeito no DMAS (verde), comparada com curva da biblioteca espectral (amarelo). Amostra R2, com mordenita e heulandita (grupo da zeolita), montmorilonita (argilo-mineral) e gipsita (sulfato).



As análises de fertilidade confirmam o potencial dos descartes de mineração do DMAS (amostras RS1, RS2 e RS3) para uso agrícola, quando se compara tais amostras com outras rochas que já foram objeto de experimentos agrícolas, tais como os tufos vulcânicos

da Formação Mata da Corda (MG) e os basaltos RS, SC e PR (Figura 3). Nesta figura é possível visualizar as diferenças de pronta disponibilidade dos nutrientes segundo a extração por ácido cítrico ou por água régia. As quantidades de fósforo disponível são mais significativas quando o extrator é o ácido cítrico e as quantidades de cálcio e magnésio são maiores com a extração por água régia. Isto sugere que um dos mecanismo para acelerar a liberação do fósforo dos diferentes tipos rochas, está associado à presença de ácidos orgânicos. Também é possível verificar que os basaltos, de modo geral, são extremamente empobrecidos em potássio, ao contrário das rochas kamafugíticas, da Formação Mata da

Corde (MG), que são ultrapotássicas, mas que, também, contêm quantidades apreciáveis de cálcio e magnésio.

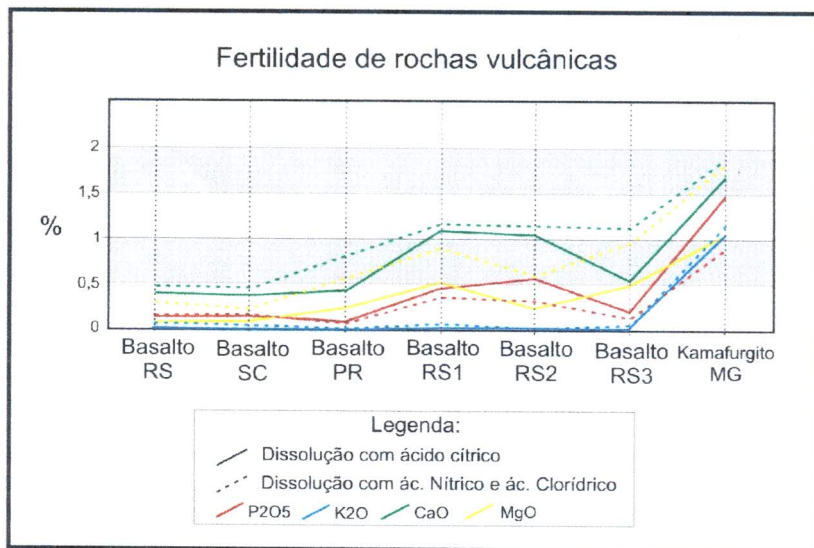


Figura 3 – Mostra a variação da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em rochas basálticas de diferentes regiões da Formação Serra Geral e dos tufos vulcânicos (kamafurgitos) da Formação Mata da Corda

Outro aspecto interessante revelado pelo gráfico é que os outros basaltos analisados e que não sofreram qualquer tipo de alteração posterior (hidrotermalismo) apresentam quantidades de macronutrientes inferiores a 0,5%. Apesar desta relativa carência, os experimentos conduzidos por Almeida (2006), utilizando os basaltos SC e PR e Theodoro et. al (2006) que utilizou os basaltos RS, têm mostrado resultados surpreendentes em termos de produtividade e alteração no perfil estrutural dos solos.

As análises realizadas nos solos que receberam o basalto RS mostram que houve um acréscimo superior a 2 graus de magnitude após a primeira safra. Os resultados em termos de alteração dos níveis de fertilidade perduraram até o quinto ano consecutivo de produção. Em ambos os casos ocorreu uma mistura com material orgânico. Tais resultados ressaltam ainda mais o grande potencial dos rejeitos gerados pela operação garimpeira no DMAS.

