

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO E MANTOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA PARA FERTILIZAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ROCHAGEM¹

Aline Carneiro Silverol

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica
Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo

Luiz Machado Filho

Professor do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais
Universidade Federal do Espírito Santo

INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, a produção de alimentos é considerada como um dos grandes problemas para a sustentabilidade da vida humana no planeta, pois com a degradação contínua dos solos o cultivo das terras fica limitado, diminuindo assim as áreas cultivadas e com isso a oferta de alimentos.

Segundo Guimarães (2003) a interdisciplinaridade como construção de um conhecimento complexo, busca superar a disciplinaridade e se aproxima mais adequadamente de uma realidade complexa.

Assim, a Geografia, como ciência, cumpre um dos seus papéis primordiais, na medida em que procura buscar soluções que visem o bem estar da sociedade e o equilíbrio da natureza.

Sendo o solo um recurso de extrema importância para a sobrevivência humana, tanto na habitação como na alimentação, é necessário buscar alternativas que possam proporcionar o melhor aproveitamento desse recurso, em especial na produção de alimentos.

Tendo em vista esta preocupação, o presente trabalho teve por objetivo estudar a importância do aproveitamento de rejeitos de mineração proveniente de pedreiras

de brita de granito e mantos de alteração de piroxenito² para a recuperação e fertilização de solos degradados.

OS RECURSOS NATURAIS E O SOLO

Os recursos naturais podem ser definidos como os materiais que são retirados da natureza, necessários à manutenção da vida e da sociedade como um todo, formados pela atmosfera, água, solos, seres vivos e minerais.

Entre os recursos existentes em nosso planeta, os solos são de relevante importância, sobretudo por que a maior parte dos nossos alimentos, direta ou indiretamente, provém dos campos de cultivo e pastagens neles implantados. Além disso, sustentam florestas que contribuem para a renovação do ar e recebem águas das chuvas que abastecem o lençol freático e os rios.

O solo é um produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas (TOLEDO *et. al.*, 2000).

Leonardos *et al* (apud THEODORO,

¹Este artigo foi extraído da monografia intitulada "Rochagem: aproveitamento de pó de rocha para fertilização de solos degradados", elaborada pela primeira autora sob a orientação do segundo autor, e apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo para a obtenção do título de Bacharel em Geografia, defendida em abril de 2004.

²Rocha ígnea plutônica

2000) sugeriram que é no plano dos solos onde todos os fatores de formação (material de origem, clima, relevo, organismos e tempo) coexistem e interagem, delineando a dinâmica do mundo em que vivemos.

INTEMPERISMO: O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DA ROCHA E O NASCIMENTO DO SOLO

O intemperismo é um conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra (TOLEDO *et. al.*, 2000).

Os processos intempéricos atuam através de mecanismos modificadores das propriedades físicas e químicas dos minerais e das rochas. Em função desses mecanismos, podem ser classificados em intemperismo físico e intemperismo químico. Quando esses processos têm a participação de organismos vivos ou matéria orgânica, o intemperismo é chamado de biológico.

Na formação dos solos, o intemperismo químico é de extrema importância pois, por meio das reações químicas que ocorrem entre a rocha e o meio ambiente, propiciará o surgimento da cobertura pedológica.

Essas reações são caracterizadas pelos seguintes processos: hidrólise, hidratação, oxidação e dissolução. Segundo Melfi (1977), pelo fato de o Brasil (e aqui inclusive o Espírito Santo) estar localizado em uma área de clima tropical, o mecanismo essencial de alteração superficial das rochas é a hidrólise.

A hidrólise é o ataque, pela acidez da água, na estrutura dos cristais. Segundo Melfi (1977), o processo de hidrólise pode ser:

✓ Total: os elementos que compõem um mineral primário são completamente liberados e aparecem, no meio da alteração, sob forma de hidróxidos.

✓ Parcial: uma parte da sílica liberada do mineral primário reage com o alumínio

presente nos feldspatos e micas, para formar sais básicos insolúveis (argilas).

A medida em que o intemperismo químico começa a agir sobre a rocha, há a liberação lenta e gradual, por parte dos minerais, de elementos químicos que serão utilizados pelas plantas.

