

REAPROVEITAMENTO DE FINOS DE PEDREIRAS: A UTILIZAÇÃO DO PÓ DE ROCHA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Ana Olivia Barufi Franco-Magalhães, Universidade Federal de Alfenas UNIFAL-MG, Campus Poços de Caldas. ana.magalhaes@unifal-mg.edu.br

Natália Gualberto Ribeiro Loureiro Selvatti, discente do curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Alfenas UNIFAL-MG, Campus Poços de Caldas.

Nathalia Soares Campos, discente do curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Alfenas UNIFAL-MG, Campus Poços de Caldas.

RESUMO

Sabe-se que a mineração de agregados para a construção civil, mais especificamente a brita, é bastante presente e ativa praticamente em todos os estados brasileiros. Porém é muito pouco o conhecimento desenvolvido acerca do potencial de utilização de seus subprodutos. Estudos recentes apontam que esse material pode ser de grande utilidade na agricultura, devido às suas propriedades físico-químicas, reduzindo assim o consumo de fertilizantes industriais e fomentando o desenvolvimento da mineração sustentável. Este trabalho avaliou, à partir de técnicas de caracterização mineralógica e tecnológica, o potencial para utilização do pó de brita na agricultura como remineralizador de solo. Os resultados indicaram que este material apresenta grande potencial para este uso, segundo as exigências do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Palavras-chave: Pó de rocha; mineração sustentável; agrominerais; pedreiras

ABSTRACT

It is known that mining aggregates for civil construction, more specifically gravel, is very present and active in practically all Brazilian states. However, there is very little knowledge about the potential use of its by-products. Recent studies point out that this material can be of great use in agriculture, due to its physical-chemical properties, thus reducing the consumption of industrial fertilizers and promoting the development of sustainable mining. This work evaluated, using mineralogical and technological characterization techniques, the potential for using rock powder in agriculture as a soil remineralizer. The results indicated that this material has great potential for this use, according to the requirements of the Ministry of Agriculture.

Keywords: Rock Powder; Sustainable Mining; Agrominerals, Quarries

INTRODUÇÃO

Sabe-se que no Brasil é gerada uma grande quantidade de resíduos provenientes do processo de beneficiamento das pedreiras. Esses produtos são comumente armazenados nas propriedades das mineradoras e/ou vendidos para um mercado específico [1]. Entretanto, segundo [2], esses resíduos apresentam potencial uso na agricultura, setor de grande importância para a economia brasileira, como melhoradores e/ou condicionadores de solos.

Isso ocorre porque os solos brasileiros são geralmente ácidos, empobrecidos pela ação do intemperismo químico e muitas vezes carentes nos teores de fósforo e potássio. Esse fato gera uma necessidade de investimento alto em fertilizantes industrializados e corretivos de solo, que são, em sua maioria, importados. Sendo assim, a busca por alternativas que possam substituir total ou integralmente a dependência desses insumos é de grande importância. Com isso, a rochagem apresenta-se como uma prática agrícola viável de incorporação do pó de rocha ao solo empobrecido ou degradado, para promover sua remineralização [3].

Considerando que o pó de rocha tem como propósito principal fornecer nutrientes ao solo [4], o mesmo é também aceito como um fertilizante inteligente, visto que uma de suas características é o fornecimento gradual de nutrientes, de acordo com a necessidade da planta [5].

Portanto, é possível afirmar que a utilização de resíduos de pedreiras como remineralizadores de solo pode promover o aproveitamento de um material antes considerado um passivo ambiental, e até mesmo impulsionar o surgimento de um novo mercado consumidor regional para este material. Nos últimos anos, este tema tem sido muito estudado e debatido por instituições de pesquisa e órgãos governamentais, de forma a subsidiar o conhecimento de diferentes tipos de pós de rocha, sua aplicação e também a sua regulamentação. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da IN nº5/2016, estabeleceu as especificações e garantias mínimas dos remineralizadores de solo, sejam eles sub-produtos de pedreiras ou rejeitos dos processos de beneficiamento.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial do pó de migmatito de uma pedreira de brita na região nordeste do estado de SP como remineralizador de solo à partir da caracterização da rocha quanto à sua composição química, mineralógica e distribuição granulométrica.

METODOLOGIA

Foram coletados cerca de 30kg de produto “pó de pedra” (produto da segunda etapa de britagem, equivalente à brita zero), diretamente do britador secundário, em uma pedreira de brita para construção civil. Em campo foram também coletadas amostras de rocha para confecção de lâminas petrográficas. Em laboratório, esse material foi homogeneizado, quarteado e separado em três alíquotas de 300g cada para os ensaios subsequentes. Para caracterizar o material, foram realizadas análises mineralógica, petrográfica, química e granulométrica, conforme descrito a seguir.