6. Conclusões e recomendações

O conjunto das diferentes abordagens analíticas de amostras dos rejeitos oriundos da exploração de gemas no DMAS evidenciou um apreciável potencial para remineralização de solos. A presença de apatita, confirmada pelas análises petrográficas, fornece indicadores confiáveis sobre a ocorrência de fósforo, que é um dos principais nutrientes absorvidos para facilitar o desenvolvimento das plantas. Enquanto isto, a disponibilidade deste elemento é sugerida pelo desempenho dos testes expeditos em blocos de rocha com diferentes graus de intemperismo. Aliado às características químicas, o fato de que tais materiais já se encontram desagregados em blocos e seixos os torna mais atrativos para uso como fonte de insumos agrícolas.

Tal desempenho pode favorecer, além do uso agrícola, a recuperação de áreas degradadas próximo das atividades de garimpo. Apesar desta grande potencialidade, é necessário fazer novas investigações para verificar se ocorre algum tipo de contaminação ao longo do processo de extração antes de se iniciar os experimentos de campo. Ainda torna-se fundamental que a qualquer experimento utilizando os rejeitos do DMAS seja acrescentada uma fonte adicional de potássio. A situação privilegiada do DMAS, inserido em região de agricultura intensiva, o torna um potencial fornecedor de insumos agrícolas.



Agradecimentos

Os autores agradecem ao Eng. Minas Anderson Oliveira da Silva da AND - Assessoria e Consultoria em Mineração, assessor da COOGAMAI) pelas informações sobre lavras e pilhas de rejeito, e à petrógrafa Andréa Sander, da CPRM, pelas observações e orientação na descrição de lâminas petrográficas.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, E. de, Silva, F. JR P. & Ralisch Powdered rock to revitalise soils. LEISA Magazine, volume 22 - Issue 4 - Ecological processes at work. 2006
- BERNARDI ACC; WERNECK CG; HAIM PG; BOTREL N; OIANO NETO J; MONTE MBM; VERRUMA-BERNARDI, MR. 2007. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeolita. Horticultura Brasileira 25: 306-311. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n2/34.pdf>
- CETEM - Centro Tecnológico de Mineral. Zeolita, o novo fertilizante desenvolvido pela Embrapa. Acessado em 29.07.2008, disponível em: FONTE: <http://www.cetem.gov.br/>
- DUARTE, L.C. Evolução geológica, geoquímica e isotópica das mineralizações de geodos com ametista, Artigas, República Oriental do Uruguai. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, Porto Alegre
- HARTMANN, L. A. . Geodos com ametistas formados por água quente no tempo dos dinossauros. Amethyst geodes formed from hot water in dinosaur times.. 1. ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 2008. v. 1. 57 p.
- PAIVA P.R.P., Monte M.B.M., Falcão G.F, Diaz M.P., Morante F.E. Caracterização tecnológica das zeolitas naturais da costa equatoriana e sua aplicação como adsorvente de (NH₄)₂SO₄. XXI ENTMME, Natal, RN 20 a 24 de novembro de 2005. Anais Volume 2: 482 - 489. Disponível: <http://www.cetem.gov.br/series.htm>
- QUARANTOTTI, G. et VANACKER, J. C. Methode rapide semi-quantitative de dosage du phosphate dans les roches. Amelioration du test u phosphomolibdate. 1975. Service de sedimentologie, résultats d' études 3p, Bureau de Recherches Geologiques et Minières, Orleans France.
- THEODORO, S.H., LEONARDO, O.H., ROCHA, E. L & REGO, K.G. (2006) *Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes*. Revista Espaço & Geografia, V.9, No 2, 263:292 ISSN: 1516-9375 http://www.unb.br/ih/novo_portal/portal_gea/lsie/revista/arquivos/volume_9_numero_2_2006/E-G_2006_v9n2_263-292_Theodoro_et_al.pdf
- THEODORO, S.H & LEONARDOS, O.H (2006) Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Anais da Acad. Bras. de Ciências. Rio de Janeiro/RJ. v.78 no.4 p: 721-730.