

ROCHAS , MINERAIS E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ALTERNATIVOS

Adão Benvindo da Luz-Eng Minas, DSc

Francisco E. Lápido-Geólogo, DSc

João Alves Sampaio-Eng Minas, DSc

Zuleica C. Castilhos-DSc-Geoquímica Ambiental

Marcelo Soares Bezerra-Eng Minas, Consultor

Rio de Janeiro, 27/11/20

CETEM

Ministério da
Ciência e Tecnologia



SUMÁRIO

1 - Introdução

2 - Objetivos

3 - Fontes de Fertilizantes Alternativos

3.1 – Rochas e Minerais para Agricultura de Bicombustíveis

3.2 – Resíduos Industriais

4 – Termofosfatos e Termofosfato Postássico

5 – Agenda de Prioridades

Glossário



INTRODUÇÃO

ENERGIA e ALIMENTO

Biocombustível:

- ✓ óleo diesel ou gasolina + óleo vegetal ou etanol
- ✓ Produtos agrícolas: oleaginosas (principalmente soja) e cana-de-açúcar

- ✓ Todos os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas, exceto o N, são de **origem mineral**;
- ✓ Mesmo a agricultura orgânica ou biológica, precisa de aditivos minerais, principalmente P e K.

➤ *Propriedades Agrícolas do Brasil:*

10% tem menos de 10 ha

90% tem menos de 100 ha

60% não empregam qualquer tipo de fertilizante

~ 50% dos fertilizantes consumidos são importados;

~ 90% do Potássio consumido é importado

Consumo (kg/ha) de nutrientes no cultivo da cana-de-açúcar

Produtividade (t/ha)	Nitrogênio	P ₂ O ₅	K ₂ O
50	60	50	22
100	110	90	39
(N.A)	143	43	209
Alta colheita	130	90	340

N.A : Não avaliado

Rochagem: contribui para reduzir o consumo de fertilizantes, os quais requerem elevado consumo de energia para sua fabricação (Othon Leonardos et al, 1976, Cong Bras Geol)

A rochagem pode melhorar a produtividade e qualidade de muitos cultivos, incluindo a cana-de-açúcar e oleaginosas, principalmente nas pequenas e médias empresas.

Composição química média de rochas ígneas

Oxido	Granito	Andesito	Basalto	Fonolito	Saprolito
SiO ₂	72,08	54,20	50,83	56,08	51,85
TiO ₂	0,37	1,31	2,03	0,47	0,56
Al ₂ O ₃	13,86	17,17	14,07	22,71	27,72
Fe ₂ O ₃	0,86	3,48	2,88	2,73	2,21
FeO	1,67	5,49	9,05	-	-
MnO	0,05	0,15	0,18	0,01	0,03
MgO	0,52	4,36	6,34	0,04	0,09
CaO	1,33	7,92	10,42	0,05	0,01
Na ₂ O	3,08	3,67	2,23	0,60	0,23
K ₂ O	5,46	1,11	0,82	13,27	9,35
P ₂ O ₅	0,18	0,28	0,23	0,19	6,28
H ₂ O	0,53	0,86	0,91	-	-

Fontes de Fertilizantes Alternativos

- ❖ Há uma grande variedade de rocha com potencial de aplicação na remineralização dos solos;
- ❖ Entretanto, nas condições normais de clima, a desagregação natural e alteração química não são capazes de disponibilizar os nutrientes das rochas ou minerais com os índices de produtividade requeridos pelo agronegócio;
- ❖ Por isto, constata-se uma ação contínua no desenvolvimento de estudos visando manipular as propriedades de minerais e rochas, tornando-os aproveitáveis como fertilizantes alternativos.

Rochas e minerais como fonte de macronutrientes principais e secundários

Rochas e Minerais	Macronutrientes
Rochas ultrabásicas alcalinas leucíticas	K, Mg, Ca, etc
Basalto/Gabro	Mg, Ca, etc
Carbonatito	Ca, Mg, P, K
Kimberlito	K, Mg, etc
Rochas silicáticas (sienitos e nefelina sienitos)	K e outros
Rochas ácidas (granitos e gnaisses)	K e outros
Gipsita e rejeitos industriais (fosfogesso)	S, Ca
Calcários (calcíticos e dolomíticos)	Ca, Mg

O uso da rocha moída, no País, para remineralização do solo e manutenção da sua fertilidade, é relativamente recente.

A Embrapa Cerrados e UnB desenvolveram vários estudos de caracterização tecnológica de algumas rochas objetivando a sua aplicação na forma moída (rochagem), como fonte de K para fins agrícolas.

