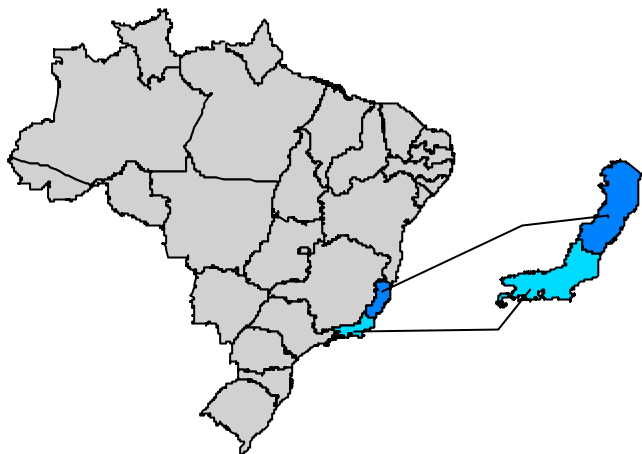


Imagem: Bruno Bastos Simões



Teores de Enxofre em Solos dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo

Antônio Osmair Zaia¹
Francisco C. Zaia²
Alberto C. de Campos Bernardi³

O enxofre ocorre nos solos na forma mineral SO_4^{2-} . No entanto esta fração representa apenas 5% do total, uma vez que a maior parte encontra-se na forma orgânica ligado ao carbono e ao nitrogênio. Em condições aeróbicas, em solos bem drenados, a forma que prevalece é o sulfato. Em muitos solos, esse ânion não é retido e, portanto, facilmente lixiviado. Nos solos ricos em argilas do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio, pode haver adsorção específica de sulfato no subsolo (Raij, 1991; Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996).

As plantas absorvem o enxofre na forma do ânion SO_4^{2-} , sendo incorporado para formar os aminoácidos cistina, metionina e cisteína, os quais representam 90% do S encontrado nos vegetais. O S também é componente do acetil - CoA e participa, ainda, da composição dos complexos enzimáticos envolvidos na fotossíntese e na fixação do N_2 ; e na formação da clorofila (Vitti, 1986; Raij, 1991).

Um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da agricultura brasileira são as condições de fertilidade do solo. O uso intensivo dos solos, especialmente os arenosos (com baixos teores de matéria orgânica), o aumento da produtividade agrícola e o uso crescente de fórmulas concentradas NPK, com pouco ou nenhum enxofre, têm contribuído para agravar a deficiência deste nutriente. Além desses fatores, outros podem ser

citados, tais como perdas de sulfato por lixiviação, acentuada pela calagem e adubações fosfatadas; decréscimo no uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, ocasionando redução de SO_2 contido no ar atmosférico; baixos níveis de matéria orgânica no solo; prática de queimadas para uso de novas áreas, limpezas de pastos e colheita da cana-de-açúcar, causando volatilização do S contido no material vegetal (Vitti, 1986).

Por isso, a correção das propriedades químicas dos solos torna-se essencial para a prática de uma agricultura estável e produtiva, especialmente no caso do enxofre. Neste contexto, a avaliação da disponibilidade deste nutriente através da análise de solo é essencial para se explorar todo o potencial da agricultura. A escolha do extrator depende dos equipamentos analíticos disponíveis e do tipo de solo.

Os extratores podem ser água, acetato, carbonato, cloreto, fosfato, citrato e oxalato, uma vez que a natureza do ânion influencia a eficiência do deslocamento do sulfato adsorvido (Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996). Muitos relatos científicos demonstraram a eficiência do fosfato de cálcio para a extração do sulfato, sendo que, em solos tropicais, é feita preferencialmente com fosfato biácido de cálcio (Raij, 1991; Cantarella & Prochonow, 2001; Alvarez V. *et al.*, 2001).

