

# COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE COBRE, ZINCO, FERRO E MANGANÊS EM SOLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO<sup>(1)</sup>

M. G. PEREIRA<sup>(2)</sup>, D. V. PÉREZ<sup>(3)</sup>, G. S. VALLADARES<sup>(4)</sup>,  
J. M. P. F. SOUZA<sup>(5)</sup> & L. H. C. ANJOS<sup>(2)</sup>

## RESUMO

As conseqüências da deficiência ou toxidez de micronutrientes na produção agrícola do estado do Rio de Janeiro são pouco conhecidas. Desta forma, em 1997, foram quantificados os teores de cobre, zinco, ferro e manganês em 103 amostras de horizontes superficiais de solos representativos do estado, sendo utilizados os extratores Mehlich-1, DTPA-TEA e HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. De maneira geral, o extrator HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> foi o que apresentou maior poder de extração dos micronutrientes estudados, tendo o Mehlich-1 extraído as menores quantidades de cobre e ferro e o DTPA-TEA as menores quantidades de zinco e manganês. Segundo os resultados, equações de conversão entre extratores, para um mesmo elemento, e a utilização de faixas de interpretação desenvolvidas para regiões edáficas diferentes das condições do trabalho podem não estimar corretamente a disponibilidade dos micronutrientes às plantas.

**Termos de indexação:** micronutrientes, fertilidade dos solos, extratores.

---

<sup>(1)</sup> Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro (RJ), 20 a 26 de julho de 1997. Recebido para publicação em abril de 1998 e aprovado em março de 2001.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. CEP 23890-000 Seropédica (RJ). E-mail: gervasio@ufrj.br

<sup>(3)</sup> Pesquisador da EMBRAPA/CNPq, Rua Jardim Botânico 1024. CEP 22460-000 Rio de Janeiro (RJ).

<sup>(4)</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo do Departamento de Solos, UFRRJ. Bolsista da CAPES.

<sup>(5)</sup> Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo. Departamento de Solos, UFRRJ. Bolsista da CAPES e CNPq / PIBIC.

**SUMMARY:** *COMPARISON OF EXTRACTION METHODS FOR COPPER, ZINC, IRON AND MANGANESE IN SOILS OF THE STATE OF RIO DE JANEIRO, BRAZIL*

*The consequences of micronutrient deficiency or toxicity for the agricultural productivity in the state of Rio de Janeiro are not adequately known. For this reason, in 1997, the levels of copper, zinc, iron, and manganese were quantified in 103 samples from surface horizons of representative soils of the state. The extractant solutions used were Mehlich-1, DTPA-TEA, and HCl 0.1 mol L<sup>-1</sup>. In general, the HCl 0.1 mol L<sup>-1</sup> solution extracted the highest amounts of the studied micronutrients. Mehlich-1 extracted the smallest amounts of copper and iron, and the DTPA-TEA extracted the smallest amounts of zinc and manganese. The results showed that the use of linear regression equations for conversion of values amongst methods of a specific element and the use of ranges of interpretation developed in different edaphic conditions, in comparison to the present work, are not recommended. They can lead to incorrect diagnoses.*

*Index terms: micronutrients, soil fertility, extractant solution.*

## INTRODUÇÃO

Alguns elementos essenciais às plantas são absorvidos em pequenas quantidades, sendo, por isso, denominados micronutrientes. Diversos fatores afetam a quantidade e a disponibilidade desses nutrientes nos solos. A despeito do menor consumo, sucessivos anos de utilização agrícola levam à exaustão das reservas desses elementos, que devem, então, ser repostos (Camargo, 1988).

A avaliação dos micronutrientes no solo é fundamental e o sucesso desta está associado à escolha adequada do processo de extração (Ribeiro & Sarabia, 1984; Abreu, 1995). Uma das maneiras de avaliar a possibilidade de utilização de diversos tipos de extratores na análise de rotina, segundo Eckert & Watson (1997), está na correlação, em ensaios de laboratório, das quantidades extraídas pelo novo extrator proposto e o tradicionalmente usado. Nesse sentido, os trabalhos de Wolf & Baker (1985), Jones & Piha (1989), Sims (1989), Alva (1993), Mamo et al. (1996) e Garcia et al. (1997) são exemplos da tentativa de alguns países em estabelecer um extrator, para as suas rotinas de análise de solo, por meio da comparação de métodos de extração.