Foram estudadas as rochas:

- i) *Biotita xisto e flogopitito* (rejeitos da mineração de esmeralda, Nova Era-MG e Campo Formoso-BA;
- ii) *Brecha vulcânica alcalina*, Rio Verde-GO;
- iii) *Carbonatito-GO e ultramáficas alcalinas*, Lages- SC:
Estudos em casa de vegetação mostraram resultados promissores (fonte K) para soja e milho

Estas rochas são estudadas como fertilizantes de baixo custo

- ✓ Vantagem: contém vários macro e micronutrientes
- ✓ Desvantagem: lenta liberação dos nutrientes

Há diversas experiências bem sucedidas na aplicação de rochas e minerais alternativos, em diversas partes do mundo. A rochagem destaca-se como a técnica mais promissora.

As pesquisas tem revelado que:

a) em climas tropicais (altas temperaturas e umidade do solo) é possível atingir taxas mais elevadas de dissolução , favorecendo os mecanismos de reação entre os minerais e o solo

b) as rochas vulcânicas fonolitos e basaltos apresentam taxas de liberação mais elevadas, ao contrário dos granitos

Entretanto, o uso de rochas e minerais alternativos contendo K e P no cultivo de cana-de-açúcar tem sido muito pontual.

E no cultivo de oleaginosas (soja, mamona, pinhão manso, etc.) não há registro do seu uso.

OBJETIVOS

Objetivo Geral: Identificar e localizar, no Brasil, rochas e minerais alternativos como fontes potenciais de macronutrientes (K, P, Ca, Mg, S) e de micronutrientes, para uso na produção agrícola de cana-de-açúcar e de oleaginosas, com vista à produção nacional de biocombustíveis líquidos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. identificar rochas e minerais potenciais para uso como fertilizantes alternativos;
2. localizar, geograficamente, no país;
3. fomentar um sistema de informação geográfica (SIG) com os dados gerados;
4. sugerir rotas tecnológicas alternativas, e,
5. gerar uma agenda de prioridades para orientar ações temáticas de pesquisas governamentais sobre minerais, rochas e rejeitos, como fontes de fertilizantes alternativos.

RESULTADOS

Neste trabalho são apresentadas 69 áreas (localização geográfica) com minerais e rochas potenciais, nos 09 estados nordestinos, para ensaios como fertilizantes silicatados multinutrientes e vários exemplos de estudos de aplicação de rochas alternativas como fertilizantes e remineralizantes, no Brasil

Aluminofosfato: Ilha de Trauira-MA

Depósito de 10 milhões de toneladas com teor de 12% P_2O_5 . Baixa solubilidade P_2O_5 em ácido cítrico

Tecnologias: calcinação oxidante e redutora, separação magnética e lixiviação com soda caustica

Tecnologia sugerida: calcinação redutora, a qual mostrou-se a mais promissora

Basalto: Formação Serra Geral (Estende-se do Sul ao Centro Oeste). Espesso pacote de lavas com 1,2 milhões de km².

Composição química Basalto de SC : SiO₂ 53,62%; Al₂O₃ 13,47%; K₂O 1,17%; MgO 4,83%; CaO 9,00%; P₂O₅ 0,20%; S 139 mg/L; TiO₂ 1,19%; Fe₂O₃ 11,20%; Cu 71 mg/L; Zn 93 mg/L

Há registro do uso de 71t/ha (830 kg K₂O/ha) desse material na cultura da cana-de-açúcar, com resultados promissores

Consumo (kg/ha) de nutrientes no cultivo da cana-de-açúcar

Produtividade (t/ha)	Nitrogênio	P ₂ O ₅	K ₂ O
50	60	50	22
100	110	90	39
(N.A)	143	43	209
Alta colheita	130	90	340

N.A : Não avaliado

Carbonatito: São conhecidos 22 complexos carbonatíticos no Brasil que, pela sua composição mineralógica, podem ser usados como fertilizantes alternativos e calagem.

Destacamos trabalhos da Mineração Barreto (AL) na produção e comercialização do MB-4. Mistura de serpentinito/biotita e outros para corretivo de acidez do solo e liberação lenta de micronutrientes, aplicado **na cultura de cana-de-açúcar**, algodão, soja, feijão, milho, sorgo, fruticultrua e hortaliça.

Flogopitito: Rocha encaixante da mina de esmeralda-Carnaíba/BA. Constituída de flogopita (grupo das micas) com 8% K_2O .

Estudos de caracterização tecnológica (ensaios de extração de K) realizados pelo CETEM mostraram que essa rocha poderá ser utilizada, na forma moída, em culturas que demandem K.

Serpentinito: Rochas encaixante da mina de amianto da SAMA e da Mina Ipueira, Andorinha-BA.

Foram realizados no CETEM estudos de caracterização tecnológica para uso na agricultura (correção de acidez e fonte de Mg)

O serpentinito de Andorinha apresentou resultados promissores, no entanto o estéril da mina de amianto tem que avaliar melhor os teores de Cr e a presença de crisotila, que pode inviabilizar o seu uso direto.

Verdete: Rocha constituída essencialmente por glauconita (aluminossilicato de Fe, Mg, K) que ocorre nos municípios de Matutina, Cedro e Cedro do Abaeté – MG, formando depósitos de milhões de toneladas. Há outras ocorrências de verdete no País.

