

## **EFEITO DE PÓ DE BASALTO NO SOLO E EM CULTURAS ANUAIS DURANTE QUATRO SAFRAS, EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>**

Ana Lúcia Hanisch<sup>2</sup>, José Alfredo da Fonseca<sup>2</sup>, Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>3</sup>, Evandro Spagnollo<sup>4</sup>

**RESUMO** – O pó de basalto vem sendo utilizado como fonte de nutrientes em algumas regiões brasileiras. Entretanto, ainda não há comprovação científica sobre a sua efetividade na melhoria da fertilidade do solo e no aumento da produtividade de culturas graníferas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de doses de pó de basalto, combinadas com a presença ou ausência de fertilização química, sobre a produtividade de soja e milho e sobre alguns atributos químicos do solo. Foi conduzido um experimento em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições e parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas cinco doses de pó de basalto: 0, 2, 4, 8 e 12 ton ha<sup>-1</sup>, com granulometria muito fina. Nas subparcelas foram alocadas duas situações de fertilização: com e sem adubação química convencional. Após a aplicação dos tratamentos, foi realizado a seguinte sequência de cultivos verão/inverno: soja/aveia+ervilhaca (safra 2009/2010); milho/aveia (safra 2010/2011); soja/aveia+ervilhaca (safra 2011/2012); e milho (safra 2012/2013). O pó de basalto não influenciou na produtividade de grãos de soja e milho, combinado ou não com fertilização química. O pó de basalto pouco afetou os atributos químicos do solo avaliados.

Palavras chave: milho, qualidade do solo, rochagem, soja.

## ***EFFECT OF POWDER BASALT ON THE SOIL FERTILITY AND ANNUAL CROP YIELD DURING FOUR CROPPING SEASONS UNDER NO TILLAGE SYSTEM***

**ABSTRACT** – The powder basalt has been used as a source of nutrients in some regions of Brazil. However, there is scarce knowledge about the effects of this product on the soil fertility and crop yield. The objective of this research was to evaluate the effect of powder basalt, combined with the presence or absence of chemical fertilization, on the yield of soybean and corn and on some soil chemical properties. An experiment was conducted in randomized complete block design with three replications and split plot. In the plots five doses of powder basalt were allocated: 0, 2, 4, 8 and 12 ton ha<sup>-1</sup>, with very fine particle size. In the subplots two fertilization strategies were allocated: with or without chemical fertilization. The following sequence of crops in summer/winter were used: soybean/black oat + common vetch (2009/2010); corn/black oat (2010/2011); soybean/black oat + common vetch (2011/2012 season) and corn (2012/2013). The powder basalt did not affect the productivity of soybeans and corn, with or without chemical fertilization. The powder basalt had little effect on the soil chemical properties

*Keywords: corn, powder rock, soil quality, soybean.*

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 27/09/2013 e aprovado em 28/12/2013.

<sup>2</sup> Epagri - Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, nº1101, Cx. Postal 216, CEP 89460-000, Canoinhas, SC. analucia@epagri.sc.gov.br; fonsenca@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup> Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass, Cx. Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR. alvadi.balbinot@embrapa.br

<sup>4</sup> Epagri - Centro de Pesquisas para a Agricultura Familiar, Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, C.P. 791, Chapecó, SC. spagnollo@epagri.sc.gov.br



## 1. INTRODUÇÃO

Na última década, um segmento da pesquisa que vem avançando no cenário agrícola é o da utilização de insumos à base de pós de rochas, denominado de rochagem, como alternativa ou complementação ao uso de fertilizantes solúveis. Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica e magmática extrusiva, cujos principais constituintes são minerais aluminossilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de Ca, Mg e micronutrientes (Ferreira et al., 2009).

O Sul do Brasil possui cerca de um milhão de quilômetros quadrados de derramamento de lavas basálticas, sendo que na bacia do Paraná, o volume de lavas basálticas pode atingir o total de 650.000 quilômetros cúbicos (Mineropar, 2013). É no entorno dessa área, entre as regiões Centro-Sul do Paraná e Norte de Santa Catarina, que centenas de famílias de agricultores utilizam há quase uma década o pó de basalto na recuperação e melhoria da fertilidade do solo (Almeida et al., 2007). Entre essas famílias, o pó de basalto é tratado como ativador da fertilidade do solo e utilizado em misturas com outros compostos orgânicos ou aplicado diretamente sobre o solo antes do plantio de adubos verdes de inverno. Trata-se, portanto, de uma estratégia de aproveitamento de um material localmente abundante e de baixo custo, proveniente de minas de pedra brita existentes na região.

