

## **Rochas Moídas como Fontes de Potássio para o Milho em Solo de Cerrado**





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-918X

Abril, 2006

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 162***

## **Rochas Moídas como Fontes de Potássio para o Milho em Solo de Cerrado**

Álvaro Vilela de Resende  
Cynthia Torres Toledo Machado  
Éder de Souza Martins  
Mônica Teixeira do Nascimento  
Mariana Coelho de Sena  
Lucas de Carvalho Ramos Silva  
Nirceu Werneck Linhares

Planaltina, DF  
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

[sac@cpac.embrapa.br](mailto:sac@cpac.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações**

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto da capa: *Álvaro Vilela de Resende*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*  
*Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

### **1ª edição**

1ª impressão (2006): tiragem 100 exemplares

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Cerrados.

---

R672 Rochas moídas como fontes de potássio para o milho em solo de Cerrado / Álvaro Vilela de Rezende ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2006.

20 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 162)

1. Adubação. 2. Potássio. 3. Fertilidade do solo. I. Rezende, Álvaro Vilela de. II. Série.

---

631.81 - CDD 21

© Embrapa 2006

# Sumário

Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	11
Disponibilidade de Potássio no Solo .....	11
Crescimento de Plantas e Absorção de Potássio .....	13
Eficiência Relativa das Fontes de Potássio .....	16
Eficiência de Extratores para Potássio no Solo .....	18
Considerações Finais .....	19
Conclusões .....	19
Referências .....	20

# Rochas Moídas como Fontes de Potássio para o Milho em Solo de Cerrado

*Álvaro Vilela de Resende<sup>1</sup>*

*Cynthia Torres Toledo Machado<sup>2</sup>*

*Éder de Souza Martins<sup>3</sup>*

*Mônica Teixeira do Nascimento<sup>4</sup>*

*Mariana Coelho de Sena<sup>5</sup>*

*Lucas de Carvalho Ramos Silva<sup>6</sup>*

*Nirceu Werneck Linhares<sup>7</sup>*

**Resumo** - Três rochas foram avaliadas quanto à capacidade de fornecer potássio para o crescimento inicial do milho, num Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, em condições de casa de vegetação. As rochas biotita xisto, brecha alcalina e ultramáfica alcalina foram moídas ( $< 0,3$  mm) e comparadas à fonte cloreto de potássio, nas doses de 50, 100 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de K. Uma testemunha sem K e a aplicação isolada das rochas, sem correção do solo ou fornecimento de outros nutrientes, constituíram tratamentos adicionais. Os resultados indicam que há pronta liberação de parte do potássio das rochas, suficiente para atender a demanda das plantas de milho. O extrator Mehlich 1 mostra boa eficiência na predição da disponibilidade de potássio no solo, após a aplicação das rochas. A ultramáfica se destaca por apresentar maior eficiência relativa no suprimento de potássio, além de efeitos benéficos adicionais ao desenvolvimento das plantas, como poder corretivo da acidez e liberação de outros nutrientes, atuando como um condicionador de solo.

Termos para indexação: rochagem, fertilizante alternativo, condicionador de solo, adubação, nutrição de plantas.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados, alvaro@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Cerrados, cynthia@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup> Geól. D.Sc., Embrapa Cerrados, eder@cpac.embrapa

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., Embrapa Cerrados, bolsista, monica@cpac.embrapa.br

<sup>5</sup> Eng. Agrôn., Embrapa Cerrados, bolsista, mariana@cpac.embrapa.br

<sup>6</sup> Eng. Florestal, Embrapa Cerrados, lucascrs@cpac.embrapa.br

<sup>7</sup> Mat., Analista, Embrapa Cerrados, nirceu@cpac.embrapa.br

# Ground Rocks as Potassium Sources for Corn in a Cerrado Soil

---

**Abstract** – *Three rocks were evaluated according their capacity to furnish potassium for the initial growth of corn in a clayey Yellow-Red Latosol (Oxisol) under greenhouse conditions. The rocks biotite, brecha, and ultramafic were grounded (< 0,3 mm) and compared with the potassium chlorid in doses of 50, 100, and 150 mg kg<sup>-1</sup> of K. Results showed that part of the rock potassium was readily released, attending the plant demand. The Mehlich 1 extractant was efficient to predict the soil potassium availability after rock application. The ultramafic rock presented greater relative efficiency in terms of potassium supply, besides some additional benefic effects to plant development, like soil acidity amelioration and release of other nutrients, acting as a soil conditioner.*