Os procedimentos metodológicos aqui discorridos basearam-se na análise potencial do material segundo os critérios estabelecidos na IN nº05/2016 do MAPA, onde ficam estabelecidas as principais especificações e garantias mínimas dos remineralizadores, a saber:

I – em relação à soma de bases (CaO, MgO, K₂O): deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento) em peso/peso;

II – em relação ao teor de óxido de potássio (K₂O): deve ser igual ou superior a 1% (um por cento) em peso/peso;

III – em relação ao SiO₂ livre presente no produto: não poderão conter teor superior a 25% (vinte e cinco por cento) em volume/volume;

IV – em relação aos elementos potencialmente tóxicos: não poderão conter teores superiores a 15 ppm de Arsênio (As), 10 ppm de Cádmio (Cd), 0,1 ppm de Mercúrio (Hg) e 200 ppm de Chumbo (Pb).

Além disso, quanto à natureza física dos remineralizadores, a mesma IN refere que o pó de rocha deve ter como garantia mínima:

V - 100% das partículas passantes em peso/peso na peneira 2,0 mm (ABNTnº 10);

VI - no mínimo 70% das partículas passantes em peso/peso na peneira 0,84 mm (ABNTnº 20);

VII – no mínimo 50% das partículas passantes em peso/peso na peneira 0,3 mm (ABNTnº 50).

Análise química

Uma amostra de 300 g do pó de rocha foi destinada para o laboratório SGS-Geosol para a realização da técnica de espectrometria óptica de emissão atômica por plasma de argônio (ICP-OES), de elementos maiores e traços.

Análise mineralógica

Uma alíquota de 300 g foi destinada ao laboratório da Mineração Curimbaba Ltda. para realização da difração de raio X (DRX), que permite a identificação das fases minerais presentes na amostra através da caracterização de sua estrutura cristalina para quantidades superiores a 5%.

Análise petrográfica

Foi realizada à partir da análise de uma lâmina petrográfica da rocha sã em microscópio petrográfico. Para esta análise foi utilizado o microscópio Zeiss modelo Scope A1, do laboratório Multiusuário III da UNIFAL-MG, através de uma lente objetiva de 2,5x.

Análise granulométrica

Uma amostra de 300 g foi peneirada com o auxílio de um peneirador suspenso durante 10 minutos, seguindo as normas da ABNT. Para o procedimento utilizaram-se as seguintes aberturas de peneiras: 6 mesh, 8 mesh, 10 mesh, 14 mesh, 20 mesh, 28 mesh, 40 mesh e 60 mesh.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados ensaio de peneiramento dispostos na Tabela 1 e Figura 1 mostraram que o material apresenta aproximadamente 65,09 % de partículas passantes na peneira de 2 mm. Essas informações elucidam que o material não cumpre as garantias mínimas para as especificações físicas exigidas no Anexo I Instrução Normativa nº 5/2016 do MAPA, precisando portanto de ajustes físicos para o uso em questão.

Tabela 1: Dados da quantidade de material passante e retido no ensaio de peneiramento.

AMOSTRA (300,10g)						
Peneiras (mesh)	Peneiras(mm)	Retido(g)	Retido acumulado(g)	Passante acumulado(g)	Retido acumulado(%)	Passante acumulado(%)
6	3,35	15,78	15,78	283,22	5,28	94,72
8	2,36	50,17	65,95	233,05	22,06	77,94
10	2,00	38,43	104,38	194,62	34,91	65,09
14	1,18	39,07	143,45	155,55	47,98	52,02
20	0,85	20,68	164,13	134,87	54,89	45,11
28	0,60	25,65	189,78	109,22	63,47	36,53
40	0,425	19,54	209,32	89,68	70,01	29,99
60	0,250	23,12	232,44	66,56	77,74	22,26
Coletor	0	66,56	299,00	0,00	100,00	0,00