Há, no Brasil, referências de técnicos e agricultores sobre incrementos significativos na produtividade de culturas graníferas, maior velocidade de crescimento e sanidade das plantas e melhoria da fertilidade do solo com a aplicação de 2 a 6 ton ha<sup>-1</sup> de pó de basalto (Theodoro e Leonardos, 2006; Knapik et al., 2007; Almeida et al., 2007).

Por outro lado, a ausência de benefícios agrônômicos do pó de basalto também tem sido verificada em outras pesquisas. Ferreira et al. (2009) constataram que o pó de basalto de duas origens não influenciou o teor de nutrientes na fitomassa e a produtividade de grãos de feijão. Resultado semelhante foi verificado por Silva et al. (2012), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de pó de basalto.

Um ponto a destacar é que a maioria dos trabalhos científicos realizados com pó de basalto teve curto

período de avaliação, raramente ultrapassando mais de uma safra agrícola, o que pode ser um fator que dificulta a verificação de sua efetividade sobre o solo ou sobre as culturas. Além disso, raros trabalhos verificaram a interação entre pó de basalto e doses de fertilizantes.

A hipótese desse trabalho é de que a contribuição do pó de basalto ao sistema produtivo se dá na manutenção da fertilidade do solo, quando em interação com a ativação biológica existente em sistemas sustentáveis, como o sistema de plantio direto (SPD), ao longo do tempo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de doses de pó de basalto, combinadas com a presença ou ausência de fertilização, sobre a produtividade de milho e soja e sobre alguns atributos químicos do solo, a médio prazo, em SPD.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Epagri de Canoinhas, região do Planalto Norte Catarinense, no período de setembro de 2009 a abril de 2013. As coordenadas do local do experimento são 26°13'22" sul, 50°22'01" oeste e 786 m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb, com temperatura média anual de 17,6°C e precipitação anual em torno de 1.500 mm. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, que apresentava na ocasião da implantação do experimento as seguintes características na camada de 0-20cm: 400 g kg<sup>-1</sup> de argila; 5,4 de pH em água; 5,3 mg L<sup>-1</sup> de P extraível (Melich); 84 mg L<sup>-1</sup> de K trocável; 4,6% de matéria orgânica (M.O.); 1 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de Al trocável; 4,1 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de Ca trocável; 3,1 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de Mg trocável e 56,3% de saturação de bases.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com três repetições e parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocadas cinco doses de pó de basalto: 0, 2, 4, 8 e 12 ton ha<sup>-1</sup>, com granulometria muito fina, proveniente de uma mina de pedra brita da região Centro-Sul do Paraná, cuja composição, era de 2,27; 1,17; 11,55 e 8,47 g kg<sup>-1</sup> respectivamente de P, K, Ca e Mg e de 157; 81; 35105 e 503 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, Zn, Fe e Mn (conforme metodologias descritas na IN 28 - MAPA de 27/07/2007 para fertilizantes minerais). Cada parcela tinha área total de 27 m<sup>2</sup> (5,4 x 5 m). Nas subparcelas foram alocadas duas doses de fertilização: com e sem adubação convencional, determinada de acordo com as recomendações (CQFS RS/SC, 2004)



para as culturas de milho e soja, que foram utilizadas em rotação no experimento. Cada subparcela media 2,7 x 5 m com área útil de 0,9 x 4 m (3,6 m<sup>2</sup>).

O pó de basalto foi aplicado ao solo em setembro de 2009, sendo realizada a aplicação sobre o solo da metade das doses e incorporação do pó de basalto através de uma aração à profundidade de 20 cm. Em seguida, aplicou-se a segunda metade das doses que foram incorporadas com uma gradagem. Após a aplicação dos tratamentos, foi realizada a seguinte sequência de cultivos verão/inverno: soja/aveia+ervilhaca (safra 2009/2010); milho/aveia (safra 2010/2011); soja/aveia+ervilhaca (safra 2011/2012); e milho (safra 2012/2013). Foi utilizada soja cv. Codetec 206, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e milho cv. SCS-155 Catarina, com densidade de 55.000 plantas/ha e espaçamento de 0,90 m entre linhas. Sempre que necessário, foi realizado controle de invasoras, pragas e doenças. Nos tratamentos com adubação, essa foi realizada pela aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 2-20-20 para a cultura da soja e 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 8-20-20 para o milho, na linha de plantio. Em todas as subparcelas, na cultura do milho foi aplicado também 140 kg/ha de N, na forma de ureia, em cobertura, quando as plantas se encontravam no estágio V-6.

