

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



Fotos: Ivo Tupan Borges Filho/Carlos Eugênio Martins



COMUNICADO
TÉCNICO

96

Juiz de Fora, MG
Outubro, 2023



Uso de pó de rocha em plantas forrageiras

Pérsio Sandir D'Oliveira
Wadson Sebastião Duarte Rocha
Carlos Eugênio Martins

Uso de pó de rocha em plantas forrageiras¹

¹ Pérsio Sandir D'Oliveira, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. Wadson Sebastião Duarte da Rocha, engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. Carlos Eugênio Martins, engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

Introdução

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, atrás apenas da China, Índia e EUA. Contudo, o país é muito dependente de importações: em 2021, 72% do fósforo, 94% do nitrogênio e 96% do potássio aplicados na agricultura nacional foram importados (Stralio et al., 2022).

Os fertilizantes e os corretivos agrícolas são os insumos mais importantes para o desenvolvimento das culturas e, portanto, para a produtividade. A maioria deles vem de fontes industriais e são solúveis, como o NPK (mistura de concentrações diferentes de nitrogênio, fósforo e potássio), contendo ou não micronutrientes. O modelo de produção, consumo e uso de fertilizantes no Brasil vem sendo questionado (Chaves, 2010). Diante de custos crescentes e maior preocupação ambiental, é preciso encontrar alternativas para correção da fertilidade e acidez do solo.

Rochas moídas podem ser utilizadas para fertilizar o solo, num processo conhecido como rochagem, que fornece agrominerais (ou remineralizadores); estes são matérias-primas de origem

mineral, como resíduos de mineração, garimpo e metalurgia, para aplicação em solos agrícolas. A Instrução Normativa (IN) n.º 5 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), traz a definição, normatização e regras para comercialização dos remineralizadores (Brasil, 2016). A calagem e a aplicação de fosfatos naturais são exemplos de uso agrícola de pó de rocha.

O uso de pó de rocha traz benefícios para o solo, como o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e do pH, diminuição de alumínio trocável, fornecimento de macronutrientes (em especial o potássio) e micronutrientes, também contribuindo para melhorias em sua estrutura. É aplicado em olericultura, fruticultura, cana de açúcar, cereais, setor florestal e pastagens, em substituição e/ou complementação aos fertilizantes industrializados. Sua eficiência agrônômica depende de fatores como a mineralogia, a composição química e a granulometria de rochas moídas, condições de clima e de solo e da atividade microbiana (Swoboda et al., 2022).

O processo de remineralização fornece macro e micronutrientes para as plantas,

com exceção do N; ao contrário do N, P e S, o K na solução do solo é influenciado pela CTC e pelo intemperismo (Ferreira et al., 2023). A maior parte dos fertilizantes potássicos utilizados no Brasil é importada, principalmente da Rússia e do Canadá, e o mais comum é o cloreto de potássio (KCl, 58% de K_2O). Assim, a possibilidade de fornecer potássio por meio da aplicação de pó de rocha merece atenção. Mesmo com os incentivos à produção de fertilizantes, nos anos 1980, a produção nacional de fertilizantes potássicos atende apenas 3,6% da demanda, o que requer fontes alternativas (Rajão et al., 2023).

A busca por sistemas agrícolas sustentáveis, com baixo uso de insumos externos, diversificados e eficientes em termos energéticos, é do interesse global (Cola; Simão, 2012). Práticas como o uso de pó de rocha para correção e manutenção da fertilidade de solos agrícolas devem aumentar em todo o mundo. Este Comunicado Técnico apresenta conceitos e resultados de pesquisas com pó de rocha em plantas forrageiras que vão ao encontro

dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030, propostos pela Organização das Nações Unidas, da qual o Brasil é signatário, contribuindo para o alcance do ODS 2 “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável, coadunando com as Metas 2.3 e 2.4 (Produtividade de pequenos agricultores e Agricultura sustentável, respectivamente).

Normatização

Conforme a IN n.º 5 do MAPA, o remineralizador deve ter alguns padrões mínimos para uso agrícola: granulometria; soma de bases totais ($CaO + MgO + K_2O$) de 9%, no mínimo; teor de K_2O total de 1%, no mínimo; teor máximo de sílica livre entre 18% e 25%; teor de fósforo (P_2O_5) acima de 1%; limites para micronutrientes; e concentrações máximas de elementos potencialmente tóxicos (arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio), conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Teores mínimos do macronutriente fósforo e dos micronutrientes em remineralizadores.