No Brasil, segundo Cantarella et al. (1994), mais de 50% dos laboratórios em atividade, no período de 1982-89, utilizavam o Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) como extrator de micronutrientes. Atualmente, para avaliar a disponibilidade dos micronutrientes em solos, os diversos laboratórios do Brasil empregam as soluções de Mehlich-1, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, DTPA, água, CaCl<sub>2</sub>, KCl, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Abreu, 1995).

No Brasil, as melhores correlações entre os teores de Cu, Fe, Mn e Zn em solos e os teores desses nas plantas têm sido obtidas para o método que emprega

a solução DTPA-TEA como extratora (Abreu, 1995; Cantarella et al., 1998). As soluções Mehlich-1 e ácido clorídrico, utilizadas em alguns estados, apresentaram resultados iguais ou inferiores aos obtidos com a solução de DTPA-TEA (Ribeiro & Sarabia, 1984; Abreu, 1995).

No estado do Rio de Janeiro, existem poucas informações sobre a influência da deficiência ou toxidez de micronutrientes na produção agrícola. Além disso, não são conhecidos níveis críticos, nesse estado, para esses elementos, sendo usados dados de outras regiões, para recomendações de sua aplicação.

Os objetivos deste trabalho foram: comparar a capacidade de extração dos três métodos de determinação de formas disponíveis de Cu, Zn, Fe e Mn mais usados no Brasil e relacionar os resultados obtidos com as faixas de interpretação em uso no Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

No primeiro semestre de 1997, foram analisadas 103 amostras de horizontes superficiais de solos representativos do estado do Rio de Janeiro, pertencentes à coleção de solos da Embrapa Solos e do Departamento de Solos da UFRRJ. As amostras correspondem às principais ordens de solos (EMBRAPA, 1999) do estado, assim distribuídas: 32 de Argissolos, 27 de Latossolos, 13 de Gleissolos, 10 Neossolos, 7 de Planossolos, 4 de Cambissolos, 4 de Chernossolos, 2 de Espodossolos, 2 de Organossolos, 1 de Vertissolo e 1 de Nitossolo.

O teor de argila variou de 10 a 760 g kg<sup>-1</sup>. As amostras foram classificadas, de acordo com Freire

et al. (1988), como sendo 17,5% de textura arenosa (teor de argila menor que 150 g kg<sup>-1</sup>), 48,5% de textura média (teor entre 150 e 350 g kg<sup>-1</sup>), 28,2% de textura argilosa (teor entre 350 e 600 g kg<sup>-1</sup>) e 5,8% de textura muito argilosa (teor superior a 600 g kg<sup>-1</sup>).

Os valores de pH em água variaram de 3,5 a 7,4, assim distribuídos, segundo classificação apresentada por Freire et al. (1988): 20,4% das amostras apresentaram-se na faixa extremamente ácida (menor que 4,3), 49,5% na fortemente ácida (de 4,4 a 5,3), 27,2% na moderadamente ácida (de 5,4 a 6,5), 1,9% na praticamente neutra (de 6,6 a 7,3) e 1,0% na moderadamente alcalina (7,4 a 8,3).

Para determinar os micronutrientes, foram utilizados os seguintes extratores:

Solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> (Mehlich-1): 10 g de solo e 50 mL de solução extratora, cinco minutos de agitação e dezesseis horas de repouso. Em seguida, o material foi filtrado e, no extrato, determinados os micronutrientes (Nelson et al., 1953).

Solução de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>: 10 g de solo e 50 mL de solução extratora, cinco minutos de agitação, seguida de filtragem (Nelson et al., 1959).

Solução de DTPA-TEA: usaram-se 5 g de solo com 25 mL da solução extratora DTPA-TEA pH 7,3, agitação de duas horas e posterior filtragem (Lindsay & Norvell, 1978).

Em todos os extratos, foi efetuada a filtração com papel de filtro Whatman 42 e a quantificação dos micronutrientes foi efetuada por espectrofotometria de absorção atômica.