Foi avaliada a produtividade das culturas através da colheita das plantas da área útil da subparcela, sendo os dados apresentados em kg ha<sup>-1</sup> corrigidos para 13% de umidade.

No solo foram realizadas quatro coletas durante o período de avaliação: em junho de 2010, novembro de 2010, julho de 2011 e março de 2013, respectivamente, 9, 14, 22 e 42 meses após a aplicação do pó de basalto. As coletas de amostras de solo foram realizadas na camada de 0-20 cm de profundidade, coletadas com auxílio de um trado. Em cada subparcela coletaram-se, aleatoriamente, cinco subamostras de solo, as quais constituíram uma amostra composta por subparcela. Cada amostra composta foi avaliada quimicamente, para as seguintes variáveis: pH em água, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis, fósforo (P) extraível, zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe) e matéria orgânica (MO), conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste F, ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sisvar. Foi utilizado

modelo de parcelas subdivididas. Quando constatados efeitos significativos dos tratamentos, foi realizada análise de regressão polinomial, sendo escolhidos os modelos que melhor se ajustaram ao fenômeno investigado. Quando detectado efeitos significativos de fertilização, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS

Na coleta de solo realizada aos nove meses após a aplicação do pó de basalto, não foi observado efeito do pó de basalto, da adubação e da interação entre ambos sobre os atributos químicos do solo, à exceção do K que apresentou maior teor na presença de adubação (Tabela 1). Esse fato pode estar relacionado ao reduzido período de solubilização para pó de basalto.

Na coleta de solo realizada aos 14 meses após a aplicação dos produtos verificou-se aumento linear dos teores de P, Cu, Mn e Fe e redução do teor de Mg com o incremento das doses de pó de basalto (Tabela 2). O aumento no teor dos micronutrientes está de acordo com o teor relativamente alto encontrado no pó de basalto utilizado.

Para os teores de K e Ca não houve efeito das doses de pó de basalto, mas foi observada interação significativa entre doses de pó de basalto e adubação química. Na presença de adubo, houve tendência de aumento dos teores de K (Figura 1a) e redução dos teores de Ca (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2012) que avaliando o efeito de um pó de basalto com doses entre 2,5 e 20 ton ha<sup>-1</sup> sobre a fertilidade do solo em cultivo de feijão não verificaram efeito das doses de pó de basalto sobre o K, mas observaram aumento no teor desse elemento no tratamento que recebeu adubação convencional, o que segundo esses autores se deve à aplicação do cloreto de potássio, que por ser uma fonte solúvel de K contribui para o aumento temporário desse elemento no solo. Para esses autores também foi observado tendência de redução do teor de Ca no solo com o aumento das doses de pó de basalto, embora não tenha sido de forma significativa.

Na coleta de solo realizada aos 21 meses após a aplicação do pó de basalto, foram observados efeito das doses para as variáveis Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe (Tabela 3), com tendência de aumento linear dos teores dos micronutrientes com o incremento da dose de pó



Tabela 1 - Atributos químicos do solo em função de doses de pó de basalto, com e sem adubação, nove meses após a aplicação dos tratamentos

Pó de basalto	pH água	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
ton ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			
0	5,0 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	73,3 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	12,8 <sup>ns</sup>	2.400 <sup>ns</sup>
2	4,9	3,4	70,8	4,5	2,8	1,5	0,7	11,1	2.400
4	4,7	3,4	80,4	4,2	2,5	1,7	1,0	14,3	2.800
8	4,8	3,3	70,0	4,4	2,5	1,9	1,0	14,2	2.800
12	4,8	3,6	92,2	4,2	2,5	1,6	0,7	14,1	2.900
					Adubação				
Com	4,8 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	83,8A <sup>1</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	2,7 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	13,3 <sup>ns</sup>	2.700 <sup>ns</sup>
Sem	4,9	3,2	71,4 B	4,6	2,2	1,6	0,76	13,2	2.600
CV 1 (%)	9,8	11,1	22,1	19,7	15,8	28,8	60,1	31,2	25,7
CV 2 (%)	6,7	9,4	15,9	14,7	16,4	21,3	31,7	18,6	17,7