Características	Teor total mínimo (% peso/peso)
Fósforo (P ₂ O ₅)	1,0
Boro (B)	0,03
Cloro (Cl)	0,1
Cobalto (Co)	0,005
Cobre (Cu)	0,5
Ferro (Fe)	0,1
Manganês (Mn)	0,1
Molibdênio (Mo)	0,005
Níquel (Ni)	0,005
Selênio (Se)	0,03
Silício (Si)	0,05
Zinco (Zn)	0,1

Fonte: Brasil (2016).

Tabela 2. Teores de elementos tóxicos em remineralizadores.

Elemento	Teor máximo tolerável (mg/kg)
As	1,0
Cd	0,03
Pb	0,1
Hg	0,005

Fonte: Brasil (2016).

Granulometria

Os remineralizadores são rochas moídas, cujo grau de fragmentação influencia na reatividade do material. Quanto menor o tamanho das partículas, maior a superfície de contato e sua reação com o solo. A Tabela 3, contida na IN N.º 5, apresenta a granulometria dos remineralizadores.

Tabela 3. Especificações de natureza física dos remineralizadores.

Especificação de natureza física	Garantia granulométrica	
	Peneira	Partículas passantes (peso/peso)
Filler	0,3 mm (ABNT n.º 50)	100%
	2,0 mm (ABNT n.º 10)	100%
Pó	0,84 mm (ABNT n.º 20)	70% mínimo
	0,3 mm (ABNT n.º 50)	50% mínimo
	4,8 mm (ABNT n.º 4)	100%
Farelado	2,8 mm (ABNT n.º 7)	80% mínimo
	0,84 mm (ABNT n.º 20)	25% mínimo

Fonte: Brasil (2016).

Composição química

Diversas rochas e seus subprodutos podem ser usadas como remineralizadores. A composição química das matérias primas é importante para a escolha do material que será utilizado em substituição aos fertilizantes minerais convencionais. A Tabela 4 apresenta a composição de algumas rochas, usadas como remineralizadores.

Tabela 4. Composição química de algumas rochas utilizadas como remineralizadores.

Tipo de rocha	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Na ₂ O	CuO	MnO	ZnO	TiO ₂
basalto	493,5	121,7	154,5	77,4	36,7	16,0	6,1	26,2	nd	2,3	nd	36,7
basalto	427,7	115,9	231,5	99,1	44,9	11,6	3,8	19,9	nd	nd	nd	39,8
basalto	503,1	139,4	126,2	101,6	69,1	8,4	0,9	22,4	nd	nd	nd	nd
basalto microcristalino	557,3	191,0	75,0	88,0	22,6	30,0	nd	30,0	0,3	2,2	0,2	25,0
olivina-basalto	622,1	140,0	55,0	88,0	36,0	9,5	nd	10,7	0,2	2,8	0,1	25,0
brecha alcalina	429,0	107,7	131,3	125,1	69,1	20,3	7,2	7,6	nd	1,5	nd	41,9
biotita xisto	498,7	102,5	103,9	37,6	174,8	49,5	0,4	6,1	nd	1,5	nd	3,5
ultramáfica alcalina	363,9	77,8	111,1	142,9	162,4	30,1	9,6	18,5	nd	1,8	nd	19,7
gnaisse	650,1	147,2	53,9	40,7	19,8	34,0	3,4	35,8	nd	nd	nd	10,8
fosforito brechado	560,2	138,7	88,2	97,2	9,6	20,5	73,7	0,3	nd	nd	nd	7,4
dolomito fosfatado	91,1	29,3	35,2	610,4	208,4	6,0	24,5	0,09	nd	nd	nd	1,51

Fonte: Abovisi et al. (2020); Toscani e Campos (2017); Lopes et al. (2014); Escosteguy e Klamt (1998); Escosteguy e Klamt (1998); Resende et al. (2006); Resende et al. (2006); Martins e Rocha; Toscani e Campos (2017); Toscani e Campos (2017).

n.d.: não determinado

Aplicações

O diferencial da aplicação do pó de rocha, em comparação com fertilizantes industriais, é a liberação mais lenta dos nutrientes, sendo, portanto, esta prática mais indicada para culturas perenes. Ademais, a baixa concentração de nutrientes resulta em aplicações de grandes quantidades de pó de rocha. Em geral, o pH do material de origem é alcalino, portanto o pó de rocha pode contribuir para a correção da acidez do solo.

Doses crescentes de pó de basalto aplicadas ao solo causam aumento no pH, efeito relacionado ao tipo de solo, sendo mais evidente em solos arenosos (Escosteguy; Klamt, 1998). A aplicação de fosforito, basalto e dolomito fosfatado em Latossolo Vermelho distrófico resultou em aumento do pH e saturação por bases, após um ano (Toscani; Campos, 2017).