Para determinar os teores de argila e de carbono orgânico e do pH em água, usaram-se os métodos descritos em EMBRAPA (1997).

O método estatístico empregado para comparar os teores de micronutrientes obtidos a partir dos diferentes extratores foi o da regressão linear ( $Y = b_0 + b_1X$ ), conforme sugeriram Miller & Miller (1993). As hipóteses nulas formuladas foram de que a declividade ( $b_1$ ) não diferiria de 1 e que o intercepto ( $b_0$ ) não diferiria de zero. Tais hipóteses foram

testadas por meio do cálculo dos limites de confiança, a 95%, para os dois coeficientes. O programa estatístico adotado na análise de dados foi o Statistical Package for Social Sciences-SPSS (Nie et al., 1979).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores mínimos e máximos de micronutrientes extraídos pelos três métodos são apresentados no quadro 1. Comparando as faixas de valores obtidas, verificou-se que estão em concordância com os dados encontrados e citados por Ferreira & Cruz (1991) e Assumpção (1995) para vários solos brasileiros.

A solução de HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> foi a que extraiu as maiores quantidades dos quatro micronutrientes analisados (Quadro 2), o que é indicado pelas declividades médias acima de 1,0 e, no caso do cobre, pelo intercepto acima de 0,0. Em geral, o poder de extração para os extratores e micronutrientes obedeceu à seguinte ordem: (a) para Cu ⇒ HCl > DTPA-TEA > Mehlich-1; (b) para Zn ⇒ HCl > Mehlich-1 > DTPA-TEA; (c) Fe ⇒ HCl > DTPA-TEA > Mehlich-1; e (d) para Mn ⇒ HCl > Mehlich-1 > DTPA-TEA.

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais elevados foram obtidos, para os quatro elementos analisados, entre o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e o Mehlich-1. Tal comportamento deveu-se às características ácidas destes extratores que promoveram a solubilização tanto das formas lábeis quanto das formas não-lábeis dos micronutrientes (Bataglia & Raij, 1989).

A partir de algumas observações de Sims (1989) e Abreu et al. (1997), foram testadas, também, novas regressões pela exclusão dos dados referentes às amostras que apresentavam teores de Fe, Mn, Zn e Cu acima do limite de interesse agrônomo. Como o DTPA-TEA tem-se demonstrado melhor nas correlações entre os teores de Fe, Cu, Mn e Zn em solos e nas plantas (Abreu, 1995; Cantarella et al., 1998), resolveu-se adotar os limites das faixas de interpretação consideradas altas por Raij et al. (1996), os quais se basearam nos teores disponíveis dos micronutrientes estudados pelo referido extrator. Nesse sentido, todos os valores acima de 5, 5, 1,6 e

**Quadro 1. Teores mínimos e máximos (mg kg<sup>-1</sup>) dos micronutrientes extraídos pelas diferentes soluções extratoras**

Extrator	Cobre	Zinco	Ferro	Manganês
Mehlich-1 <sup>(1)</sup>	0,03-25,80	0,14-12,69	4,47-436,22	0,24-185,13
DTPA-TEA <sup>(2)</sup>	0,00-9,74	0,47-19,20	2,60-273,46	0,00-283,75
HCl 0,1 mol L <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	0,00-39,22	0,00-24,88	63,64-884,62	0,00-467,50

<sup>(1)</sup>Nelson et al. (1953). <sup>(2)</sup>Lindsay & Norvell (1978). <sup>(3)</sup>Nelson et al. (1959).

**Quadro 2. Declividades e interceptos da regressão linear ( $Y = b_0 + b_1X$ ) estimados entre os três tipos de extratores**