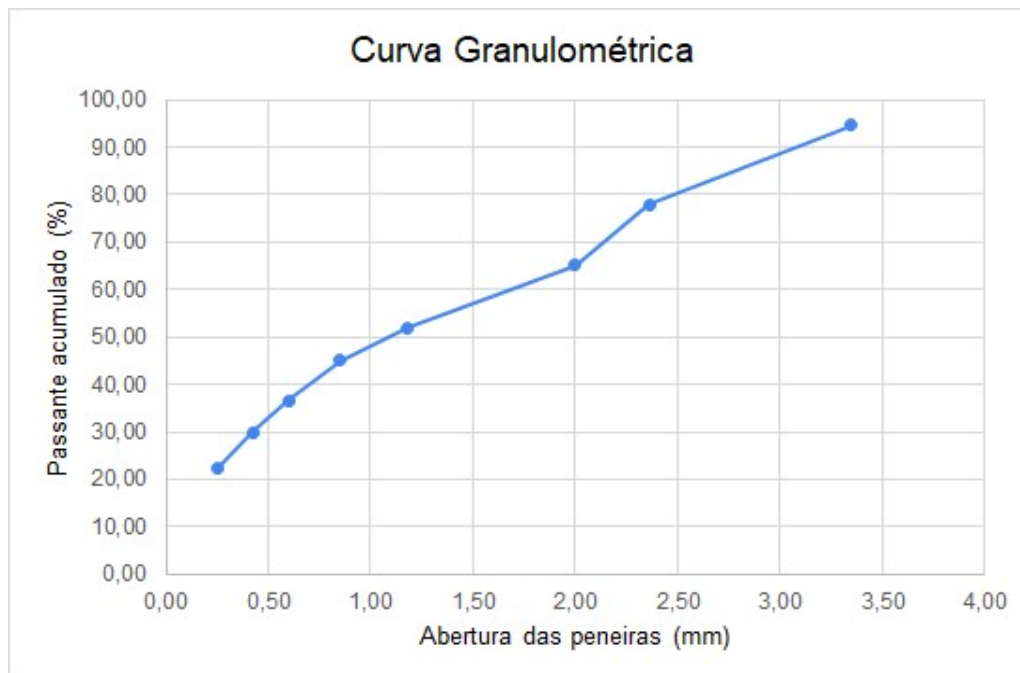


Figura 1: Curva granulométrica da amostra de pó de rocha.

A análise química total realizada por ICP-OES na amostra (Tabela 2) registrou os seguintes elementos maiores: CaO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MnO, U₃O₈, ZrO₂. Já como elementos traço foram registrados os elementos Ba, Nb, Sr, Zn, Zr, V, Ce, Co, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Gf, Ho, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Pr, Rb, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U, W, Y e Yb, segundo a tabela 2. Segundo a Instrução Normativa nº 5/2016 do MAPA, a soma das bases (CaO, MgO, K₂O) deve ser superior a 9%. Os resultados aqui apresentados indicam que no caso em questão a soma das bases é de 8,6%, ou seja, num valor muito próximo limite mínimo solicitado.

Tabela 2: Resultados da análise química por ICP-OES.

	Blank	SJ-01	SJ-01 (REP)
Al ₂ O ₃ (%)	0,03	13,65	14,26
Ba (ppm)	<10	800	875
CaO (%)	<0,01	2,71	2,9
Cr ₂ O ₃ (%)	<0,01	<0,01	<0,01
Fe ₂ O ₃ (%)	0,86	3,9	4,34
K ₂ O (%)	<0,01	3,94	4,25
MgO (%)	<0,01	1,65	1,81
MnO (%)	<0,01	0,08	0,09
Na ₂ O (%)	<0,01	3	3,15
Nb (ppm)	N.A.	N.A.	N.A.
P ₂ O ₅ (%)	<0,01	0,13	0,15
SiO ₂ (%)	>90	69,93	70,76
Sr (ppm)	<10	215	235
TiO ₂ (%)	<0,01	0,48	0,52
Zn (ppm)	10	62	73
Zr (ppm)	<10	260	261
V (ppm)	6	51	56
LOI (%)	-0,24	0,35	n.d.
Ce (ppm)	0,4	101,4	n.d.
Co (ppm)	0,7	9,3	n.d.
Cs (ppm)	0,23	0,81	n.d.
Cu (ppm)	8	21	n.d.
Dy (ppm)	<0,05	4,25	n.d.
Er (ppm)	<0,05	2	n.d.
Eu (ppm)	<0,05	1,32	n.d.
Ga (ppm)	0,2	16,4	n.d.
Gd (ppm)	0,1	5,72	n.d.
Hf (ppm)	<0,05	6,49	n.d.
Ho (ppm)	<0,05	0,74	n.d.
La (ppm)	2,1	51,7	n.d.
Lu (ppm)	<0,05	0,26	n.d.
Mo (ppm)	2	3	n.d.
Nb (ppm)	1,33	11,06	n.d.
Nd (ppm)	0,2	39,2	n.d.
Ni (ppm)	16	41	n.d.
Pr (ppm)	0,06	11,76	n.d.
Rb (ppm)	0,5	146	n.d.
Sm (ppm)	<0,1	7,3	n.d.
Sn (ppm)	0,4	2,3	n.d.
Ta (ppm)	<0,05	<0,05	n.d.
Tb (ppm)	<0,05	0,78	n.d.
Th (ppm)	<0,1	18,2	n.d.
Tl (ppm)	<0,5	<0,5	n.d.
Tm (ppm)	<0,5	0,28	n.d.
U (ppm)	<0,5	1,02	n.d.
W (ppm)	<0,1	0,4	n.d.
Y (ppm)	<0,5	10,30	n.d.
Yb (ppm)	<0,5	0,4	n.d.