Fonte de nutrientes minerais

O alto custo dos fertilizantes industriais, aliados ao impacto ambiental de sua produção e aplicação no solo, demanda fontes alternativas, tanto de macro quanto de micronutrientes. Conforme o tipo de rocha, as proporções destes podem variar, o que deve ser analisado antes de seu uso na agricultura.

Após a aplicação do pó de rocha, este precisa reagir com o solo, para que haja a liberação dos nutrientes. Contudo,

essa liberação é lenta, podendo ser necessário utilizar processos para acelerar a reação.

Para aumentar a taxa de liberação de nutrientes contidos no pó de rocha existem diversos processos. No processo físico, a moagem da rocha resulta em pó de granulometria muito fina, o que contribui para aumentar a reatividade no solo; partículas com diâmetro entre argila e silte liberam os nutrientes mais facilmente, ao contrário de partículas maiores. No processo químico, o principal agente é a água do solo, que promove a hidratação, a dissolução, a hidrólise e a oxidação do pó de rocha. Por fim, no processo biológico, microrganismos dos gêneros *Acidithiobacillus*, *Aspergillus*, *Bacillus*, *Penicillium* e *Pseudomonas* solubilizam o potássio e o fósforo contido nas rochas (Cola; Simão, 2012).

Em Porto Alegre, RS, foram avaliados os efeitos de doses de basalto microcristalino e olivina-basalto na fertilidade de dois tipos de solo, Latossolo Vermelho Escuro e m Podzólico Vermelho Amarelo, nas doses de 0 t/ha; 5 t/ha; 10 t/ha; 25 t/ha; 50 t/ha e 100 t/ha, sob períodos de incubação de 30 dias; 150 dias e 300 dias. Foram analisados o pH, a CTC e as concentrações de H+Al, K, Ca, Mg e P. Verificou-se que a liberação dos nutrientes variou conforme o período de incubação, mas não com o tipo de rocha, exceto para o Ca e P, que tiveram maior liberação com olivina-basalto (Escosteguy; Klamt, 1998).

Foi realizado ensaio em casa de vegetação, com o uso de pó de três rochas (brecha alcalina, biotita xisto e ultramáfica alcalina), em substituição ao cloreto de potássio. As fontes de potássio foram aplicadas em vasos contendo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, onde foi semeado o milho. Após colheita, foram feitas análises de solo e de planta. Foram observadas diferenças na liberação de potássio do pó de rocha, que foi maior para a biotita, enquanto a produção de matéria seca do milho foi semelhante entre os tratamentos. Concluiu-se que o potássio liberado do pó de rocha foi o suficiente para atender as exigências do milho (Resende et al., 2006).

Em Araras,SP, foi realizado experimento em laboratório para avaliar o efeito da vinhaça na solubilização de pó de rocha. Em colunas, foram reproduzidas as camadas de 0 cm-50 cm de um solo argiloso (Latosolo Vermelho muito argiloso) e de um solo arenoso (Neossolo Quartzarênico), com adição posterior de três doses de pó de basalto (0 t/ha; 2,0 t/ha e 4,0 t/ha) e uma dose de vinhaça (200 m³/ha), além de testemunha, onde foi usada água (200 m³/ha). Verificou-se que houve efeito da vinhaça e do solo, na camada superficial, com teores maiores de Ca, Mg e K nos tratamentos com vinhaça e no solo argiloso, confirmando o potencial da vinhaça para alterar minerais contidos no pó de basalto. A mistura de pó de rocha e vinhaça é uma possibilidade para adubação de solos (Lopes et al., 2014).

Em Sete Lagoas, MG foram avaliadas, em condições de campo, a biotita e o resíduo mineral de siderúrgica (RMS) como fontes de K em substituição ao KCl. Foram aplicadas doses equivalentes a 75 kg/ha; 150 kg/ha e 300 kg/ha de K₂O, em culturas de milho e soja, em sucessão. Verificou-se que o milho e a soja tiveram maiores produções de grãos com aumento de doses de K, embora, com a biotita, o aumento foi linear e com RMS a produção caiu, acima de 150 kg/ha de K₂O. Concluiu-se que o RMS, que apresentou maiores teores de K solúvel, foi mais eficiente do que a biotita na substituição de KCl (Coelho, 2017).

Em Brasília, DF os remineralizadores fosforito, basalto e dolomito fosfatado foram avaliados em substituição ao fertilizante NPK (04-30-10), em Latossolo Vermelho distrófico. Os tratamentos incluíram parcelas com e sem calagem, e a planta teste foi o feijoeiro comum. O pH foi medido mensalmente, e análises de fertilidade de solo foram feitas antes do plantio e depois da colheita. Verificou-se que, onde foi aplicado somente remineralizador, a disponibilidade de potássio e fósforo foi 2,14 vezes maior do que naquelas com calagem (Toscani; Campos, 2017).