Y	X	Declividade ( $b_1$ )			Intercepto ( $b_0$ )			R <sup>2</sup>
		Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	
Cu <sup>(2)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	2,02	2,48	2,94	-0,58	-0,03	0,53	0,53
Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	3,80	3,91	4,01	-0,41	-0,29	-0,16	0,98
Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(2)</sup>	0,68	0,84	1,00	0,15	0,76	1,37	0,53
Zn <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	0,43	0,49	0,56	0,75	1,01	1,27	0,69
Zn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	1,22	1,37	1,52	-0,82	-0,21	0,40	0,76
Zn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(2)</sup>	1,78	2,10	2,42	-2,31	-1,37	-0,42	0,62
Fe <sup>(2)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	0,80	1,13	1,46	29,83	49,85	69,87	0,31
Fe <sup>(3)</sup>	Fe <sup>(1)</sup>	3,04	3,42	3,79	51,42	74,07	96,73	0,76
Fe <sup>(3)</sup>	Fe <sup>(2)</sup>	0,81	1,12	1,43	72,14	112,69	153,25	0,33
Mn <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	0,63	0,70	0,77	3,77	8,53	13,29	0,81
Mn <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	1,53	1,63	1,72	1,86	8,52	15,18	0,92
Mn <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	1,83	2,00	2,17	-9,22	0,82	10,87	0,84

(<sup>1</sup>) Mehlich-1. (<sup>2</sup>) DTPA-TEA. (<sup>3</sup>) HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>.

0,8 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para a extração de Fe, Mn, Zn e Cu, por DTPA-TEA, foram excluídos para a realização das novas regressões entre os três extratores. Analisando os resultados (Quadro 3), constatou-se que todos os r<sup>2</sup> diminuíram, corroborando com os dados obtidos por Sims (1989) e Abreu (1997). Desta forma, para o presente estudo, a aplicação de equações de conversão entre diferentes extratores não foi recomendável.

### Interpretação da análise de micronutrientes

Como as recomendações de adubação são, geralmente, orientadas pelos teores dos nutrientes determinados na análise do solo, resolveu-se avaliar os resultados das 103 amostras com base nos limites de interpretação em uso no Brasil, por não existir critério para o estado do Rio de Janeiro. Em princípio, os dados foram avaliados com respeito a cinco referências de literatura mais recentes (CFCS/SC, 1994; Raij et al., 1996; Abreu et al., 1997; Alvarez V. et al., 1999; EMBRAPA, 1999) e que contemplam os três tipos de extratores utilizados no presente estudo (Quadro 4). Destas, somente Alvarez V. et al. (1999) apresentaram mais do que três faixas de interpretação comuns, a saber: baixa, média e alta. Para fins de comparação, foram unidas as classes muito baixa e baixa em uma única classe (baixa), bem como as classes boa e alta em outra (alta).

#### Cobre

De maneira geral, verificou-se que, usando os limites de Raij et al. (1996), para o DTPA-TEA, encontrou-se uma maior frequência de dados na classe

média. Já com os limites de Abreu et al. (1997), EMBRAPA (1999) e Alvarez V. et al. (1999), para o Mehlich-1, observou-se que a maioria dos dados concentra-se na classe baixa. Com respeito aos limites da CFCS/SC (1994), para o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, a maioria dos dados está na classe alta. O evidente contraste desses resultados ressalta o grande problema oriundo da aplicação de classes de interpretação geradas em condições regionais diferentes das amostras analisadas.

#### Zinco

De maneira geral, todas as distribuições foram concordantes, apontando que a maioria dos resultados encontra-se na classe alta.

#### Manganês

Não houve níveis de interpretação para a extração com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> pela referência usada (CFCS, 1994). As outras também foram concordantes, indicando maior concentração de valores na classe alta.

#### Ferro

Não houve níveis de interpretação para a extração com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> pela referência usada (CFCS/SC, 1994) e, no caso da extração por Mehlich-1, só uma das referências faz a citação (Alvarez V. et al., 1999). Usando os limites de Raij et al. (1996), para o DTPA-TEA, encontrou-se maior frequência de dados na classe alta. Já com os limites de Alvarez V. et al. (1999), para o Mehlich-1, observou-se melhor distribuição equitativa dos dados por todas as três classes, embora cerca da metade deles esteja na classe alta.