No cumprimento integral da IN à partir da análise química, tem-se que o material contempla o teor mínimo exigido de pelo menos 1% para K₂O, e que também não registrou teores dos elementos potencialmente tóxicos de Ar, Cd, Hg e Pb à partir da técnica utilizada.

Os resultados das análises mineralógica (realizada através da técnica de Difração de raio X) e petrográfica indicaram a presença de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita, flogopita e hornblenda como minerais principais e, como minerais acessórios, zircão e opacos. A análise petrográfica foi realizada através da contagem volumétrica, cujos resultados da proporção volumétrica dos minerais identificados, estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Proporção volumétrica da mineralogia básica e acessória identificada na análise petrográfica.

Mineral	Fórmula química	Porcentagem
Plagioclásio (Anortita)	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	25%
Feldspato Potássico (Microclínio)	KAlSi ₃ O ₈	25%
Quartz o	SiO ₂	25%
Acessórios (opacos, zircão)	ZrSiO ₄	4%
Hornblenda	(Na,K) ₀₋₁ Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Al,Ti) ₅ (Si ₆ Al ₂) ₈ O ₂₂ (OH,O) ₂	6%
Biotita	K(Mg,Fe ²⁺) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH,F) ₂ ou K(Mg,Fe ²⁺) ₃ (Al,Fe ³⁺)Si ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂	6%
Flogopita	KMg ₃ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂	9%

CONCLUSÃO

Os resultados alcançados através das análises químicas estão dentro dos padrões aceitados pela Instrução Normativa do MAPA, conforme descrito nos incisos II e III do Art 4º. Dessa forma, entende-se que a química e a mineralogia do material de estudo apresentam um quadro favorável para a prática da rochagem. Ainda com relação aos resultados das análises mineralógica e petrográfica, observou-se que foi cumprido o critério estipulado no Art. 4º, § 2º, inciso I da Instrução Normativa nº 5 do MAPA.

Entretanto, observa-se que a granulometria das partículas não está de acordo com o que foi proposto pela norma. Mais especificamente, o material possui uma distribuição granulométrica imprópria para utilizá-lo como remineralizador. Para melhorar essa distribuição poderiam ser realizadas cominuições utilizando outros equipamentos, tais como britador de rolos de alta pressão e ou até mesmo peneiras de alta frequência, para melhor classificação do material.

A aplicação deste material como remineralizador apresenta grande potencial, mas entretanto precisa de ajustes físicos em seu processo de beneficiamento para cumprimento da norma. Se utilizado também para esse fim, haverá grande contribuição para o não acúmulo de passivos ambientais, além de um novo mercado que auxilie na sustentabilidade das atividades da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MACHADO, A.F.; et.al. Aproveitamento de rejeito de mineração na blindagem de calcário comercial para correção do solo. Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental, p. 17-27. 2014.
- [2] LUZ, M. P. Aproveitamento de filer de pedreiras da região metropolitana de Goiânia em pavimentos flexíveis urbanos – avaliação técnica e sócio ambiental. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás. Programa de Pósgraduação em Ciências Ambientais, 104 p. 2008.
- [3] BENEDUZZI, E. B. **Rochagem: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação dos solos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 90 p. 2011.
- [4] IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. Organizador: Instituto Brasileiro de Mineração. 1. Ed. Brasília: IBRAM, 2016.
- [5] REVISTA AGRICULTURAS: Experiência em agroecologia. Rio de Janeiro: As-pta, v. 10, n. 1, mar. 2013. p. 22-28. Disponível em: <<http://aspta.org.br/revistaagriculturas/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.