E é através desse processo que se baseia a técnica de Rochagem.

A Rochagem é definida como uma prática agrícola de incorporação de rochas e/ou minerais ao solo, sendo a calagem e a fosfatagem natural casos particulares desta prática (LEONARDOS, *et. al.*, 1976, p. 137).

Com a adição de pó de rocha ao solo, a água, através da hidrólise, irá agir sobre o material pétreo, decompondo-o lentamente, podendo liberar, de forma gradual, os elementos químicos.

ROCHAGEM: UM BREVE HISTÓRICO

A adição de pó de rocha ao solo com finalidade agrícola já era conhecida na mais remota antiguidade. Leonardos *et. al.* (1976) relatam um histórico dos estudos e experimentos em diversas partes do mundo, com diferentes tipos de rocha, de acordo com sua disponibilidade.

Para se ter uma idéia temporal do uso do pó de rocha, no século XVIII, James Hutten não só recomendava, como ele próprio utilizava margas³ e rochas similares em sua fazenda na Escócia, para que a fertilidade do solo fosse aumentada (BAILEY, 1967 apud LEONARDOS *et al.* 1976).

No Brasil, os trabalhos pioneiros devem-se a Ilchenko e Guimarães (1953 apud LEONARDOS *et. al.*, 1976), que chamaram a atenção para as potencialidades das rochas de Cedro do Abaeté, Serra da Mata da Corda e Poços de Caldas. Segundo Theodoro (2000), outros estudos, como os de Lima (1969) e de Lopes (1971), abordam interessantes experimentos de adição de pó de rocha ao solo, demonstrando a potencialidade de inúmeros tipos de rochas como fontes efetivas de nutrientes.

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE
MINERAÇÃO E MANTOS DE ALTERAÇÃO
DE ROCHA PARA FERTILIZAÇÃO DE SOLOS
ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ROCHAGEM

³Rochas sedimentares resultantes do acúmulo de argila e carbonato.

⁴Fertilizante a base de nitrogênio, fósforo e potássio.

Leonardos et. al., (1987) realizaram experiências misturando diferentes tipos de pó de rocha, inclusive com o fertilizante químico NPK⁴, em culturas como feijão, capim napier e eucalipto, obtendo bons resultados. Foi observado no experimento de pó de rocha com NPK, que este último funciona como um estímulo inicial, graças a sua alta solubilidade; mas é o pó de rocha, com a sua lenta incorporação, que fornece os nutrientes necessários que serão utilizados no decorrer do desenvolvimento das plantas.

Theodoro (2000) aplicou a técnica de Rochagem em solos intensamente cultivados do cerrado brasileiro, utilizando rochas vulcânicas básicas e ultrabásicas, intensamente alteradas e friáveis, pertencentes ao Grupo Mata da Corda, que está inserido na Província Magmática do Alto Paranaíba, na região do município de Patos de Minas, no Estado de Minas Gerais.

Segundo a autora, a aplicação do pó de rocha ao solo é muito eficaz, a medida em que a rocha utilizada possua grande diversidade mineralógica e, conseqüentemente, química, contendo assim grande parte dos macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas.

Theodoro (2000) ainda destaca a importância da utilização do pó de rocha em comparação às formas tradicionais de adubação, que utilizam fertilizantes altamente solúveis, como o NPK, que, por possuírem ação efêmera, fornecem os nutrientes ao solo por pouco tempo, sendo o restante carregado para os rios e o lençol freático. Além disso, o pó de rocha, ao contrário dos adubos químicos, fornece os nutrientes ao solo de forma gradativa, permitindo uma fertilização mais eficaz e duradoura.

A mesma autora afirma, segundo os resultados obtidos em sua pesquisa, que a utilização do pó de rocha é viável economicamente, já que a incorporação desse material ao solo pode ser realizada, em média, de 4 em 4 anos, ao contrário do adubo químico NPK, que deve ser aplicado anualmente.

A autora concluiu, portanto, que o uso de pó de rocha, além de ser uma maneira eficaz para a fertilização de solos, torna-se também uma alternativa sustentável para

a melhoria da fertilidade, a medida em que utiliza o próprio material de origem, a rocha, para a sua recuperação.