Em Dourados, MS foi realizado experimento em casa de vegetação para avaliar o pó de basalto, com e sem bioativo. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distroférico argiloso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num fatorial 5x2x3, com cinco doses de pó

de basalto (0 t/ha; 2 t/ha; 4 t/ha; 8 t/ha e 16 t/ha), duas doses de bioativo (0 g e 0,1 g) e três tempos de incubação (30 dias; 90 dias e 120 dias), com quatro repetições por tratamento. Foram feitas análises de solo após cada tempo de incubação. Verificou-se que houve interação significativa entre doses de pó de basalto e tempo de incubação, sobre o pH em água, P, K, Ca, Mg, soma de bases e V%. Não foram observadas interações entre doses de pó de basalto e bioativo, ou entre bioativo e tempo de incubação de acidez (Alovisi et al., 2020).

Em Fortaleza,CE, foi realizado experimento com pó de rocha, com duração de 90 dias. Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, num fatorial 2x6+2, com dois tipos de rochas (sienito nefelínico e brecha), seis doses (0 t/ha; 2 t/ha; 4 t/ha; 6 t/ha; 8 t/ha e 10 t/ha) e dois tratamentos adicionais, MB4 (2 t/ha) e calcário (2,11 t/ha). Foi usado um solo arenoso (Arenic Haplustults). Ao final do período de incubação, foram realizadas análises de solo e verificou-se que tanto o sienito nefelínico quanto a brecha foram menos eficientes na correção do pH do que o calcário e MM4. Por outro lado, a brecha forneceu P, Fe e Mn, enquanto o sienito nefelínico forneceu K, P e Cu, o que sugere a possibilidade de uso agrícola desses materiais (Aquino et al., 2020).

Em Dourados,MS foi realizado experimento de campo para avaliar os efeitos do pó de basalto em um Latossolo Vermelho Distroférico. Foram usadas cinco doses de pó de basalto (0

t/ha; 2,5 t/ha; 5,0 t/ha; 7,5 t/ha e 10 t/ha) divididas em subparcelas (com e sem aplicação de NPK 0-20-20, na dose de 300 kg/ha). Foram colhidas amostras de tecido vegetal e de solo, para análise, e verificou-se que o teor de Fe aumentou com as doses de pó de basalto, na camada de 0 cm-10 cm; o pH em água e o teor de Mn aumentaram com as doses de pó de basalto, na camada de 0 cm-20 cm. Na análise foliar, verificou-se interação entre doses de pó de basalto e fertilizante para P, e efeito das doses de pó de basalto para K, Ca e Mg (Tebar et al., 2021).

Num experimento realizado em casa de vegetação, em Sete Lagoas/MG, foram testados pós de rocha como fonte de magnésio. Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos: testemunha; três doses de serpentinito; mistura de serpentinito + fonolito; testemunha + calcário dolomítico; testemunha + calcário calcítico. Foram usados dois solos, um argiloso (Latosolo Vermelho Amarelo distrófico) e outro arenoso (Neossolo Quartzarênico órtico), com baixos teores de magnésio. As culturas testadas foram o feijão e o milho. Foi observado que o serpentinito foi eficiente como fonte de magnésio, além dos teores de elementos tóxicos abaixo do nível de detecção (Viana et al., 2021).

Em Unaí,MG, foram produzidos e avaliados compostos organominerais a partir de resíduos orgânicos e três tipos de rochas moídas (calcixisto, micaxisto e fonolito). O composto foi elaborado com cama de bovino, silagem, casca de

café e gesso agrícola. O processo foi realizado em leiras estáticas areadas, por 55 dias. Ao final, verificou-se que o tratamento com calcixisto apresentou os maiores teores de Ca e Mg, enquanto o maior teor de K foi encontrado no tratamento com fonolito. O tratamento com micaxisto teve a menor diminuição relativa de potássio entre a matéria prima original e o produto final. A compostagem disponibilizou Ca, Mg e K que estavam retidos na forma de silicatos e carbonatos (Höfig et al., 2023).

Uso do pó de rocha em forrageiras

No Brasil, as plantas forrageiras dos gêneros *Urochloa* (Brachiaria) e *Megathyrsum* (capim colômbio, Mombaça e outros) representam 90% das pastagens cultivadas. Portanto, estudos que tenham por objetivo a substituição de fertilizantes solúveis pelo pó de rocha devem envolver cultivares desses dois gêneros.

No Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG, durante o período de entressafra de 2006, foi avaliada a produtividade de braquiária (*Urochloa decumbens*) cv. Basilisk, consorciada com sorgo em integração lavoura-pecuária. Foi usado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4+1, com três rochas como fonte de potássio (biotita xisto; brecha piroclástica e flogopita) em quatro doses (equivalentes a 0 kg/ha; 100 kg/ha; 200 kg/ha e 400 kg/ha de

K₂O) mais um tratamento testemunha com cloreto de potássio (200 kg/ha de K₂O). A braquiária foi avaliada no momento da colheita do sorgo. Com biotita xisto, a altura e a produção de massa verde foram maiores na dose de 100 kg/ha de K₂O; já com a brecha piroclástica e a flogopita não foram observadas diferenças na altura, e a produção de massa verde foi maior nas doses de 200 kg/ha e 400 kg/ha de K₂O. Não foram observadas diferenças na produção de matéria seca, entre fontes e doses de K₂O, nem no sorgo nem braquiária, sugerindo que o pó de rocha pode substituir o cloreto de potássio (Rocha et al., 2007b, 2010b), conforme Tabela 5.

Tabela 5. Estande, altura e produtividade de matéria seca de sorgo e de liteira de braquiária (*Urochloa decumbens*) cv. Basilisk influenciados pela quantidade de potássio aplicada.

K ₂ O (kg/ha)	Estande		Matéria seca (kg/ha)	
	(no de plantas/ha)	Altura (metros)	Sorgo	Liteira
0	138.854	1,21	1.606,0	1.417,8
100	131.771	1,24	1.748,6	1.647,9
200	130.547	1,22	1.796,0	1.555,9
400	137.713	1,26	1.878,4	1.443,6

Fonte: Rocha et al. (2007b).

A braquiária (*Urochloa brizantha*) cv. Marandu foi cultivada em casa de vegetação para avaliar os efeitos do fonolito e de inoculantes microbianos, em substituição ao adubo cloreto de potássio. Foi usado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial $4 \times 3 + 1$, com quatro doses de fonolito (25%; 50%; 75% e 100% da dose de KCl) e três inoculantes microbianos (estirpe UNIFENAS 100-13; estirpe UNIFENAS 100-94 e sem inoculante), mais um tratamento adicional com cloreto de potássio. Foram feitos três cortes para avaliar a produção de matéria seca (MS), morfologia e características bromatológicas. Verificou-se que o uso de fonolito e inoculantes não resultou em diferenças na produção de MS e morfologia; contudo, o fonolito promoveu melhoria nas características bromatológicas. Concluiu-se que o fonolito pode substituir o cloreto de potássio para braquiária cv. Marandu (Miranda et al., 2018).

Em Rio Paranaíba, MG foi realizado experimento de campo tendo o pó de fonolito como fonte de potássio e envolvendo cinco tratamentos (testemunha, sem adição de K; fonolito adicionado ao composto no início do processo, a 10%; fonolito adicionado ao composto depois do processo de compostagem, a 10%; fonolito puro; e composto puro). Os tratamentos com composto foram aplicados na dose de 33 t/ha, e o pó de fonolito na dose de 5,4 t/ha. A planta testada foi braquiária (*Urochloa decumbens*), com avaliação

da produção de matéria seca em quatro cortes, a cada 21 dias, análise foliar e do solo. Os tratamentos com composto tiveram produção de matéria seca 27% maior do que apenas com fonolito ou testemunha. Os teores de K na planta e no solo foram maiores nos tratamentos com composto + fonolito, independente se a mistura ocorreu no início do processo de compostagem ou depois do composto pronto. A aplicação conjunta do pó de fonolito e composto orgânico aumentou a liberação de minerais (Tavares et al., 2018).

Em Uberlândia, MG, foi realizado ensaio em casa de vegetação, para avaliar os efeitos de doses crescentes de silito glauconítico calcinado e não calcinado em braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). Vasos contendo Latossolo Vermelho distrófico típico ou Neossolo Quartzarênico órtico típico receberam quatro doses de silito glauconítico, calcinado e não calcinado, equivalentes a 80 mg/dm³; 160 mg/dm³; 240 mg/dm³ e 320 mg/dm³ de K₂O, além de testemunha (0 de K₂O) e dois tratamentos adicionais (KCL, 80 mg/dm³ de K₂O; KCl + Wollastonita, 80 mg/dm³ de K₂O + 390 mg/dm³ de Si). Foram efetuados três cortes para avaliar a produção de matéria seca da parte aérea. O aumento das doses de silito glauconítico, tanto calcinado como não calcinado, resultou em maior produção de matéria seca da parte aérea da forrageira (Violatti, 2018).