*Index terms: remineralisation, alternative fertilizer, soil conditioner, fertilization, plant nutrition.*

## Introdução

A maioria dos minerais que possuem potássio (K) em sua estrutura é insolúvel em água, por isso há uma certa dificuldade na obtenção desse elemento, como no caso dos silicatos, por exemplo. Os feldspatos alcalinos, os feldspatóides e as micas são considerados potenciais fontes alternativas de K para a fabricação de fertilizantes, na forma de sais e de termofosfatos, ou para aplicação direta ao solo ([NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004](#)).

Décadas atrás, foram desenvolvidos vários estudos no Brasil que utilizavam rochas para o fornecimento de K às plantas, ou que buscavam rotas alternativas para a obtenção de fertilizantes potássicos. Tentou-se desenvolver processos físicos e químicos de tratamento de rochas brasileiras com teores mais elevados de K. Entretanto, a utilização desses produtos se mostrou inviável economicamente, pela demora na disponibilização do nutriente para as plantas, pelo elevado gasto energético no processamento das rochas ou pela baixa competitividade em relação ao cloreto de potássio.

Recentemente, novas tentativas vêm sendo feitas para se obter fontes alternativas do nutriente. Numa parceria entre a Embrapa e a Universidade de Brasília (UnB), iniciaram-se estudos visando à identificação e à caracterização de rochas com o intuito de utilizá-las simplesmente moídas (in natura), como fontes de K para uso agrícola. Das rochas preliminarmente estudadas, cinco apresentaram maior potencial: biotita xisto, brecha alcalina, carbonatito, flogopitito e ultramáfica alcalina. As rochas que contêm quantidades razoáveis dos minerais biotita ou flogopita seriam as mais promissoras para aplicação direta ao solo, uma vez que tendem a se solubilizar e a liberar o K com relativa facilidade. Em alguns casos, além do K, as rochas podem fornecer outros nutrientes e apresentar efeito alcalinizante, atuando como condicionadores de solo ([MACHADO et al., 2005](#); [RESENDE et al., 2005](#)).

Uma questão ainda controvertida se refere à identificação do melhor método de avaliação da disponibilidade de K em solos que receberam aplicação dessas rochas (MACHADO et al., 2005), visto que a forma mineral em que o nutriente se encontra na rocha implica maior ou menor facilidade de disponibilização para

as plantas. Ademais, a quantidade extraída de K depende da natureza de cada extrator ([NACHTIGALL; RAIJ, 2005](#)). Portanto, um melhor entendimento desses aspectos é necessário para uma avaliação mais precisa da eficiência agrônômica e do efeito residual das rochas testadas.

Objetivou-se avaliar, em casa de vegetação, a eficiência de três rochas como fontes de potássio para o crescimento inicial do milho em solo de cerrado e comparar extratores na determinação do potássio disponível.