Nesse contexto, o trabalho procurou estudar a utilização de rejeitos de mineração e manto de alteração de rocha na fertilização de solos, analisando a disponibilização de elementos químicos nos experimentos.

MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa, no que se refere à técnica de Rochagem, teve como ponto de partida os resultados mostrados nos trabalhos de Leonardos et. al., (1976 e 1987) e Theodoro (2000), apesar desses trabalhos não apresentarem os parâmetros utilizados na definição das quantidades de pó de rocha que foram aplicadas ao solo.

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e no viveiro de plantas do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da UFES. A escolha da realização dos experimentos em casa de vegetação deve-se à possibilidade de maior controle das variáveis como umidade, misturas no solo, pragas, etc.

O solo escolhido foi o latossolo vermelho-amarelo originado de rochas cristalinas (gnaiesses), por ser o mais representativo e utilizado no Estado do Espírito Santo e por apresentar as deficiências necessárias para se observar o desempenho do pó de rocha em comparação à fertilização tradicional. Ele foi analisado quimicamente com o objetivo de se conhecer as suas limitações quanto à fertilidade e pH, para a posterior aplicação de pó de rocha.

As rochas utilizadas na pesquisa são provenientes de duas unidades geológicas: granito da Suíte Intrusiva Espírito Santo e piroxenito da Suíte Intrusiva Aimorés.

A Suíte Intrusiva Espírito Santo foi caracterizada por Machado Filho et. al., (1983) como um conjunto predominantemente granítico a granodiorítico, de caráter sin a pós-tectônico. Em trabalho mais recente, Tuller et. al., (1993) classificaram as rochas presentes nessa unidade como tardi a pós-cinêmicas e atribuíram a elas idade cambriana (± 540 milhões de anos). Mineralogicamente são constituídas essencial-

mente por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e anfibólio.

O granito foi utilizado sob a forma de pó de pedra, proveniente da produção de brita da Pedreira Brasitália, localizada no município de Cariacica – ES.

A Suíte Intrusiva Aimorés, segundo Machado Filho et. al (1983), representa um magmatismo intrusivo, pós-orogênico, porém certamente formado a partir de materiais originários de regiões mais profundas da crosta, confirmados pelos seus componentes charnockíticos básicos, de granulação grosseira e coloração verde.

Tuller et. al., (1993) propuseram manter a mesma unidade geológica para as rochas de composição granítica a grabróica presentes na folha Colatina, sendo classificadas como intrusivas básicas a ácidas tardi a pós-transcorrentes. As intrusões são de dimensões batolíticas, representadas pelos maciços de Várzea Alegre, Ibituba e Itapina, e por corpos menores como o Olivina Piroxenito Vale do Canaã, Norito São Gabriel de Baunilha, Gabro Baixo Guandu e Tonalito Barro Preto.

O piroxenito utilizado é uma rocha ultrabásica pertencente a um pequeno corpo intrusivo, de idade cambriana e posicionado em uma fase tardi a pós-transcorrente. Esse corpo localiza-se no Vale do Canaã, município de Santa Teresa - ES. A rocha é composta mineralogicamente por piroxênio, flogopita e pouca olivina, sendo também cortada por veios de quartzo e feldspato. Encontra-se bastante alterada e com consistência friável, tendo sido incorporada ao solo em seu estado natural após o desmonte, sem qualquer tipo de beneficiamento.

O solo e os materiais pétreos (Tabela 1) utilizados foram submetidos a análises químicas, com o objetivo de se determinar as quantidades dos elementos presentes em cada um deles. A partir desses resultados foi possível calcular, de forma simples, a quantidade de material que seria aplicado nos experimentos, utilizando como parâmetro as porcentagens dos elementos químicos presentes no solo, nas rochas e nos fertilizantes químicos convencionais e uma receita agrônômica para adubação do solo.

	Piroxenito de Santa Teresa/ES %	Granito Pedreira Brasitália Cariacica/ES %
SiO ₂	57.24	60.85
Al ₂ O ₃	14.73	15.06
MnO	0.100	0.080
MgO	2.94	2.08
CaO	5.14	3.91
Na ₂ O	2.89	3.12
K ₂ O	3.71	4.19
TiO ₂	2.030	1.507
P ₂ O ₅	1.026	0.705
Fe ₂ O ₃	8.52	6.95
Total	97.326	98.452

Tabela 1 – Resultados das análises químicas das rochas utilizadas nos experimentos.