CV 1 = coeficiente de variação da parcela; CV 2 = coeficiente de variação da subparcela. <sup>ns</sup> Diferenças não significativas. <sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo em diferentes doses de pó de basalto, com (CA) e sem (SA) adubação, 14 meses após a aplicação dos tratamentos

Pó de basalto	pH água	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
ton ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			
0	5,3 <sup>ns</sup>	1,6	3,4	3,2	2,6	0,2	0,8	5,3	1.200 <sup>ns</sup>
2	5,2	1,8	3,2	2,6	2,6	0,2	0,8	5,6	1.300
4	5,1	1,9	3,0	3,4	2,5	0,3	0,9	5,9	1.400
8	5,0	2,2	2,5	2,7	2,3	0,3	1,0	6,4	1.600
12	5,1	2,5	2,1	3,2	2,1	0,4	1,1	6,9	1.700
Equação	-	$\hat{y}=1,62+0,07x$	$\hat{y}=3,4-0,11x$	-	$\hat{y}=2,64-0,05x$	-	$\hat{y}=0,77+0,03x$	$\hat{y}=5,3+0,13x$	$\hat{y}=1230+0,03x$
R2	-	0,72	0,62	-	0,66	-	0,77	0,82	0,93
					Adubação				
Com	5,2 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	2,8	2,4 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	5,9 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	
Sem	5,2	1,9	3,0	2,4	0,28	0,9	6,1	1,4	
CV 1 (%)	4,98	10,20	7,01	7,04	35,42	17,3	5,0	22,2	
CV 2 (%)	2,85	12,12	5,67	12,65	25,25	6,4	6,3	17,2	

CV 1 = coeficiente de variação da parcela; CV 2 = coeficiente de variação da subparcela. <sup>ns</sup> Diferenças não significativas. <sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

de basalto e redução nos teores de Ca e Mg. Não houve efeito das doses de pó de basalto para os teores de P e K (Tabela 3), mas foi observada interação significativa entre doses de pó de basalto e adubação para os teores de K, sendo que na presença de adubo, houve tendência de aumento desse nutriente após a dose de 8 ton ha<sup>-1</sup> de pó de basalto (Figura 1b). De modo geral, os resultados obtidos aos 21 meses após a aplicação do pó de basalto foram muito próximos aos observados aos 14 meses, não indicando que tenha ocorrido maior solubilização do basalto e liberação de macronutrientes com o aumento do período do produto no solo.

Aos 42 meses após a aplicação dos tratamentos, não foi constatado efeito das doses de pó de basalto e da fertilização sobre nenhuma variável química avaliada (Tabela 4) indicando que, mesmo em um período de reação superior a três anos, nas doses avaliadas, a solubilização do pó de basalto em médio prazo pouco contribuiu na melhoria da fertilidade do solo.

Quanto à produtividade das culturas não foram observados efeitos da aplicação do pó de basalto nas safras avaliadas (Tabela 5). Na safra 2009/10



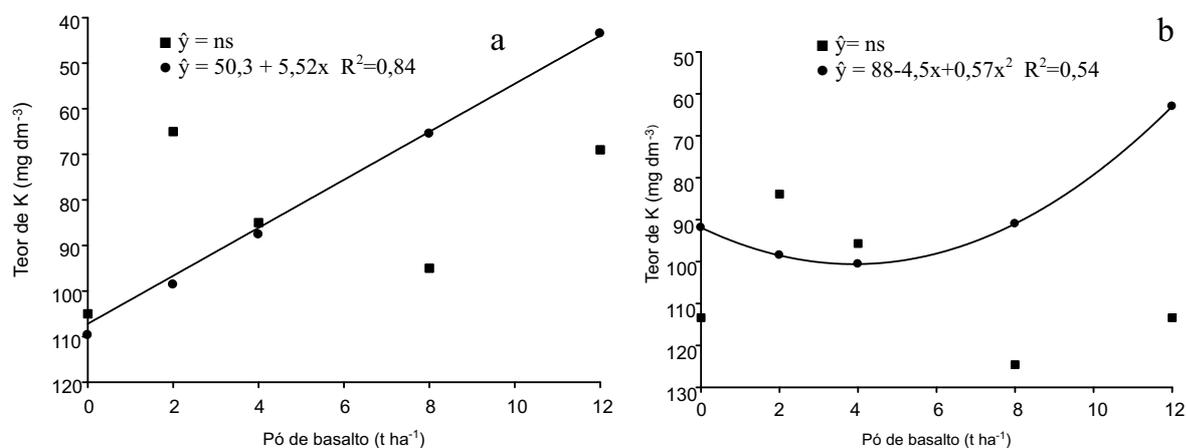


Figura 1 - Teores de K no solo, em diferentes doses de pó de basalto, com (●) e sem (■) adubação, 14 (a) e 21 (b) meses após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo em função de diferentes doses de pó de basalto, com e sem adubação, 21 meses após a aplicação dos tratamentos