¹ Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional - FUNDENOR. Av. Presidente Vargas, 180, Pecuária. CEP: 28053-100, Campos dos Goytacazes – RJ. E-mail: azaia@fundenor.com.br

² Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, bolsista UENF-FAPERJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, Horto. CEP: 28015-620, Campos dos Goytacazes – RJ. E-mail: zaia@uenf.br

³ Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. CEP: 22460-000 Rio de Janeiro – RJ. E-mail: alberto@cnpes.embrapa.br

Há vários métodos para quantificação do sulfato, no entanto nem todos são aplicáveis. O método ideal deve ser quantitativo, com adequada sensibilidade, pouco influenciado pelo extrator ou por qualquer outro constituinte do solo, e ainda deve ser específico para a forma de sulfato. Por isso o método que mais freqüentemente tem sido utilizado é a determinação quantitativa do sulfato durante a precipitação com sulfato de bário, baseadas em determinações volumétrica, gravimétrica, turbidimétrica, ou colorimétrica (Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996). A determinação analítica que vem sendo adotada nos laboratórios de fertilidade do solo do Brasil utiliza a leitura turbidimétrica em colorímetro ou espectrofotômetro do precipitado formado de sulfato de bário (Raij, 1991; Alvarez V. *et al.*, 2001;).

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação e interpretação dos níveis de enxofre nos solos de alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Material e Métodos

Foram utilizados os resultados analíticos de amostras de solos enviadas por agricultores, técnicos e extensionistas ao Laboratório de Solos da FUNDENOR em Campos dos Goytacazes, RJ. Foram tabuladas informações de 11.000 amostras de solos, provenientes de 2.400 propriedades rurais de municípios do Estado do Rio de Janeiro (3.300 amostras) e Espírito Santo (7.700 amostras), referentes ao período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002. As amostras compostas de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm.

Os solos estão localizados sob culturas como: cana-de-açúcar, café, pastagem, banana, maracujá, abacaxi, goiaba, coco e mamão. O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido, ou seja clima tropical semi-úmido que apresenta máximos e mínimos pluviométricos no verão e no inverno, respectivamente, e a existência de quatro a cinco meses secos.

Nas amostras secas ao ar e peneiradas a 2 mm, utilizou-se o fosfato diácido de cálcio - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 M como extrator, e a determinação por turbidimetria para a determinação de sulfato nos solos. Os procedimentos usados na extração e determinação do sulfato foram descritos, respectivamente, por Fox *et al.* (1987) e Tabatabai & Bremner (1970), com as modificações introduzidas por Andrade *et al.* (1990).

Os resultados foram distribuídos com base nas faixas de interpretação: 0 a 10; 11 a 20; 21 a 30; > 30 mg dm^{-3} . Após a classificação de cada amostra de solo nas faixas de interpretação, foi calculada a porcentagem de ocorrência de amostras dentro de cada faixa.

Resultados e Discussão

As Tabelas 1 e 2 ilustram a origem das amostras recebidas pelo Laboratório de Solos da FUNDENOR nos anos de 2000 e 2002. As amostras analisadas provenientes do Estado do Rio de Janeiro, referiam-se a 14 municípios das regiões Norte e Noroeste fluminense. As amostras do Estado do Espírito Santo referiam-se a 40 cidades, englobando todas regiões.

A Tabela 3 mostra os resultados médios obtidos para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo nos anos de 2000, 2001 e 2002.

Os teores disponíveis de enxofre nos solos analisados, referentes as amostras do Rio de Janeiro no ano de 2000 variaram, respectivamente, de 45 e 25% entre muito baixo e baixo. Apenas 11% tiveram teores médios e 19% das amostras com teores altos, evidenciando baixos níveis de enxofre nas regiões Norte e Noroeste fluminense. Ou seja, 70% das amostras apresentam um teor baixo a muito baixo. Referente às amostras de solos do ano de 2001, os teores de enxofre em 52% e 31% das amostras, respectivamente, variaram entre muito baixo e baixo. Apenas 11% das análises realizadas apresentam níveis médios e 6% níveis altos. No ano de 2002, o teor de enxofre em 27% e 38%, respectivamente, variaram entre baixo e muito baixo, mostrando-se abaixo do ideal. Apenas 12% das amostras analisadas apresentaram níveis médios; e 23% apresentaram níveis altos de enxofre no solo (Tabela 3).