Observando-se os dados das análises químicas, presentes na Tabela 1, podemos afirmar que o pó de rocha possui quantidades significativas dos principais macronutrientes, em especial o piroxenito, com 1,026% de fósforo e 3,71% de potássio, mostrando que é viável a utilização desses materiais como alternativa de fertilização natural.

Os experimentos envolveram 9 tratamentos diferentes, cujos materiais e quantidades utilizados encontram-se na Tabela 2. Cada tratamento foi realizado com três repetições. Além do pó de rocha, para efeito de comparação, também foram utilizados os adubos químicos superfosfato simples, que supre a necessidade de fósforo e o cloreto de potássio, que supre a carência de potássio. Foram utilizadas as quantidades de pó de rocha calculadas e outros experimentos com o dobro desses valores, devido ao tempo em que os nutrientes levam para serem disponibilizados.

Tratamentos	Materiais e quantidades
1	Superfosfato simples = 9 gramas Cloreto de potássio = 1,6 gramas Pó calcário = 50 gramas
2	Superfosfato simples = 9 gramas Cloreto de potássio = 1,6 gramas
3	Piroxenito = 200 gramas
4	Piroxenito = 400 gramas
5	Granito = 250 gramas
6	Granito = 500 gramas
7	Piroxenito = 100 gramas Granito = 120 gramas
8	Piroxenito = 200 gramas Granito = 250 gramas
9	Solo sem tratamento

Tabela 2 – Tipos de tratamentos utilizados nos experimentos.

O nitrogênio recomendado não foi utilizado, pois não se teria como comparar com os experimentos realizados com pó de rocha, já que se trata de testes com produtos naturais e as rochas utilizadas não possuem esse elemento.

Como cultura-teste foi utilizado o milho, por ser de curta duração e por possuir características fortemente extratoras, ou

seja, retira bastante os nutrientes que são disponibilizados pelo solo.

O milho foi semeado na quantidade de cinco sementes por vaso, a 1 cm de profundidade (Figura 1). Os vasos foram molhados diariamente, mantendo-se sempre a mesma umidade. Sete dias após a germinação, foi realizado o desbaste para duas plantas por vaso (Figura 2).



Figura 1 – Vasos com os experimentos antes da germinação



Figura 2 – Experimentos antes do desbaste

Os experimentos foram observados diariamente por aproximadamente 60 dias, com acompanhamento visual e tomadas de fotografias. Após esse período, os pés de milho foram cortados rente ao solo, acondicionados em sacos de papel e colocados em uma estufa, a cerca de 60°C, por aproximadamente 6 dias, para seca-

gem. Depois de secas, as plantas foram pesadas.

Esses procedimentos foram suficientes para atingir os objetivos desta primeira fase da pesquisa (que continua), que era conhecer como funciona a técnica de Rochagem.

Aline Carneiro Silverol
Luiz Machado Filho

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nos experimentos serão descritos a seguir, de acordo com a ordem de numeração dos tratamentos, encontrada na Tabela 2 (Figura 3).



Figura 3 – Em primeiro plano, ensaios com fertilizante químico, em último com solo virgem e na parte intermediária, com as diversas misturas de pó de rocha.

O experimento 1, que recebeu tratamento com superfosfato simples e cloreto de potássio, e o número 2, que recebeu tratamento com superfosfato simples, cloreto de potássio e pó calcário para correção de acidez, tiveram melhor desempenho em comparação com os outros experimentos feitos com pó de rocha. Os resultados mostraram que nos experimentos com superfosfato simples e cloreto de potássio, o milho desenvolveu-se mais rapidamente que nos experimentos com pó de rocha. Esse resultado já era esperado, pois o fertilizante químico, sendo altamente solúvel, fornece os nutrientes mais rapidamente que o pó de rocha, que necessita de mais tempo para a decomposição dos minerais e liberação dos elementos.