**Quadro 3. Declividades e interceptos da regressão linear ( $Y = b_0 + b_1X$ ) estimados pelos três extratores em 85, 42 e 21 amostras para Cu, Zn e Mn, respectivamente**

Y	X	Declividade ( $b_1$ )			Intercepto ( $b_0$ )			R <sup>2</sup>
		Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	
Cu <sup>(2)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	1,77	5,14	8,52	-1,82	-0,70	0,42	0,10*
Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	2,43	3,00	3,57	-0,13	0,05	0,24	0,57*
Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(2)</sup>	0,01	0,06	0,11	0,71	0,86	1,00	0,07*
Zn <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	0,20	0,76	1,32	-0,03	0,61	1,25	0,16*
Zn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	1,22	2,34	3,46	-2,78	-1,50	-0,21	0,31*
Zn <sup>(3)</sup>	Zn <sup>(2)</sup>	0,01	0,68	1,35	-0,97	0,09	1,15	0,09*
Mn <sup>(2)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	-11,50	-2,46	6,57	-8,87	14,10	37,07	0,02 <sup>ns</sup>
Mn <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	1,29	1,76	2,22	-1,50	-0,32	0,86	0,77*
Mn <sup>(3)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	-0,06	-0,01	0,04	2,30	3,61	4,92	0,01 <sup>ns</sup>

(1) Mehlich-1. (2) DTPA-TEA. (3) HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. \*Significativo a P < 0,05 e <sup>ns</sup> não-significativo.

**Quadro 4. Distribuição (%) dos resultados analíticos (expressos em mg kg<sup>-1</sup>) das 103 amostras de solos do Rio de Janeiro, considerando algumas das classes de interpretação, baseadas nas extrações com DTPA-TEA, Mehlich-1 (M-1) e HCl, em uso no Brasil**

	DTPA <sup>(1)</sup>	%	M-1 <sup>(2)</sup>	%	HCl <sup>(3)</sup>	%	M-1 <sup>(4)</sup>	%
<b>Cobre</b>								
Baixo	≤ 0,2	20,4	≤ 0,4	63,1	< 0,15	5,8	< 0,8	82,5
Médio	0,3-0,8	50,5	0,5-0,8	21,4	0,15-0,40	9,7	0,8-1,2	10,7
Alto	> 0,8	29,1	> 0,8	15,5	> 0,40	84,5	> 1,2	6,8
<b>Zinco</b>								
Baixo	≤ 0,5	2,9	≤ 1,0	15,5	< 0,20	17,5	< 1,0	12,7
Médio	0,6-1,2	16,5	1,1-1,6	27,2	0,20-0,50	2,9	1,0-1,5	25,2
Alto	> 1,2	80,6	> 1,6	57,3	> 0,50	79,6	> 1,5	62,1
<b>Manganês</b>								
Baixo	≤ 1,2	1,9	≤ 1,9	10,7	--	--	< 6	23,3
Médio	1,3-5,0	22,3	2,0-5,0	12,6	--	--	6-8	11,7
Alto	> 5,0	75,7	> 5,0	76,7	--	--	> 8	65,0
<b>Ferro</b>								
Baixo	≤ 4	0,0	--	--	--	--	< 19	20,4
Médio	5-12	2,9	--	--	--	--	19-30	27,2
Alto	> 12	97,1	--	--	--	--	> 30	52,4

(1) Raij et al. (1996). (2) Galvão, citado por Abreu et al. (1997) e EMBRAPA (1999). (3) CFCS/SC (1994). (4) Adaptado de Alvarez V. et al. (1999).

## CONCLUSÕES

1. O extrator HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> foi o que apresentou maior capacidade de extração de Cu, Fe, Zn e Mn, quando comparado com o DTPA-TEA e o Mehlich-1.

2. Pelos resultados encontrados, verificou-se, para os diferentes extratores, o predomínio da faixa de disponibilidade alta para a maioria dos micronutrientes estudados, sendo exceção o cobre que apresentou predomínio da faixa de disponibilidade baixa.

3. Equações de conversão entre os teores dos diferentes extratores testados não apresentaram ajuste satisfatório, indicando que valores obtidos com um extrator não podem ser convertidos em valores estimados para outro extrator.

4. Faixas de interpretação, principalmente no caso do Cu e do Fe, desenvolvidas em outras regiões, de características edáficas bem diferentes das encontradas no estado do Rio de Janeiro, podem levar a sérios erros de diagnose da fertilidade quanto a esses elementos.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq-PIBIC, pela bolsa de Iniciação Científica concedida, e ao convênio entre a UFRRJ e a Embrapa-Solos, que permitiu o uso das 103 amostras estudadas.