Com relação aos municípios do Espírito Santo, os resultados também mostram evidentes deficiências de enxofre nos solos, entretanto em menor grau que os municípios do Rio de Janeiro. Em 35 a 30% das amostras analisadas no ano de 2000, o teor de enxofre variou de muito baixo a baixo, respectivamente. Apenas 15% das amostras apresentaram níveis médios de enxofre no solo e 20% com níveis altos. Deficiências de enxofre foram demonstradas em 48% das amostras analisadas no ano de 2001. Ou seja, 16 e 32% das amostras apresentaram teores baixo e muito baixo, respectivamente. Níveis médios foram encontrados em 20% das amostras e 32% das amostras analisadas apresentaram teores altos de enxofre. No ano de 2002, os teores disponíveis de enxofre nos solos variaram, respectivamente, de 28 e 24% entre muito baixo e baixo. Dos solos analisados 20% tiveram teores médios e 28% das amostras com teores altos. Os dados indicam uma diminuição dos valores entre faixa de nível crítico (0 a 10 mg dm^{-3}) deste Estado em comparação com os valores do Rio de Janeiro (Tabela 3).

Tabela 1. Distribuição de frequências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Municípios	Faixa de teores (mg dm ⁻³)								Total
	0 a 10	%	11 a 20	%	21 a 30	%	> 30	%	
2000									
Bom Jardim	5	10	15	29	17	33	15	28	52
Campos	300	59	71	14	27	5	112	22	510
Cardoso Moreira	10	71	3	21	0	-	2	8	14
Casimiro de Abreu	30	42	26	37	8	11	7	10	71
Nova Friburgo	6	05	37	29	27	21	60	45	130
Itaperuna	59	77	11	14	5	6	2	3	77
Macaé	31	53	10	17	5	9	12	21	58
Quissamã	11	22	11	22	7	14	21	42	50
Rio Bonito	22	81	5	19	0	0	21	42	48
Santo Antônio de Pádua	35	72	7	14	1	2	5	10	48
São José Rio Preto	20	16	40	31	15	12	53	41	128
Varre – Sai	17	21	48	59	10	12	6	8	81
Média Geral 2000		45		25		11		19	-
2002									
Campos		32		26		9		33	359
Casimiro de Abreu		29		45		12		14	143
Quissamã		34		23		12		31	129
São Francisco do Itabapoana		61		25		6		8	134
Média Geral 2002		38		27		12		23	-

Tabela 2. Distribuição de freqüências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios do Estado do Espírito Santo.

Municípios	Faixa de teores (mg dm ⁻³)								Total
	0 a 10	%	11 a 20	%	21 a 30	%	> 30	%	
2000									
Afonso Cláudio	28	41	15	22	8	12	17	25	68
Alfredo Chaves	2	13	12	80	0	-	1	7	15
Alto das Piabas	0	-	02	29	1	14	4	57	7
Aracruz	25	44	24	42	5	9	3	5	57
Araponga	0	-	1	100	0	-	0	-	1
Aricanga	0	-	1	9	0	-	10	91	11
Boa Esperança	15	79	0	-	3	16	1	5	19
Cariacica	22	69	10	31	0	-	0	-	32
Castelo	5	06	30	36	24	28	25	30	84
Colatina	25	45	10	18	5	9	15	28	55
Domingos Martins	5	12	14	34	11	27	11	27	41
Guaçuí	8	04	39	20	38	20	110	56	195
Guarapari	3	43	2	29	1	14	1	14	7
Ibiraçu	3	30	4	40	1	10	2	20	10
Iconha	4	44	3	33	2	23	0	-	9
Itaguaçuí	16	32	12	24	18	36	4	8	50
Itarana	11	52	3	14	4	19	3	15	21
Jaguaré	90	66	30	22	5	4	11	8	136
João Neiva	47	31	41	27	26	17	37	25	151
Joatuba	4	80	0	-	1	20	0	-	6
Laranja da Terra	8	40	4	20	8	40	0	-	12
Linhares	9	47	6	32	2	11	2	10	19
Marechal Floriano	30	21	50	35	40	28	23	16	143
Mimoso do Sul	5	100	0	-	0	-	0	-	5
Montanha	20	83	2	8	0	-	2	9	24
Piaçu	3	100	0	-	0	-	0	-	3
Piúma	0	-	3	100	0	-	0	-	3
Ribeirão do Cristo	0	-	1	17	4	67	1	16	6
Ribeirão Sepé	1	50	0	-	1	50	0	-	2
Santa Maria de Jetibá	52	10	152	30	95	19	206	41	505
Santa Tereza	4	11	16	42	6	15	12	32	38
São Mateus	2	50	1	25	1	25			4
São Roque	1	33	2	67	0	-	0	-	3
Unicafé	2	05	5	12	11	26	24	57	16
Vargem Alta	5	23	10	45	6	27	1	5	22
Venda Nova dos Imigrantes	34	35	27	28	20	20	16	17	97
Viana	6	17	21	58	5	14	4	11	36
Vila Velha	19	73	07	27	0	-	0	-	26
Vitor Hugo	0	-	01	33	2	67	0	-	3
Vitória	0	-	1	100	0	-	0	-	1
Sem Identificação	119	22	196	37	95	18	120	23	530
Média Geral 2000		35		30		15		20	-
2002									
Aracruz		37		25		7		31	46
Guaçuí		10		30		19		41	184
Jaguaré		47		24		13		16	53
Pedro Canário		84		11		2		3	65
Média Geral		28		24		20		28	-