Foi realizado um estudo de caso, em Sitio Novo do Tocantins, TO, para avaliar

a substituição de KCl pelo fonolito em recuperação de pastagens, e a distância de máxima viabilidade econômica para o transporte de fonolito. O fonolito teve uma economia de 3,36% em comparação ao KCl. As despesas com o transporte, realizadas por caminhão (capacidade de carga de 14 t) e carreta (capacidade de carga de 23 t) mostraram distâncias máximas economicamente viáveis, respectivamente, de 3.407km e 4.959 km (Santos et al., 2022).

A Embrapa Gado de Leite vem realizando ensaios experimentais para avaliar a substituição de fertilizantes potássicos pelo pó de rocha, nas culturas do milho e do sorgo, obtendo resultados positivos no Campo Experimental José Henrique Bruschi, em Coronel Pacheco, MG, conforme a seguir.

O pó de rocha foi usado, como fonte de potássio, em sistema de integração lavoura-pecuária com milho-braquiária (*Urochloa decumbens*). O ensaio seguiu o delineamento em blocos ao acaso, em sistema fatorial 3x4+1, com quatro repetições. Foram usados três tipos de rocha (biotita xisto; brecha piroclástica e flogopita da Bahia), quatro doses de potássio (0 kg/ha; 100 kg/ha; 200 kg/ha e 400 kg/ha de K₂O), mais um controle com KCl (200 kg/ha de K₂O). No primeiro ano de cultivo, não foram observadas diferenças entre as fontes alternativas e o KCl, quanto à altura e à produção de massa (Rocha et al., 2007a); contudo, no segundo ano do experimento, sem aplicação de potássio, a produção de MS com biotita foi semelhante àquela com KCl, mostrando o efeito residual do pó de rocha como fonte de potássio (Rocha et al., 2008), conforme Tabela 6.

Tabela 6. Produção de milho e de braquiária em resposta a fontes e doses de pó de rocha como fonte de potássio, em integração lavoura-pecuária.

Fontes	AM	PMSM	PME	CES	AB	COB	PMSB
KCl	2,35 ^a	18,48 ^a	0,30 ^a	45,23 ^a	75,98 ^a	31,25 ^a	2,25 ^a
Biotita	2,28 ^a	13,84 ^{ab}	0,28 ^a	43,96 ^a	73,41 ^a	26,41 ^a	1,69 ^a
Brecha	2,27 ^a	11,99 ^b	0,24 ^a	41,19 ^a	75,78 ^a	26,09 ^a	1,63 ^a
Flogopita	2,27 ^a	12,28 ^b	0,26 ^a	45,77 ^a	69,50 ^a	26,41 ^a	1,69 ^a
Doses kg/ha							
0	2,26 ^a	10,82 ^b	0,23 ^b	42,86 ^a	73,17 ^a	28,13 ^a	1,50 ^a
100	2,23 ^a	12,97 ^a	0,27 ^a	45,24 ^a	70,25 ^a	30,83 ^a	1,75 ^a
200	2,27 ^a	13,78 ^a	0,28 ^a	48,32 ^a	75,31 ^a	26,41 ^a	1,94 ^a
400	2,35 ^a	14,82 ^a	0,28 ^a	45,11 ^a	73,08 ^a	21,46 ^a	1,58 ^a

AM: altura do milho, m; PMSM: produção de matéria seca de milho, t/ha; PME: peso médio de espigas, kg; CES: contribuição de espigas para a silagem, %; AB: altura da braquiária, cm; COB: cobertura do solo, %; PMSB, produção de matéria seca de braquiária, t/ha (Rocha et al., 2008).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

No mesmo local, foi avaliado o efeito de fontes alternativas de potássio no consórcio sorgo-braquiária (*Urochloa decumbens*). Foi usado o delineamento em blocos casualizados, em sistema fatorial 3x4+1. Os tratamentos foram três rochas (biotita xisto, brecha piroclástica e flogopita da Bahia) aplicadas para fornecer doses de potássio equivalentes a 0 kg/ha; 100 kg/ha; 200 kg/ha; 300 kg/ha e 400 kg/ha de K₂O, mais um controle com KCl (200 kg/ha de K₂O). Não foram observadas diferenças significativas entre fontes e doses de potássio na produção de matéria seca de sorgo e de liteira (Rocha et al., 2007b).

Ainda no mesmo consórcio sorgo-braquiária, cultivado no período de entressafra, não foi observado efeito dos tratamentos sobre o estande de plantas. Houve diferença na produção de matéria seca da planta de sorgo para a biotita xisto e flogopita, somente na dose de 400 kg/ha de K₂O, sem diferenças na produção de panícula (Martins et al., 2009).