## Material e Métodos

Um experimento foi instalado, utilizando-se amostra de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso, com baixa disponibilidade natural de K (argila =  $590 \text{ g/kg}^{-1}$ ;  $\text{pH} = 5,2$ ;  $\text{K} = 17 \text{ mg/dm}^{-3}$ ), em vasos com capacidade para  $3 \text{ dm}^3$ . As fontes de potássio estudadas foram o cloreto de potássio p.a. (KCl), como referência, e as rochas brecha alcalina, biotita xisto e ultramáfica alcalina, as quais apresentam cerca de 20,3; 49,5; e 30,1  $\text{g/kg}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  total, respectivamente. As fontes foram aplicadas em doses equivalentes a 50, 100 e 150  $\text{mg/kg}^{-1}$  de K, correspondendo às quantidades de 6,0 a 17,9; 2,4 a 7,3; e 4,0 a 12,1  $\text{t/ha}^{-1}$  de pó da brecha, biotita e ultramáfica, respectivamente. Quatro tratamentos adicionais foram incluídos, envolvendo a aplicação isolada das três rochas na dose de 100  $\text{mg/kg}^{-1}$  de K (sem correção da acidez do solo ou fornecimento de outros nutrientes) e uma testemunha apenas com a correção da acidez (sem K e outros nutrientes). Desse modo, os tratamentos constituíram um fatorial  $4 \times 3 + 4$  ([Tabela 1](#)) e foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As rochas foram moídas para se obter partículas com diâmetro menor que 0,3 mm. A composição química delas é apresentada na [Tabela 2](#). Quando pertinente, antes da aplicação dos tratamentos, procedeu-se à correção da acidez do solo para  $V = 50 \%$ , com uma mistura de reagentes p.a. na proporção Ca: Mg de 4:1, incubando-se o solo por 20 dias. Realizou-se também uma adubação básica, com aplicação de N, P, S e micronutrientes ([Tabela 1](#)). As fontes de K foram aplicadas, e outro período de incubação de 30 dias precedeu a semeadura do milho.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Fonte de K	Dose de K (mg/kg <sup>-1</sup> de solo)	Calagem <sup>(1)</sup>	Outros nutrientes <sup>(2)</sup>
Testemunha	-	0	+	-
KCI 50	KCl	50	+	+
KCI 100	KCl	100	+	+
KCI 150	KCl	150	+	+
BRE 50	Brecha	50	+	+
BRE 100	Brecha	100	+	+
BRE 150	Brecha	150	+	+
BIO 50	Biotita	50	+	+
BIO 100	Biotita	100	+	+
BIO 150	Biotita	150	+	+
ULT 50	Ultramáfica	50	+	+
ULT 100	Ultramáfica	100	+	+
ULT 150	Ultramáfica	150	+	+
BRE - outros <sup>(3)</sup>	Brecha	100	-	-
BIO - outros <sup>(3)</sup>	Biotita	100	-	-
ULT - outros <sup>(3)</sup>	Ultramáfica	100	-	-

<sup>1</sup> CaCO<sub>3</sub> + (MgCO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>.Mg(OH)<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>O p.a., na relação Ca:Mg de 4:1, para V = 50 %.

<sup>2</sup> Fornecimento dos demais nutrientes, além do K (100; 150; 30; 0,5; 2,0; 3,0; 4,0 e 0,25 mg/kg<sup>-1</sup> de N, P, S, B, Cu, Mn, Zn e Mo, respectivamente, utilizando-se as seguintes fontes na forma de sais p.a.: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O, MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, NaMoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O).

<sup>3</sup> Aplicação de uma dose de P de 30 mg/kg<sup>-1</sup>, visando proporcionar condições mínimas de suprimento do nutriente e crescimento das plantas.

**Tabela 2.** Composição química das rochas utilizadas no experimento.

Elementos químicos <sup>(1)</sup>	Rochas		
	Brecha	Biotita	Ultramáfica
SiO <sub>2</sub> (dag/kg <sup>-1</sup> )	42,90	49,87	36,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> "	10,77	10,25	7,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> "	13,13	10,39	11,11
MgO "	6,91	17,48	16,24
CaO "	12,51	3,76	14,29
Na <sub>2</sub> O "	0,76	0,61	1,85
K <sub>2</sub> O "	2,03	4,95	3,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> "	0,72	0,04	0,96
TiO <sub>2</sub> "	4,19	0,35	1,97
MnO "	0,15	0,15	0,18
Cu (mg/kg <sup>-1</sup> )	47	9	85
Zn "	117	373	144
Co "	124	100	154
Ba "	2188	128	2819
Be "	4	32	4
Cr "	109	1784	789
Ni "	227	394	623
Sr "	1016	29	1631
V "	670	118	336
Y "	20	15	24
Zr "	402	14	374

<sup>1</sup> Determinação em ICP-AES, Embrapa Cerrados.

Foi semeado o milho (*Zea mays*) híbrido simples precoce Pioneer 30P70, mantendo-se duas plantas em cada vaso contendo 2,9 kg de substrato. Aos 16 dias após a semeadura, o milho recebeu adubação de cobertura com 80 mg/kg<sup>-1</sup> de nitrogênio. Aos 36 dias, foram feitos o corte da parte aérea e a separação das raízes do solo.

O material colhido foi colocado em estufa por 72 horas, para determinar a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e foi, também, submetido a análises químicas de tecidos vegetais (SILVA, 1999). Quantificaram-se os teores de potássio e de outros elementos na parte aérea do milho, e posteriormente, calculou-se o acúmulo de potássio pelas plantas.