Os experimentos de números 3, 4, 5, 6, 7 e 8 tiveram um menor crescimento em comparação com os ensaios 1 e 2, mas mesmo com essa constatação os resultados foram considerados positivos, pois naqueles experimentos os pés de milho cresceram bem mais que no solo virgem.

O experimento de número 9, com solo sem nenhum tipo de tratamento (virgem), foi onde o milho menos se desenvolveu, provando que os latossolos, por serem so-

los antigos, ofertam pouca quantidade de nutrientes, que é insuficiente para o bom desenvolvimento das plantas, se não houver a adição de nutrientes.

Na pesagem da matéria seca, os ensaios que foram tratados com adubo químico (1 e 2) tiveram um maior peso, aproximadamente 12 gramas (soma dos pés de milho nos três vasos). Isso é atribuído à própria utilização do fertilizante, já que este, por ser mais solúvel, oferece rapidamente os elementos necessários e de forma abundante, ocasionando um crescimento e uma quantidade de massa verde maiores.

Os experimentos 3, 5, 6, 7 e 8, que foram tratados com pó de granito, piroxenito e misturas, obtiveram pesos variando entre 3,5 a 5 gramas, podendo esses resultados serem atribuídos ao mais baixo fornecimento de nutrientes, ocasionado pela baixa solubilidade do pó de rocha, o que acarretou uma menor quantidade de massa verde, mas, com relação ao tamanho dos pés de milhos, ficaram aproximados aos dos experimentos 1 e 2.

O experimento 4, que foi tratado com piroxenito na quantidade de 400 gramas, obteve o melhor resultado para pó de rocha, com o peso de 6,2 gramas, atingindo

quase 60% do valor do peso dos ensaios que receberam adubo químico (1 e 2). Isso pode ser justificado pelo fato do piroxenito, por ser uma rocha ultrabásica, com maior diversidade mineralógica e química, e que se decompõe mais rapidamente no solo, disponibilizando maiores quantidades de elementos (nutrientes).

Já o experimento 9, que não recebeu nenhum tipo de tratamento, ficando o milho dependente somente do que o latossolo

tinha para oferecer, foi o que obteve o menor desempenho, 2,32 gramas.

A partir desses resultados preliminares, pode-se dizer que as rochas utilizadas (granito e piroxenito) possuem quantidades razoáveis dos macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, já que as mesmas foram capazes de se desenvolver satisfatoriamente, em comparação aos experimentos com adubo convencional (Figura 4).



Figura 4 – Da esquerda para a direita, vasos com solo virgem, com pó de rocha e com fertilizante químico.

CONCLUSÕES

Na medida em que a sociedade evoluiu, graças ao progresso nos meios de produção, a distância entre a sociedade e a natureza aumentou cada vez mais. Com isso o homem vem perdendo o vínculo com o meio ambiente, seu principal alicerce e fator responsável pela sobrevivência.

Para Guimarães (2003, p. 90),

Existe um conflito crescente entre a expansão do modelo de crescimento econômico, de base industrial, e o volume de efeitos desagregadores sobre os ecossistemas naturais. O conjunto de impactos ambientais, até então percebidos como resíduos inofensivos do progresso e da expansão capitalista passa a assumir uma nova dimensão e a despertar atenção, interesse e novas leituras.

A continuidade das atuais formas de fertilização, com a utilização de adubos químicos, pode promover impactos significativos no meio ambiente, uma vez que o uso desses insumos podem levar o solo a um colapso.

Com os resultados obtidos nesta primeira etapa da pesquisa, podem ser feitas algumas constatações e previsões: os experimentos com pó de rocha poderiam ter um melhor desempenho se as rochas apresentassem uma maior quantidade de fósforo;

A adição de alguma fonte de nitrogênio, na forma de matéria orgânica ou compostagem, potencializaria o crescimento das plantas; Os experimentos que foram tratados com pó de piroxenito tiveram um melhor desenvolvimento, se comparados com os ensaios realizados com pó de granito. Tal diferença deve-se ao fato do piro-

xenito possuir uma maior diversidade mineralógica e, conseqüentemente, química, além de uma maior quantidade de fósforo (P₂O₅).