Amostras coletadas pelo CETEM na região apresentaram os seguintes teores médios: 7% K_2O ; 2% MgO ; 0,15% CaO ; 0,3% P_2O_5 , entre outros.

Verdete: nos anos 80, pesquisadores da USP/IPT/PAA/CETEC estudaram a obtenção de termopotássio, a partir do verdete, pela fusão deste em forno elétrico.

Os resultados técnicos foram promissores, mas, na época, foram considerados não econômicos por se tratar de processo de elevado consumo energético.

O CETEM desenvolve, atualmente, estudos sobre os verdetes de MG, por flotação/processo térmico e biológico.

Fonolito: Há diversas ocorrências associadas aos complexos alcalinos. O mais estudado é o de Poços de Caldas-MG. Rocha vulcânica subsaturada em Si, contendo feldspato alcalino e feldspatóide.

A Mineração Curimbaba já produz pó de rocha do fonolito ($8\%K_2O$), com resultados promissores no cultivo do café

Resíduos Industriais para Agricultura

Em várias partes do mundo estudou-se o uso de escórias siderúrgicas e metalúrgicas para uso agrícola.

No Brasil, o uso destas é ainda incipiente, no entanto já existem normas do MAPA, principalmente como corretivo de solo.

Esse materiais devem ser caracterizados rigorosamente para evitar danos ao meio ambiente.

Termofosfato e Termopotássio

São fertilizantes obtidos por processos térmicos de rochas fosfáticas ou potássicas (verdete) com ou sem adição de outras matérias primas minerais.

São fundidos a 1500°C em forno elétrico, seguido de choque térmico com água fria.

O termofosfato Yoorin, comercializado no Brasil pela Mitsui, tem a seguinte composição: 19% P_2O_5 , 26-30% CaO , 14-18% MgO , 25% SiO_2 . Reúne a vantagem da liberação gradual dos nutrientes e a presença de Ca e Mg

Termopotássio:

A viabilidade técnica/econômica de obtenção deste, a partir de verdete ou outras rochas com K_2O acima de 6%, está sendo revisitado por empresas e centros de pesquisa do País, inclusive o CETEM.

Na década de 80, esses estudos de pesquisa mostraram-se inviáveis, economicamente, pois trata-se de processo de uso intensivo em energia, mas hoje, as condições de mercado são totalmente diferentes.

Rotas Tecnológicas Identificadas

- i) Moagem fina e acidulação (Ex: rocha fosfática);
- ii) Biossolubilização-compostagem, mistura com enxofre ou gipsita;
- iii) Combinação de nutrientes com resíduos orgânicos para obter composto orgânico;
- iv) Estudos em casa de vegetação, para testar rochas de alta CTC e alto potencial de intemperização (feldspatóide, rocha máfica ultra potássica etc);
- v) Pesquisas para a liberação de nutrientes induzida por ação microbiana;
- vi) Obtenção de produtos de K e P via processos térmicos ou hidrometalúrgico

AGENDA DE PRIORIDADES

Mapeamento Geológico de litologias já utilizadas em rochagem e daquelas que, pelas suas características químico-mineralógicas, tem potencial para remineralização do solo, incluindo rochas silicáticas e fosfáticas.

Rochas Portadoras de K_2O : Priorizar os estudos de caracterização tecnológica e processamento, de rochas e minerais de maior conteúdo em K_2O , do tipo verdete, fonolito, brechas alcalinas, kimberlitos, ultrabásicas alcalinas.

Rochagem: Estudar, também, o uso dessas rochas por aplicação direta, com ou sem compostagem.

Termofosfato e Termopotássio: Realizar estudos de obtenção desses produtos, via térmica, com ou sem adição de outras matérias-primas minerais

Biossolubilização de Rochas Fosfáticas e Potássicas: Estudar a biodisponibilização dos nutrientes P e K contidos em rochas fosfáticas e silicatadas de potássio.

Rochas Zeolíticas : Continuar os estudos de processamento das zeólitas da Bacia do Parnaíba, por processo físico-químico e saturação com os nutrientes N, P, K e outros como Ca, Mg, S, Zn, Cu, B, Mo, etc., focando seu uso como carga para nutrientes, para fertilizante de liberação lenta.
(outros: perlita/atapulgita, vermiculita)

Caracterização Tecnológica: Desenvolver metodologia de caracterização cristaloquímica das rochas e minerais alternativos objetivando prever o grau de dificuldade para disponibilizar os nutrientes para fertilização do solo.

Novos Depósitos: Realizar caracterização petrográfica, mineralógica e química, para melhorar o conhecimento geológico dos depósitos que contenham nutrientes relevantes para a agricultura.

Avaliação de Impactos Ambientais: Desenvolver metodologia de investigação dos potenciais contaminantes de toxicologia relevante, incluindo os radionuclídeos, contidos nas rochas e minerais alternativos para agricultura.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

CETEM