A eficiência relativa das fontes de potássio foi definida, de acordo com a fórmula:

$$ER (\%) = \frac{(\text{K acumulado no tratamento com a rocha na dose X})}{(\text{K acumulado no tratamento com KCl na dose X})} \times 100$$

Fez-se o monitoramento da disponibilidade de potássio nos solos, em amostras coletadas após a incubação dos tratamentos, precedendo a semeadura do milho (teor inicial de K). O K foi determinado utilizando os extratores Mehlich 1, Acetato de Amônio a pH 7,0, Bray 1 e Resina de Troca Iônica, conforme metodologias descritas em Silva (1999).

A análise dos dados de solo e de planta foi feita por análises de variância, comparação de médias pelo teste de Scott-Knott e curvas de resposta às doses das fontes de K. Na avaliação dos métodos de extração de K no solo, foram determinados os coeficientes de correlação linear de Pearson entre o potássio disponível pelos extratores e os teores e o acúmulo do nutriente na parte aérea das plantas.

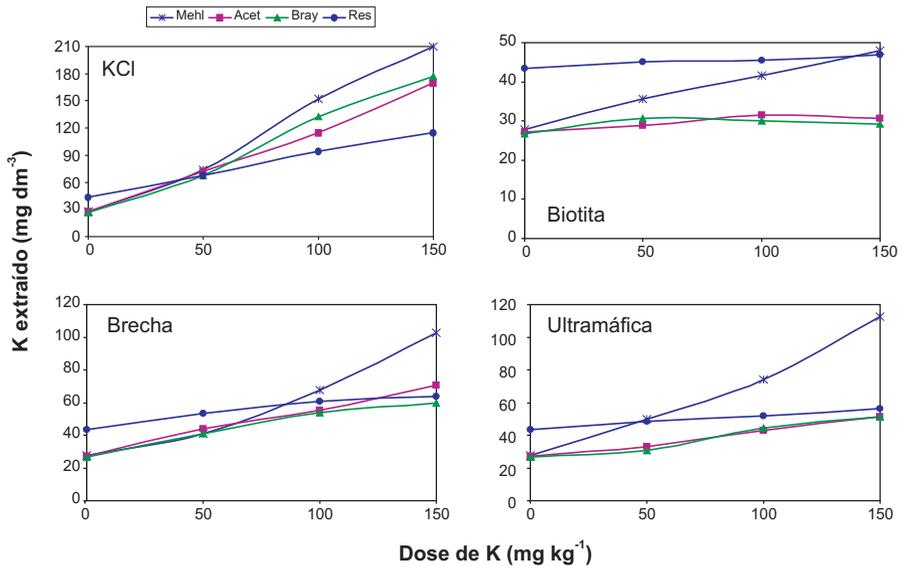
## Resultados e Discussão

### Disponibilidade de Potássio no Solo

As rochas estudadas liberaram K de forma diferenciada. Também foram observadas diferenças entre os extratores quanto à capacidade de estimar o K disponível no solo (Figura 1).

As soluções de Acetato de Amônio e Bray 1 tiveram comportamento semelhante na extração de K para todas as fontes. Durante a aplicação da biotita, valores praticamente constantes, da ordem de  $30 \text{ mg/dm}^{-3}$ , foram recuperados, independente das doses aplicadas. Para as rochas brecha e ultramáfica, as

quantidades recuperadas por esses extratores foram superiores às obtidas com a biotita (Figura 1). As quantidades de K extraídas pela Resina Trocadora de Íons se mantiveram mais ou menos constantes em todas as doses das rochas, porém aumentaram com o incremento nas doses da fonte de referência KCl. O extrator Mehlich 1 foi o que, em média, extraiu mais K, considerando todas as fontes e doses aplicadas. As quantidades recuperadas por esse extrator foram crescentes e proporcionais ao aumento das doses, sobretudo para as rochas brecha e ultramáfica (Figura 1). Em princípio, ao comparar o comportamento dos quatro extratores, pode-se supor que a solução ácida Mehlich 1 promoveria alguma solubilização das partículas das rochas ([MACHADO et al., 2005](#)), superestimando a disponibilidade do nutriente nesses tratamentos.



**Figura 1.** Potássio disponível no solo pelos extratores Mehlich 1 (Mehl), Acetato de Amônio (Acet), Bray 1 (Bray) e Resina de Troca Iônica (Res), à época do plantio do milho, em resposta a doses de K fornecidas pela aplicação de diferentes fontes do nutriente.