Foi avaliado o uso do pó de rocha em consórcio milho-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico; adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4+3, sendo: três tipos de rocha (biotita xisto; brecha alcalina; e flogopitito), quatro doses de potássio (0 kg/ha; 100 kg/ha; 200 kg/ha e 400 kg/ha de K₂O) e três controles com KCl (sem adubação; 100 kg/ha de K₂O em cobertura e a lanço, no plantio);

e 200 kg/ha de K₂O em cobertura e a lanço, no plantio). A produção de MS da cultura do milho para silagem foi maior com o KCl; quanto à fertilidade do solo, a aplicação de 400 kg/ha de K₂O, na forma de pó de rocha, elevou o pH e os teores de Ca, Mg e K. O teor de P foi mais alto no solo com brecha alcalina (Rocha et al., 2010).

Os resultados obtidos nos ensaios acima relatados demonstraram que o pó de rocha pode ser usado, com limitações, como fonte de macronutrientes para milho e sorgo. Ainda, é adequado para aplicação em sistemas integrados de produção, especialmente como fonte de potássio, reduzindo a dependência de fertilizantes industrializados, e contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade.

Considerações finais

Embora ainda não existam recomendações oficiais para o uso de pó de rocha, no Brasil, o material tem potencial de uso agrícola, como corretivo de acidez e/ou fertilizante. O frete pode ser um fator limitante para o pó de rocha, assim como a baixa solubilidade. Portanto, é mais indicado para culturas perenes, e os benefícios para as propriedades do solo ocorrem a médio e longo prazos.

Referências

- ALOVISI, A. M. T.; TAQUES, M. M.; ALOVISI, A. A.; TOKURA, L. K.; SILVA, J. A. M.; CASSOL, C. J. Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 918-932, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020918-932>
- AQUINO, J. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; MAGINI, C.; BERNI, G. V. The potential of alkaline rocks from the Fortaleza volcanic province (Brazil) as natural fertilizers. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, 102800, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102800>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5 de 10 de março de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 14 mar. 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/material/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106. Acesso em: 13 mar. 2023.
- CHAVES, A. P. Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (ed.). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2010. p. 45-60.
- COELHO, A. M. **Eficiência agrônômica de subprodutos da mineração e de siderurgia como fontes de potássio para as culturas de milho e soja em sistema de rotação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 224).
- COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2012.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 11-20, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000100002>
- FERREIRA, J. M. L.; MEYER, E.; LOVATO, P. E.; LANA, M. A. Ativação biológica no solo e o uso de remineralizadores. **Informe Agropecuário**, v. 44, n. 321, p. 57-72, 2023.
- HÖFIG, P.; MARTINS, E. S.; GIASSON, E.; ARANTES, B. S. Diferentes rochas moídas no processo de compostagem em Unai/MG: fertilizante orgânico e autonomia agrícola. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 9, n. 1, e47425, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/got.2023.v9.47425>
- LOPES, O. M. M.; CARRILHO, E. N. V. M.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C. Efeito do pó de rocha e vinhaça em dois tipos de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1547-1557, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000500020>
- MARTINS, C. E.; ROCHA, W. S. D.; SOUZA SOBRINHO, F.; BRIGHENTI, A. M.; MIGUEL, P. S. B.; ARAÚJO, J. P. M.; OLIVEIRA, A. V.; SOUZA, F. A. M.; BORGES, R. A.; SOUZA, R. C. V. Rochas silicáticas e a produtividade de sorgo na entressafra em um sistema de integração lavoura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2009, Brasília. **Anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, 2010. p. 265-270.
- MIRANDA, C. C. B.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; LEITE, R. F.; NAVES, L. P. Desenvolvimento de *Urochloa brizantha* adubada com fonolito e inoculada com bactérias diazotróficas solubilizadoras de potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 625-632, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17011>
- RAJÃO, R.; MANZOLLI, B. A.; SOARES-FILHO, B.; GALERY, R. Crise dos fertilizantes no Brasil: breve histórico e desafios para a próxima década. **Informe Agropecuário**, v. 44, n. 321, p. 7-14, 2023.

- RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; NASCIMENTO, M. T.; SENA, M. C.; SILVA, L. C. R.; LINHARES, N. W. **Rochas moidas como fontes de potássio para o milho em solo de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 162).
- ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F.; BRIGHENTI, A. M.; MÜLLER, M. D.; SILVA, R. O.; MONAIA, L. S.; SOUZA, R. C. V. Produtividade de milho e atributos do solo influenciados pela utilização de rochas silicáticas em ILP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010a.
- ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F.; BRIGHENTI, A. M.; MIGUEL, P. S. B.; ARAÚJO, J. P. M.; OLIVEIRA, A. V.; SOUZA, F. A. M.; BORGES, R. A.; SOUZA, R. C. V. Produtividade de *Brachiaria decumbens*, na entressafra, em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes rochas silicáticas como fonte de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2009, Brasília. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010b. p. 277-282.
- ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F.; SANTOS, A. M. B.; MIGUEL, P. S. B.; ARAÚJO, J. P. M.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V.; DERESZ, F.; SOUZA, R. C. V. Rochas silicáticas como fonte de potássio e a produtividade de milho em um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras**. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.
- ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; ALMEIDA, M.; ALVES, D. B.; MIGUEL, P. S. B.; ARAÚJO, J. P. M.; CUNHA, R. A.; LANES, E. C. M.; SOUZA, R. C. V. Rochas silicáticas como fonte de potássio e a produtividade de milho em um sistema de integração agricultura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007a.
- ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F.; BRIGHENTI, A. M.; DERESZ, F.; CUNHA, R. A.; MIGUEL, P. S. B.; ALMEIDA, M.; ARAÚJO, J. P. M.; CARVALHO, C. A.; SOUZA, R. C. V. Rochas silicáticas como fontes de potássio e a produção de sorgo e liteira em um sistema de integração agricultura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 25., 2007, Guarapari. **Anais...** Brasília, DF: CONFEAB, 2007b.
- SANTOS, R. B.; ALMEIDA, J. C. R.; LABINAS, A. M.; REZENDE JÚNIOR, D. A.; ENARI, E. H. Viabilidade do uso de remineralizadores do solo para a recuperação de pastagens degradadas no estado do Tocantins. **Revista Técnica de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 6, p. 1-15, 2022.
- SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural use of silicate rock powders: A review. **Science of the Total Environment**, v. 807, n. 3, 150976, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>
- STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. M. Crescente importância de fertilizantes, condicionadores e novas fontes de nutrientes para solos tropicais. In: TORRES, L. A.; CAMPOS, S. K. (ed.). **Megatendências da ciência do solo 2030**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 75-83.

TAVARES, L. F.; CARVALHO, A. M. X.; CAMARGO, L. G. B.; PEREIRA, S. G. F.; CARDOSO, I. M. Nutrients release from powder phonolite mediated by bioweathering action. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 7, p. 89-98, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0194-x>

TEBAR, M. M.; ALOVISI, A. M. T.; MUGLIA, G. R. P.; VILLALBA, L. A.; SOARES, M. S. P. Efeito residual do pó de rocha basáltica nos atributos químicos e microbiológicos do solo e no estado nutricional da cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e375101119612, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19612>

TOSCANI, R. G. S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.

VIANA, J. H. M.; COELHO, A. M.; THOMAZINI, A.; CARVALHO, M. P. F. Evaluation of the agricultural potential of the serpentinite rock as a soil remineralizer. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, p.1-14, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202120201614>

VIOLATTI, I. C. A. **Siltito glauconítico calcinado e não calcinado como fertilizantes para Urochloa brizantha cv. Marandú**. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

Literatura Recomendada

AZEVEDO, A. C.; RAZERA, R. Agrominerais silicáticos potássicos. **Informe Agropecuário**, v. 44, n. 321, p. 40-48, 2023.

Embrapa Gado de Leite Comitê Local de Publicação
Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Bairro Dom Bosco
36038-330 Juiz de Fora, MG
Fone: (32) 3311-7405
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente

Jorge Fernando Pereira

Secretário-Executivo

Carlos Renato Tavares de Castro

1ª edição

Membros

Adilson Ferreira da Motta, Cláudio Antônio Versiani Paiva, Deise Ferreira Xavier, Edna Froeder Arcuri, Fausto de Souza Sobrinho, Fernando César Ferraz Lopes, Francisco José da Silva Ledo, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Jackson Silva e Oliveira, Juarez Campolina Machado, Leovegildo Lopes de Matos, Luiz Ricardo da Costa, Márcia Cristina Azevedo Prata, Marta Fonseca Martins, Pêrsio Sandir D'Oliveira, Rui da Silva Vermeque, Virginia de Souza Columbiano, William Fernandes Bernardo

Supervisão editorial

Carlos Renato Tavares de Castro, Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto

Carlos Renato Tavares de Castro

Normalização Bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento das ilustrações

Luiz Ricardo da Costa

Editoração eletrônica

Luiz Ricardo da Costa

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