Tabela 3. Distribuição de freqüências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo realizadas pelo Laboratório de Solos da FUNDENOR - Campos dos Goytacazes, RJ entre 2000 e 2002.

Níveis de Enxofre* (mg dm ⁻³)	Classe de Interpretação	Distribuição de freqüências (%)					
		Rio de Janeiro			Espírito Santo		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
0 a 10	Muito baixo	45,0	52,0	38,0	35,0	32,0	28,0
11 a 20	Baixo	25,0	31,0	27,0	30,0	16,0	24,0
21 a 30	Médio	11,0	11,0	12,0	15,0	20,0	20,0
> 30	Alto	19,0	6,0	23,0	20,0	32,0	28,0
No. amostras		1100	1000	1200	2700	2200	2800

* Extrator fosfato diácido de cálcio.

Conclusões

Os resultados apresentados evidenciam que para grande maioria das amostras realizadas ocorreriam respostas à aplicação de fertilizantes com fontes minerais do nutriente devido à grande porcentagem das amostras apresentaram teores muito baixo e baixo de enxofre no solo. Isso, talvez, possa ser justificado pelas práticas de manejo do solo, como altas doses de calagem e adubações fosfatadas, em situações de baixos níveis de matéria orgânica no solo e, provavelmente, uso de fórmulas NPK concentradas que não possuem S. Assim, vê-se a necessidade de práticas que aumentem a matéria orgânica associadas com a introdução de fontes minerais do nutriente.

Agradecimentos

À FUNDENOR, Fertilizantes Heringer LTDA e SN-Centro de Pesquisa de Promoção do Sulfato de Amônio LTDA pelo financiamento do projeto.

Referências Bibliográficas

- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JUNIOR., E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: Editora UFV. 2001. 131p.
- ANDRADE, J. C.; FRIGUETTO, S. R.; BACCAN, N.; CANTARELLA, H.; BATAGLIA, O. C. Determinação turbidimétrica de sulfatos em solos mediante análise por injeção em fluxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p. 119-124, 1990.
- CANTARELLA, H.; PROCHNOW, L. I. Determinação de sulfato em solos. In: RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p.224-230.
- FOX, R. L.; HUE, N. V.; PARRA, A. J. A turbidimetric method for determining phosphate-extractable sulfates in tropical soils. **Communications in soil Science Plant and Analysis**, New York, v.18, p.343-357, 1987.
- KOWALENKO, C. G. Extraction of available sulphur. In: CARTER, M. R. (ed.) **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Lewis publishers, 1993. p.65-74.
- TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, p.805-806, 1970.
- TABATABAI, M. A. Sulphur. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. **Methods of soil analysis**. Part 3 - Chemical methods. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.921-960. (SSSA Book Series, 5).

VITTI, G. C. O enxofre na agricultura: situação, perspectivas e sugestões. pp. 98-110. In SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE e MICRONUTRIENTES: situação atual e perspectivas na agricultura. Anais... São Paulo: MANAH S/A, 1986. P. 98-110

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 343 p.

Páginas das Instituições:

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

<http://www.fundenor.com.br>

<http://www.uenf.br>

<http://www.heringer.com.br>

<http://www.sn-centro.com.br>

Comunicado Técnico, 19

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser obtidos na

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22460-000

Fone: (21) 2274.4999

Fax: (21) 2274.5291

E-mail: sac@cnps.embrapa.br

<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>

1ª edição

1ª impressão (2003): 300 exemplares

Expediente

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Editoração eletrônica: *Jacqueline S. Rezende Mattos*