Apesar do aumento da disponibilidade de K com os incrementos nas doses das rochas, a magnitude observada na liberação do nutriente foi muito inferior à obtida com a utilização da fonte solúvel KCl, notadamente no caso da rocha biotita. Isso indica que a solubilidade das rochas testadas é limitada, não havendo pronta liberação de todo o potássio nelas contido. Desde que não venha a comprometer o desenvolvimento das culturas, uma disponibilização mais lenta e gradual de K é desejável, uma vez que pode contribuir para otimização do aproveitamento do nutriente pelas plantas e reduzir eventuais perdas por lixiviação.

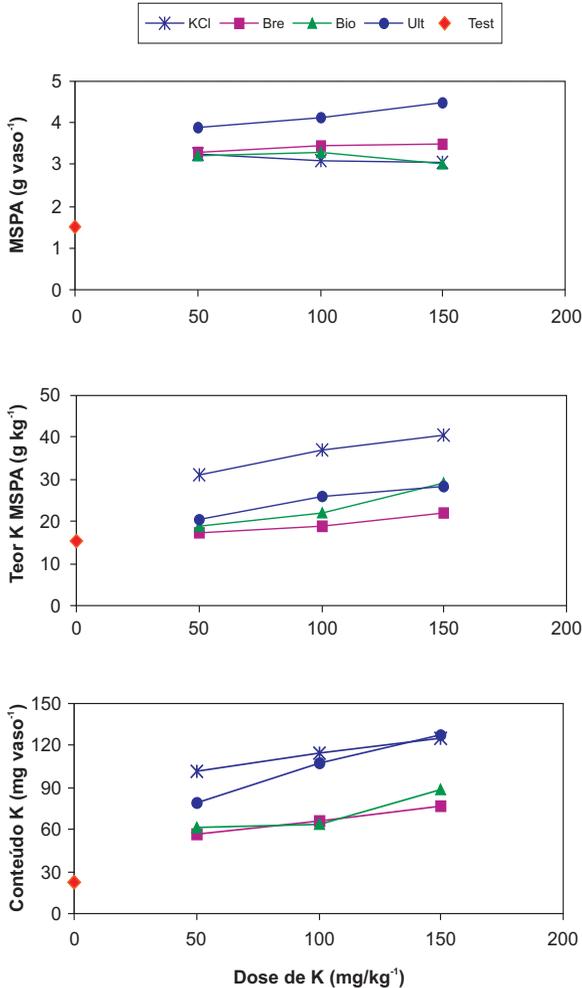
## Crescimento de Plantas e Absorção de Potássio

O milho apresentou pouca variação de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) em resposta às doses e fontes de potássio ([Figura 2](#)), havendo pequena tendência de maior crescimento quando se utilizou a rocha ultramáfica. A superioridade dos tratamentos que receberam K em relação à testemunha, provavelmente esteja mais relacionada à deficiência de outros nutrientes como o fósforo, uma vez que, no tratamento testemunha, efetuou-se apenas a correção da acidez dos solos. A reserva original de K em solos de Cerrado, mesmo considerada baixa para fins agrônômicos, pode ser suficiente para atender à demanda nutricional das plantas num primeiro cultivo ([RESENDE et al., 2005](#)), mascarando as respostas ao fornecimento do nutriente.

O teor e o acúmulo de K nas plantas foram mais sensíveis aos tratamentos, evidenciando diferenças no potencial de suprimento do nutriente pelas rochas ([Figura 2](#)). Observa-se interação entre fontes e doses de K, com efeitos contrastantes na absorção de K. A concentração de K nos tecidos, bem como seu acúmulo nas plantas, aumentou com o incremento nas doses das fontes, de forma menos intensa no caso da brecha. Verifica-se, ainda, que a rocha ultramáfica supriu quantidades mais expressivas do nutriente, equiparando-se ao KCl na maior dose aplicada.