Com a repetição dos experimentos nos mesmos vasos (multicultivos), espera-se o decaimento do desempenho naqueles com fertilizantes químicos, devido à sua rápida solubilidade e disponibilidade, e um melhor desempenho relativo daqueles com pó de rocha, pela disponibilização de nutrientes associada ao intemperismo progressivo do pó de rocha.

Com a implantação de alternativas para a fertilização de solos, baseadas na utilização de materiais que não causem danos ao meio ambiente como um todo, como a técnica de Rochagem, busca-se promover o fornecimento gradual dos nutrientes para o solo de uma forma natural, devolvendo algumas características do solo, como fertilidade e pH equilibrado, que são perdidos com a lixiviação, além de dar mais uma destinação a materiais com uso restrito, como pó de pedra de pedreiras de brita.

Os resultados apresentados conduzem-nos a acreditar que é possível obter um fertilizante alternativo utilizando materiais naturais com uso restrito, como rejeitos de mineração. Com a aplicação da técnica de Rochagem proporciona-se, portanto, um novo campo para o emprego desses materiais e, conseqüentemente, resolve-se um problema ambiental, a medida em que se busca soluções naturais para a fertilização de solos.

Os resultados obtidos nos experimentos acenam para o fato de que a utilização desses materiais para fertilização de solos pode ser viável, pois, de um modo geral, as plantas tratadas com pó de rocha mostraram-se relativamente semelhantes às dos experimentos realizados com adubos químicos.

Além disso, segundo os estudos realizados por Theodoro (2000), a técnica de Rochagem mostra-se vantajosa pois, ao mesmo tempo que promove um melhor nível de fertilidade a médio e longo prazo, pode significar também um grande ganho econômico, já que os materiais pétreos, por serem menos solúveis permanecem mais tempo no solo, diminuindo assim a

freqüência de adubação.

Faz-se necessário, portanto, a ampliação dos estudos referentes à aplicação dos rejeitos de exploração mineral e mantos de alteração, além de estudos mais detalhados acerca dos materiais potenciais para a Rochagem, do comportamento geoquímico destes no solo, do tempo de decomposição e liberação dos macro e micronutrientes necessários às plantas, além dos custos econômicos de obtenção do pó de rocha e mantos de alteração para a aplicação em regiões agrícolas.

BIBLIOGRAFIA CITADA E DE REFERÊNCIA

ASSAD, M. L. L. Conservação dos solos e biodiversidade. In: BENSUSAN, N. (org.) **Seria melhor ladrilhar? Biodiversidade: como, para quê, por quê.** Brasília: Ed.UNB/Instituto socioambiental, 2002, pp. 211-218.

AUGUSTO FILHO, O. Geologia aplicada a problemas ambientais: processo do meio físico. In: CAMPOS, H. & CHASSOT, A (Org.) **Ciências da Terra e Meio Ambiente: diálogos para inter (ações) no planeta.** São Leopoldo: UNISINOS, 1999, pp. 79-107.

BERNARDES, J. A. & FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. A (Org) **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, pp. 16-42.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1991.

CORDANI, U. G. & TAIOLI, F. A Terra, a humanidade e o desenvolvimento sustentável. In: TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000, pp. 518-528.

CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S.B. (Org) **Geomorfologia e Meio Ambiente** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, pp. 337-379.

FERREIRA, P. H. de M. **Princípios de manejo e conservação do solo.** 3. ed. São Paulo: Nobel, 1992.