## LITERATURA CITADA

- ABREU, C.A. Análise de solo para micronutrientes - Tema de reuniões de laboratórios. B. Inf. SBCS, 20:128-130, 1995.
- ABREU, C.A.; LOPES, A.S. & RAIJ, B. van. Análise de micronutrientes em solos brasileiros: situação atual e perspectiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 20p. (CD-ROM)
- ALVA, A.K. Comparison of Mehlich-3, Mehlich-1, ammonium bicarbonate-DTPA, 1.0M acetate and 0.2M ammonium chloride for extraction of calcium, magnesium, phosphorus and potassium for a wide range of soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 24:603-6012, 1993.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, 1999. p.25-32.
- ASSUMPÇÃO, J.C. Comparação dos extratores EDTA, DTPA e acetato de amônio (NH<sub>4</sub>Oac) com o extrator Mehlich na determinação de micronutrientes em solos tropicais. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 1995. 118p. (Tese de Mestrado)
- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. R. Bras. Ci. Solo, 13:205-212, 1989.
- CAMARGO, O.A. Micronutrientes no solo. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A.F., eds. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1988. p.103-120.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D. A análise de solo no Brasil: 1982-1989. B. Inf. SBCS, 13:96-112, 1994.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. & QUAGGIO, J.A. Soil and plant analyses for lime and fertilizer recommendations in Brazil. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 29:1691-1706, 1998.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-CFRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2.ed. Passo Fundo: Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- ECKERT, D.J. & WATSON, M.E. Integrating the Mehlich-3 extractant into existing soil test interpretation schemes. In: HOOD, T.M. & JONES Jr., J.B., eds. Soil and plant analysis in sustainable agriculture and environment. New York, Marcel Dekker, 1997. p.239-251.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000. Londrina, Embrapa Soja, 1999. 236p.
- FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, 1., Jaboticabal, 1988. Anais. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. 734p.
- FREIRE, L.R.; BLOISE, R.M.; MOREIRA, G.N.C. & EIRA, P.A. Análise química do solo. In: De-POLLI, H., coord. Manual de adubação para o Rio de Janeiro. Itaguaí, Universidade Rural, 1988. p.24-37.
- GARCÍA, A.; IORIO, A.F.; BARROS, M.; BARGIELA, M. & RENDINA, A. Comparison of soil tests to determine micronutrients status in Argentina soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 28:1777-1792, 1997.
- JONES, U.S. & PIHA, M. Evaluation of four test extractants for Zimbabwe soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 20:1857-1871, 1989.
- LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:421-428, 1978.
- MAMO, T.; RICHTER, C. & HEILIGTAG, B. Comparison of extractants for the determination of available phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium in some ethiopian and german soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 27:2197-2212, 1996.
- MILLER, J.C. & MILLER, J.N. Statistics for analytical chemistry. 3.ed. Chichester, Ellis Horwood, 1993. p.120-124.
- NELSON, J.L., BOAWN, L.C. & VIETS Jr., F.G. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and "titratable alkalinity" values. Soil Sci., 88:275-283, 1959.
- NELSON, W.L.; MEHLICH, A. & WINTERS, E. The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H. & NORMAN, A.G., eds. Soil and fertilizer phosphorus. New York, Academic Press, 1953. v.4, p.153-188.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINS, J.G.; STEINBRENNER, K. & BENT, D.H. Statistical package for the social sciences. 2.ed. Chicago, McGraw-Hill, 1979. 675p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.
- RIBEIRO, A.C. & SARABIA, T.W.A. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do triângulo mineiro. R. Bras. Ci. Solo, 8:85-89, 1984.
- SIMS, J.T. Comparison of Mehlich 1 and Mehlich 3 extractants for P, K, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn in Atlantic Coastal Plain Soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 20:1707-1726, 1989.
- WOLF, A.M. & BAKER, D.E. Comparisons of soil test phosphorus by Olsen, Bray P1, Mehlich-1 and Mehlich-3 methods. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 16:467-484, 1985.