Na [Tabela 3](#), são apresentados os dados comparativos do tratamento testemunha, das quatro fontes na dose de  $100 \text{ mg/kg}^{-1}$  de K e das rochas aplicadas nessa mesma dose, porém sem calagem e fornecimento dos demais nutrientes. Verifica-se que, embora o KCl tenha proporcionado maior disponibilização de K no solo e absorção pelas plantas, a produção de MSPA não diferiu significativamente em relação aos tratamentos em que se empregou uma das rochas como fonte de K e forneceram-se os outros nutrientes na

adubação. Nos tratamentos em que se aplicaram apenas as rochas, as respostas foram comprometidas (Tabela 3) muito provavelmente pelas condições de acidez do solo e de deficiência de fósforo, fatores que mais limitam o desenvolvimento das plantas em solos de Cerrado (SOUSA et al., 2004).



**Figura 2.** Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), teor e conteúdo de potássio em plantas de milho, em resposta a doses de K fornecidas pela aplicação de cloreto de potássio (KCl), brecha (Bre), biotita (bio) e ultramáfica (Ult).

**Tabela 3.** Potássio disponível no solo, matéria seca (MS) de raiz e da parte aérea (MSPA), teor e acúmulo de K na parte aérea do milho adubado com diferentes fontes de potássio.

Tratamento	K no solo <sup>(1)</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	MS Raiz .....(g/vaso <sup>-1</sup> ).....	MSPA	Teor de K na MSPA (g/kg <sup>-1</sup> )	K acumulado (mg/vaso <sup>-1</sup> )
Testemunha	28 d	1,48 c	1,51 c	15,3 c	23 c
KCl 100	153 a	2,18 b	3,08 a	37,1 a	114 a
BRE 100	68 b	2,60 a	3,45 a	19,0 c	66 b
BIO 100	42 c	1,96 b	3,31 a	22,2 c	64 b
ULT 100	74 b	2,96 a	4,11 a	26,0 b	107 a
BRE –outros	61 b	0,93 d	0,78 d	19,0 c	15 c
BIO –outros	43 c	0,74 d	0,64 d	14,7 c	9 c
ULT –outros	69 b	1,85 b	2,25 b	28,8 b	65 b
Coef. var. (%)	9,5	14,0	22,4	18,2	17,2

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

<sup>1</sup> Potássio disponível (extrator Mehlich 1) após 30 dias de incubação dos tratamentos.

Destaca-se a superioridade da ultramáfica e da brecha, não apenas quanto ao maior potencial de disponibilização de K, mas também quanto ao efeito sobre o desenvolvimento radicular do milho (Tabela 3). Mesmo quando não foram aplicados os outros nutrientes, a utilização da ultramáfica resultou em melhores respostas e, com a adubação completa, tendeu a proporcionar maior crescimento que a fonte de referência KCl. Essa superioridade tem sido atribuída à composição multielementar da ultramáfica e à sua capacidade de liberar outros nutrientes além do K ([MACHADO et al., 2005](#); [RESENDE et al., 2005](#)). Na [Tabela 4](#), podem-se notar alterações nos atributos químicos do solo, promovidas pela aplicação das rochas. Considerando-se que a correção da acidez do solo não foi suficiente para propiciar uma condição ideal ao desenvolvimento do milho (pH = 5,5 e V = 50 %), os efeitos indiretos das rochas, que elevaram o pH e forneceram nutrientes como cálcio e magnésio (Tabela 4), estimularam o crescimento das raízes e da parte aérea da cultura (Tabela 3). Notadamente, a rocha ultramáfica nas doses de 100 e 150 mg/kg<sup>-1</sup>, parece apresentar efeito condicionador do solo, com benefícios adicionais ao crescimento das plantas, sendo promissora para aplicação em solos ácidos.

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo após 30 dias de incubação dos tratamentos.