Pó de basalto	pH água	P	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
ton ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			
0	5,1ns	2,6ns	5,4	2,7	1,1	0,8	21	3.200
2	5,0	2,6	5,1	2,5	1,1	0,8	22	3.100
4	5,0	2,2	4,9	2,4	1,2	1,1	23	3.900
8	4,9	2,1	4,4	2,0	1,4	1,2	26	4.000
12	4,8	2,1	3,9	1,7	1,5	1,3	28	4.300
Equação	-		$\hat{y}=5,35-$ $0,12x$	$\hat{y}=2,66-$ $0,07x$	$\hat{y}=1,07+$ $0,05x$	$\hat{y}=0,83+$ $0,03x$	$\hat{y}=20,7+$ $0,13x$	$\hat{y}=3175+$ $9x$
R2	-	-	0,54	0,78	0,80	0,97	0,70	0,80
			Adubação					
Com	4,9ns	2,4 a	4,8ns	2,3ns	1,2 b	1,1ns	23,5ns	3,7ns
Sem	5,0	2,3 a	4,7	2,2	1,4 a	1,1	24,7	3,7
CV 1 (%)	10,9	26,17	6,43	15,80	12,53	10,2	4,8	25,4
CV 2 (%)	6,5	20,21	4,74	6,72	10,04	10,4	6,4	15,3

CV 1 = coeficiente de variação da parcela; CV 2 = coeficiente de variação da subparcela. <sup>ns</sup> Diferenças não significativas. <sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro.

e 2011/12, não houve efeito de doses, da adubação e da interação entre doses de basalto e adubação para a produtividade de grãos de soja. No caso do milho, safras 2010/11 e 2012/13, houve efeito apenas de adubação, sendo essa prática favorável ao rendimento da cultura. Ao longo do tempo, as produtividades se mantiveram muito semelhantes para as culturas da soja e do milho, não sendo verificada redução no rendimento médio de cada cultura ao longo do tempo.

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação em curto prazo sobre os efeitos do pó de basalto nos atributos do solo foram semelhantes aos obtidos por Ferreira et al. (2009) ao avaliarem o efeito de dois tipos de pó de basalto coletados em Santa Catarina, em que após doze meses da aplicação, não foram observados alterações nos teores dos macronutrientes e no pH do solo, corroborando a tese de que possíveis melhorias na fertilidade do solo em razão da aplicação de pó de basalto certamente não



Tabela 4 - Atributos químicos do solo em diferentes doses de pó de basalto, com e sem adubação, 42 meses após a aplicação dos tratamentos

Pó de basalto	pH água	P	K	Ca	Mg	CTC	M.O.
ton ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%
0	5,1 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	139 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	11,4 <sup>ns</sup>	4,0 <sup>ns</sup>
2	5,0	3,6	104	4,1	1,8	12,5	4,2
4	4,9	3,6	84	3,4	1,5	14,2	4,2
8	5,0	3,9	84	3,4	1,4	12,7	4,5
12	4,9	3,7	138	3,4	1,5	13,4	4,2
				Adubação			
Com	5,0 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	117 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	13,0 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>
Sem	5,0	3,9	103	3,6	1,6	12,6	4,2
CV 1 (%)	4,29	34,09	28,35	22,55	26,43	19,11	10,37
CV 2 (%)	5,75	24,68	21,61	28,77	36,27	17,76	10,07

CV 1 = coeficiente de variação da parcela; CV 2 = coeficiente de variação da subparcela. <sup>ns</sup> Diferenças não significativas. M.O.=matéria orgânica do solo.