- FONSECA, A. C. Geoquímica dos Solos In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (Org) **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. cap. 5, pp. 165-194.
- GUIMARÃES, M. Sustentabilidade e Educação Ambiental In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. A (Org) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, pp. 81-103.
- KRONBERG, B. I. LEONARDOS, O. H. FYFE, W.S. MATTOSE, S. Q. & SANTOS, A. M. Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil: uso potencial do pó de pedra como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados – com atenção à geoquímica de alguns solos da Amazônia. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19. **Anais...** Ouro Preto: SBG, 1976, v. 1, pp. 147-149.
- LEFF, H. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- LEMOES, A. C. P. N. Planejamento e gerenciamento dos recursos naturais. In: CAMPOS, H. & CHASSOT, A (Org.) **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para inter (ações) no planeta**. São Leopoldo: UNISINOS, 1999, pp. 60-73.
- LEONARDOS, O. H. KRONBERG, B. I. & FYFE, W.S. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19. , 1976, Ouro Preto. **Anais...**Ouro Preto: SBG, 1976, v. 1, p. 137-145.
- LEONARDOS, O. H.; KRONBERG, B. I. & FYFE, W.S. The use of ground rocks in laterite systems: na improvement to the use conventional soluble fertilizers. **Chemical geology**, n. 60, 1987, pp. 361-370.
- LEONARDOS, O. H. THEODORO, S. C. H. & ASSAD, M. L. Remineralization for sustentable agriculture: a tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in agroecosystems – Formely fertilizer Research**, n. 56, 2000, pp. 3-9.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.
- MACHADO FILHO, L. [et. al] geologia. In: BRASIL – Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**, Folhas SF 23/ 24, Rio de Janeiro/ Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME, 1983, pp. 27-304.
- MANSON, B. H. **Princípios de Geoquímica**. São Paulo: Polígono/ EDUSP, 1971.
- MELFI, A. J. & PEDRO, G. 1977. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais no Brasil. Parte 1 – caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. **Revista Brasileira de Geociências** 7 (4): 11-22.
- MELFI, A. Formação e transformação (degradação) dos sistemas pedológicos lateríticos. **Simpósio: “A importância da ciência para o desenvolvimento nacional”** São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 1997.
- MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991.
- MONIZ, A. C. (Coord.) [et al] **Elementos de pedologia**. São Paulo: EDUSP, 1972.
- PALMIERI, F. & LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S.B. (Org) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, pp. 59-122.
- RESENDE, M. [et. al.]. **Pedologia: bases para a distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1999.
- SKINNER, B. J. **Recursos minerais da terra**. São Paulo: Editora Edgard Blucher / EDUSP, 1970.
- SILVEROL, A. C. & MACHADO FILHO, L. Uso da técnica de Rochagem para fertilização de solos lixiviados do Espírito Santo. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 13, 2002 João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ENG, 2002. CD-Room.
- SILVEROL, A. C. **Rochagem: aproveitamento de pó de rocha para fertilização de solos degradados**. 2004. 68p. Monografia (Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais,

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

THEODORO, S. C. H. **Fertilização da terra pela terra: uma alternativa de sustentabilidade para o pequeno produtor rural**. 2000. 225f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

THEODORO, S. H. LEONARDOS, O. H. & DUBOIS, A. M. Rochagem e compostagem: uma maneira ambientalmente correta de recuperar e fertilizar áreas degradadas. In: **THEODORO, S. H. (Org) Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002, pp. 85-101.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. & MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo In: TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000, pp. 140-166.

TULLER, M. P. (Org) **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Colatina**. Folha SE. 24-Y-C-VI. Estado do Espírito Santo. Escala: 1:100.000. Brasília: DNPM/ CPRM, 1993.

ABSTRACT

The soil remineralization technique was applied to fertilize degraded soils of Espírito Santo state, using mining refuse and rock alteration mantle. The applied materials, rock dust and soil, was analysed to verify the chemical elements availability. The analysis results was used to calculate the amounts for the tests, accomplished in greenhouse. For comparison, tests was made with natural soil and also with chemical fertilizer, all observed during 60 days. At the end, the plants was dried in a stove and weighted. The preliminary results obtained was well successful considered, justfying the reserarch continuit.

Keywords: Rochagem, fertilization, ground rocks.

RESUMO

A técnica de Rochagem foi aplicada em fertilização de solos degradados do Estado do Espírito Santo, utilizando-se rejeito de mineração e manto de alteração de rocha. Os materiais utilizados nos ensaios, pó de rocha e solo, foram analisados para se verificar a disponibilidade de elementos químicos presentes. Com os resultados das análises, foram calculadas as quantidades a serem empregadas nos experimentos que foram realizados em casa de vegetação. Para efeito de comparação, foram efetuados ensaios também com solo virgem e com adubo químico, sendo todos observados por 60 dias. No final deste período, as plantas foram secas em estufa e pesadas. Os resultados preliminares obtidos foram considerados positivos, justificando a continuidade da pesquisa.

Palavras chaves: Rochagem, fertilização, pó de rocha.