Tratamento <sup>(1)</sup>	pH <sub>H2O</sub>	P resina (mg/dm <sup>3</sup> )	Ca resina ..... (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) .....	Mg resina .....	H+Al (%)	Sat. Bases (V) (%)
Testemunha	5,2 b	1 b	1,0 f	0,2 d	3,2 d	28 g
KCl 50	5,0 c	23 a	1,0 f	0,2 d	3,6 c	28 g
KCl 100	4,9 c	25 a	1,0 f	0,2 d	3,5 c	31 f
KCl 150	4,9 c	22 a	1,0 f	0,2 d	3,5 c	33 e
BRE 50	4,8 d	23 a	1,3 e	0,3 c	3,5 c	33 e
BRE 100	4,8 d	25 a	1,5 d	0,3 c	3,5 c	36 d
BRE 150	4,8 d	24 a	1,5 d	0,3 c	3,5 c	37 d
BIO 50	4,8 d	24 a	1,4 e	0,3 c	3,5 c	34 e
BIO 100	5,0 c	27 a	1,3 e	0,3 c	3,4 c	34 e
BIO 150	5,0 c	23 a	1,4 e	0,3 c	3,4 c	35 d
ULT 50	5,0 c	26 a	1,8 c	0,4 b	3,4 c	41 c
ULT 100	5,3 b	32 a	2,1 b	0,4 b	3,0 e	48 b
ULT 150	5,4 a	33 a	2,6 a	0,5 a	3,0 e	53 a
BRE –outros	4,5 e	3 b	0,4 g	0,1 e	3,7 b	13 h
BIO –outros	4,5 e	2 b	0,2 h	0,1 e	3,9 a	8 i
ULT –outros	5,0 c	6 b	1,0 f	0,2 d	3,6 c	28 g
Coef. var. (%)	2,1	29,2	6,6	13,3	3,5	4,6

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

## Eficiência Relativa das Fontes de Potássio

A eficiência agrônômica relativa das fontes, calculada com base na quantidade de K acumulada na parte aérea, considerando o KCl como referência, demonstra que os melhores tratamentos para o milho foram aqueles envolvendo a aplicação da biotita e, principalmente, da ultramáfica nas doses de 100 e 150 mg/kg<sup>-1</sup> de K ([Tabela 5](#)). Resultados similares foram obtidos por [Castro et al. \(2005\)](#), que encontraram maior eficiência agrônômica nas rochas ultramáfica e biotita, em cultivos sucessivos de soja e girassol, num solo argiloso do Paraná. Os autores observaram ainda que, na dose de 300 mg/kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a ultramáfica foi superior ao KCl.

**Tabela 5.** Eficiência de fornecimento de potássio pelas fontes, considerando o acúmulo do nutriente na parte aérea do milho.

Tratamento	Eficiência relativa (%) <sup>(1)</sup>
KCI 50	100
KCI 100	100
KCI 150	100
BRE 50	56
BRE 100	58
BRE 150	62
BIO 50	61
BIO 100	56
BIO 150	72
ULT 50	78
ULT 100	94
ULT 150	104

<sup>1</sup> Para cada dose das rochas, calculou-se a eficiência considerando a correspondente dose de KCI como 100 %.

Os resultados de eficiência agrônômica obtidos devem ser interpretados com cautela. É preciso considerar que estudos de eficiência de fontes, baseados em experimentos sob condições controladas (casa de vegetação), são preliminares e possibilitam a obtenção, apenas, de indicativos iniciais sobre o potencial de uso agrônômico das fontes testadas. Além disso, a determinação de índices de eficiência, a partir de dados de primeiro cultivo e da quantidade de nutriente contida na matéria seca das plantas, não necessariamente expressa o real valor agrônômico das fontes. Os efeitos na produtividade das culturas nem sempre têm relação direta com a quantidade de nutriente que as plantas foram capazes de absorver, sendo comum ocorrer o chamado consumo de luxo ([MALAVOLTA et al., 1997](#)). Ademais, avaliações de médio e longo prazos, no decorrer de vários cultivos, em condições de campo, são necessárias à obtenção de resultados mais consistentes e conclusivos sobre a eficiência agrônômica de fontes de solubilidade baixa e que, conseqüentemente, podem apresentar pronunciado efeito residual.

## Eficiência de Extratores para Potássio no Solo

De acordo com as correlações obtidas entre o K disponível pelos extratores e a absorção do nutriente e crescimento do milho, não foram observadas grandes diferenças de eficiência dos extratores Mehlich 1 e Acetato de Amônio (método padrão). Isso é confirmado pela alta correlação entre os dois extratores quando se consideram, conjuntamente, todas as fontes de K. Entretanto, diferenças entre os extratores estudados foram evidenciadas ao se correlacionar os dados referentes a cada fonte isoladamente (Tabela 6).

**Tabela 6.** Coeficientes de correlação entre potássio disponível no solo por diferentes extratores, crescimento (MSPA) e absorção do nutriente pelo milho.