Tabela 5 - Produtividade de grãos de soja e milho em quatro safras, em diferentes doses de pó de basalto, com e sem adubação

Pó de basalto	(safra 2009/10)Soja	(safra 2010/11)Milho	(safra 2011/12)Soja	(safra 2012/13)Milho
ton ha <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>			
0	2623 <sup>ns</sup>	8117 <sup>ns</sup>	3042 <sup>ns</sup>	8085 <sup>ns</sup>
2	2847	7770	3027	7430
4	2776	7108	2814	7025
8	2993	6523	2885	6974
12	2725	8068	3241	7932
			Adubação	
Com	2822 <sup>ns</sup>	7926 A <sup>1</sup>	3167 <sup>ns</sup>	8059 A <sup>1</sup>
Sem	2763	7096 B	2836	6920 B
CV 1 (%)	10,1	20,9	19,8	8,4
CV 2 (%)	12,9	11,7	14,8	17,1

CV 1 = coeficiente de variação da parcela; CV 2 = coeficiente de variação da subparcela. <sup>ns</sup> Diferenças não significativas. <sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro.

ocorrem em curto prazo. Por outro lado, Ribeiro et al. (2010) avaliando três tipos de rochas silicatadas como fontes de nutrientes para as plantas obtiveram aumento linear do teor de K no solo com o uso de rochas ultramáficas alcalinas (basalto) e brecha piroclástica, indicando liberação desse nutriente ao solo, 90 dias após a incubação e um cultivo de soja em vasos. No entanto, esses autores utilizaram doses muito altas, equivalentes à aplicação de valores entre 75 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proveniente das rochas.

O aumento no teor de P no solo com a adição de pó de rocha, verificado neste trabalho, tem sido observado em outros estudos (Erhart, 2009; Bezerra et al., 2009; Ribeiro et al., 2010) e tem sido atribuído à competição entre fosfato e silício, sendo que este

último é, naturalmente, um elemento abundante nos pós de rocha. De acordo com Leite (1997) fosfato e silicato são retidos (adsorvidos) pelos óxidos de ferro e de alumínio da fração argila, podendo assim competir entre si pelos mesmos sítios de adsorção, ou seja, silicato pode deslocar fosfato previamente adsorvido, e vice-versa, das superfícies oxídicas.

A ausência de efeito do pó de basalto sobre o pH e os teores de macronutrientes, à exceção do P, 14 meses após a aplicação dos tratamentos nesse trabalho foram muito próximos aos resultados observados por Ehardt (2009) que avaliando o efeito da aplicação do pó de basalto em cultivo de videiras, nas doses 0, 10, 20 e 50 ton ha<sup>-1</sup>, puros e associados com 5 ton ha<sup>-1</sup> de esterco bovino verificou que, após um ano, os valores



de pH em água e em  $\text{CaCl}_2$  não se modificaram pela aplicação de doses crescentes de pó de basalto, assim como para os elementos Ca, Mg e K.

A redução dos teores de Ca e Mg observados aos 14 e 21 meses após a aplicação dos tratamentos podem estar ligados a ocorrência de substituições isomórficas envolvendo Ca, Mg e Al (Tabelas 2 e 3) (Dixon & Weed, 1989). De acordo de Kämpf et al. (2009) nas reações de dissolução os elementos nem sempre são liberados e mantidos na solução na mesma proporção estequiométrica da composição mineral. Em ambientes naturais, a precipitação e a formação de fases secundárias decorrentes da supersaturação é o mecanismo dominante na dissolução incongruente dos silicatos, sendo essa mais comum que a congruente.

De forma semelhante ao presente trabalho, Silva et al. (2012) também não verificaram efeitos da adubação química, nem da interação entre adubação e pó de basalto para o feijão, mesmo com o fornecimento dos elementos N, P e K em formas prontamente solúveis para a cultura.

A ausência de efeitos sobre os atributos do solo, à exceção dos teores de micronutrientes e a ausência de efeito sobre a produtividade das culturas ao longo de mais de três anos e quatro safras pode estar relacionado com o baixo conteúdo de nutrientes do pó de basalto utilizado, que mesmo nas maiores doses não foi suficiente para provocar alterações nos atributos do solo ou sobre as culturas. Dessa forma, o pó de basalto utilizado não atende à hipótese inicial desse trabalho, de que este produto poderia agir na manutenção da fertilidade do solo em sistemas sustentáveis de produção, como o plantio direto.