Fonte <sup>(1)</sup>		MSPA	Mehlich	Acetato	Bray	Resina
TODAS	Teor K tecido	0,25	0,78	0,72	0,74	0,74
	K acumulado	0,76	0,67	0,55	0,58	0,55
	MSPA	-	0,24	0,14	0,15	0,13
	Mehlich	-	-	0,93	0,93	0,93
	Acetato	-	-	-	0,96	0,98
	Bray	-	-	-	-	0,96
KCI	Teor K tecido	-0,34	0,82	0,78	0,75	0,80
	K acumulado	0,25	0,68	0,66	0,69	0,63
	MSPA	-	-0,26	-0,23	-0,14	-0,30
BRE	Teor K tecido	0,03	0,89	0,90	0,81	0,66
	K acumulado	0,68	0,70	0,78	0,62	0,78
	MSPA	-	0,07	0,20	0,04	0,48
BIO	Teor K tecido	-0,77	0,90	0,63	0,23	0,69
	K acumulado	-0,09	0,69	-0,07	-0,16	0,18
	MSPA	-	-0,50	-0,70	-0,50	-0,68
ULT	Teor K tecido	0,55	0,82	0,80	0,76	0,56
	K acumulado	0,79	0,90	0,90	0,81	0,67
	MSPA	-	0,77	0,81	0,67	0,65

<sup>1</sup> Todas as fontes em conjunto (incluindo testemunha): n = 64. Fontes isoladas: n = 12.

[Castro et al. \(2005\)](#) constataram que o uso do extrator Mehlich 1 não foi adequado na avaliação da disponibilidade de K num Latossolo Vermelho eutroférico e num Neossolo Quartzarênico do Paraná, quando adubados com a brecha. No tocante a este estudo, de modo geral, o método Mehlich 1 foi o que

proporcionou as melhores correlações entre o K extraído do solo e a concentração e conteúdo de K nas plantas adubadas com diferentes rochas ([Tabela 6](#)). A boa eficiência do extrator Mehlich 1 é um aspecto relevante, porque a maioria dos laboratórios de análise de solos do Brasil o utiliza rotineiramente. Portanto, esse método representaria maior praticidade operacional na determinação da disponibilidade de K em amostras de solos adubados com as rochas.

## Considerações Finais

Uma vez que as rochas testadas parecem funcionar como fertilizantes de liberação lenta, além de apresentarem algum efeito condicionador do solo, a possibilidade de utilizá-las como fontes alternativas de K deve ser avaliada melhor, comparando-as com os fertilizantes tradicionais (solúveis), em diferentes sistemas de produção. As rochas poderão ser mais vantajosas, sobretudo para atender aos cultivos conduzidos em solos arenosos, onde a lixiviação de K e os desequilíbrios nutricionais são problemas mais freqüentes. Essas fontes alternativas poderão, também, cobrir a lacuna do fornecimento de K em conformidade com os critérios de adubação preconizados na agricultura orgânica, pelos quais é vetado o uso do cloreto de potássio.

Experimentos a campo devem ser conduzidos a fim de confirmar os efeitos verificados em casa de vegetação e definir recomendações de uso das rochas como insumos agrícolas. Paralelamente, aspectos econômicos precisam ser determinados, considerando os custos de exploração, moagem, transporte e aplicação, e o retorno obtido com a utilização dessas rochas. Pelo fato de algumas das rochas serem rejeitos de mineração, os benefícios ambientais também devem ser valorados.

## Conclusões

As rochas estudadas liberam prontamente parte do K nelas contido, suficiente para atender a demanda das plantas de milho. O extrator Mehlich 1 se mostra eficiente na predição da disponibilidade de K no solo após a aplicação das rochas. A ultramáfica se destaca por apresentar maior eficiência relativa no suprimento de potássio, além de efeitos benéficos adicionais ao desenvolvimento das plantas, como poder corretivo da acidez e liberação de outros nutrientes, atuando como um condicionador de solo.

## Referências

- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; SALINET, L. H. Rochas brasileiras como fontes alternativas de potássio para uso em sistemas agropecuários: efeito residual. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA EM GIRASSOL, 16., 2005, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 1 CD-ROM.
- MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais**. Recife: UFRPE: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 2005. p. 93-118.
- NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas**. Rio de Janeiro: CETEM: MCT, 2004. 66 p. (Estudos e Documentos, 61).
- RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; NASCIMENTO, M. T.; SOBRINHO, D. A. S.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. J. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I. Respostas da soja e do milheto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais**. Recife: UFRPE: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.
- SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.