Por outro lado, aspectos como a ausência de efeitos da adubação solúvel sobre os atributos no solo e sobre a produtividade da soja ao longo do tempo, mesmo com sua aplicação anual, bem como a manutenção ao longo do tempo do pH do solo e dos teores de K e P muito próximos à condição inicial desse experimento, leva à reflexão sobre o papel dos sistemas sustentáveis na manutenção da qualidade do solo, acima do conceito de fornecimento do insumos ao solo, sejam solúveis ou de base agroecológica como o pó de basalto.

As produtividades obtidas nesse trabalho de aproximadamente 3000 e 7000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para soja e milho sem adição de insumos solúveis (Tabela 5) são indicadores claros de que, de acordo com Nicolodi et al. (2008), a evolução dos sistemas conservacionistas

de manejo do solo, sobretudo o plantio direto, consolidou e reavivou conceitos agronômicos e ecológicos, que reafirmam a idéia de que o solo vivo, rico em matéria orgânica, é capaz de produzir mais do que os indicadores convencionais admitem, quando analisados pontualmente. Para Vezzani & Mielniczuk (2009) quando o sistema de produção agrícola possibilita que o fluxo seja alto, ou seja, grande quantidade de compostos orgânicos entra por meio de cultivo de plantas, o sistema solo tem condições de se auto-organizar em macroagregados, com grande capacidade de reter a energia e a matéria adicionada na forma de carbono, integrando-se aos organismos do solo, garantindo assim a qualidade do solo, a qualidade ambiental e a sustentabilidade.

Dessa forma, é indiscutível que apesar do objetivo do trabalho ser avaliar efeito do pó de basalto no solo e nas culturas, no tempo, os resultados indicaram que, o manejo do solo adotado nesse trabalho através de plantio direto, associado a uma adequada rotação de culturas e à manutenção da cobertura do solo permitiu adicionar ao solo consideráveis quantidades de biomassa anualmente que contribuíram, aparentemente, de forma mais consistente para a manutenção do sistema, que a adição de pó de basalto ou da adubação.

## 5. CONCLUSÕES

1. O pó de basalto não influenciou a produtividade de grãos de soja e milho, combinado ou não com adubos solúveis.
2. O pó de basalto não afetou o pH do solo até 42 meses após sua aplicação.
3. Houve aumento dos teores de Zn, Cu, Fe, Mg e P no solo com o aumento das doses de pó de basalto na avaliação aos 14 meses após sua aplicação ao solo, não sendo observados efeitos sobre o P a partir das próximas épocas de amostragem.
4. Os teores de Ca e Mg do solo reduziram com a aplicação do pó de basalto até 21 meses após sua aplicação.

## 6. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. *Agriculturas*, v.4, n.1, p.7-10, 2007.



BEZERRA, R.G.D.; ANTUNES, G.A.; OLIVEIRA, M.W. et al. Avaliação do estado nutricional, área foliar e densidade populacional de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas pela aplicação de MB-4. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., Brasília, 2009. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2009. p.85-91.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS) RS/ SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

DIXON, J.B.; WEED, S.B. **Minerals in soil environments**. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America Published, 1989. 1224p.

ERHART, J. **Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do solo e nutrição da videira (*Cabernet sauvignon*)**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2009. 71p. (Dissertação de Mestrado).

FERREIRA, E.R.N.C.; ALMEIDA, J.A.; MAFRA, A.L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n.2, p.111-121, 2009.

KÄMPF, N.; CURTI, N.; MARQUES, J.J. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.) **Química e mineralogia do solo** (Parte I – Conceitos básicos), v.1, p.573-610. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

KNAPIK, B.; SILVA, F.J.P.; KNAPIK, J.G. **Pó de basalto: Experimentos no Médio Iguaçu**. 2007. 90p.

LEITE, P.C. **Interação silício-fósforo em Latossolo-Roxo cultivado com sorgo em casa-de-vegetação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 87p. (Tese de Doutorado).

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Geologia do Paraná**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=24>. Acesso em 16 de abril de 2013.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos. Instrução normativa SDA N° 28, de 27 de julho de 2007. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acessado em 19 de junho de 2013.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I. et al. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.spe, p.2735-2744, 2008.

RIBEIRO, L.S.; SANTOS, A.R.; SOUZA, L.F.S. et al. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, p.891-897, 2010.

SILVA, A.; ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C. et al. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.4, p.548-554, 2012.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

THEODORO, S.C.H.; LEONARDOS, O.H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.78, n.4, p.721-730, 2006.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, p.743-755, 2009.

