

## MICRONUTRIENTES NOS SOLOS DO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL

Alcido Kirst<sup>1\*</sup>, Eduardo A. Lobo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química e Física – Universidade de Santa Cruz do Sul- Av Independência, 2293, 96815-900- Santa Cruz do Sul – RS - Brasil

<sup>2</sup>Departamento Biologia e Farmácia – Universidade de Santa Cruz do Sul- Av Independência, 2293, 96815-900- Santa Cruz do Sul – RS - Brasil

\*E-mail: [alcido@unisc.br](mailto:alcido@unisc.br)

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a fertilidade dos solos do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, em relação aos micronutrientes zinco, ferro, manganês, cobre e boro, baseado nos laudos técnicos de análise de solo realizados pelo Laboratório de Solos da Universidade de Santa Cruz do Sul, no período de 2001 a 2005. Ao todo, 3548 laudos de solo foram interpretados. As técnicas analíticas para a determinação destas variáveis seguiram a metodologia utilizada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e Tecido Vegetal do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS). Os resultados indicaram que a avaliação da fertilidade dos solos do município apresentou altas concentrações dos micronutrientes zinco, cobre, manganês e ferro e concentrações médias de boro, indicando adequadas condições de fertilidade para as culturas predominantes na região.

**Palavras-chave:** Solo. Fertilidade. Micronutrientes. Santa Cruz do Sul. RS.

### 1 Introdução

Dos dezessete elementos conhecidos como essenciais ao crescimento das plantas e dos microrganismos, oito são necessários em pequenas quantidades, os micronutrientes, a saber: zinco, ferro, manganês, cobre, boro, molibdênio, cobalto e cloro. Ainda não está bem esclarecida a função específica dos diversos micronutrientes, no entanto sabe-se que vários atuam nos sistemas enzimáticos dos vegetais. Por exemplo, cobre, ferro e molibdênio são “portadores de elétrons” em reações de oxidação-redução de vegetais. Molibdênio e manganês são essenciais a certas transformações do nitrogênio nos microrganismos e nos vegetais. O zinco toma parte na formação de alguns hormônios do crescimento e no processo de reprodução de certos vegetais. O cobre toma parte na fotossíntese e na respiração dos vegetais [1].

Em razão das pequenas quantidades exigidas pelas culturas, as deficiências de micronutrientes são as últimas que aparecem em solos cultivados originalmente férteis, todavia, a remoção pelas culturas reduz os teores no solo. Além disso, produtividades crescentes das culturas aceleram essas remoções. Cabe ressaltar que a aplicação de quantidades maiores de calcário do que há alguns anos, em diversas regiões, deverá tornar a maior parte dos micronutrientes menos disponíveis para as culturas. O quadro aponta, então, para um agravamento geral das deficiências de micronutrientes, tornando o conhecimento de seu comportamento em solos e plantas um dos mais importantes [2].

Os parâmetros que indicam os teores dos micronutrientes encontram-se na tabela 1 [3].

Tabela 1 - Interpretação dos teores de micronutrientes no solo.

Interpretação	Cobre	Zinco	Boro <sup>(1)</sup>	Manganês	Ferro
		mg L <sup>-1</sup>			g L <sup>-1</sup>
Baixo	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 2,5	-
Médio	0,2 – 0,4	0,2 – 0,5	0,1 – 0,3 <sup>(1)</sup>	2,5 – 5,0	-
Alto	> 0,4	> 0,5	> 0,3	> 5,0	> 5,0 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Para a cultura da videira o teor adequado de boro no solo varia de 0,6 a 1,0 mg L<sup>-1</sup>. Ver indicações específicas de adubação com boro (p. 277) para esta cultura [3].

<sup>(2)</sup> Este valor (5 g L<sup>-1</sup>) pode estar relacionado com a ocorrência de toxidez por ferro (“bronzamento”), que pode ocorrer em alguns cultivares de arroz irrigado.

As funções, mobilidade e formas de absorção dos micronutrientes nas plantas estão expressas na Tabela 2 [4].

Neste contexto, o objetivo principal desse trabalho foi avaliar o nível dos teores dos micronutrientes zinco, cobre, boro, ferro e manganês nos solos do município de Santa Cruz do Sul, RS, visando à avaliação da fertilidade dos solos de Santa Cruz do Sul em relação às principais culturas regionais como fumo, milho, mandioca e hortaliças em geral.



amostras de solo para determinação dos micronutrientes zinco, cobre, boro, manganês em  $\text{mg L}^{-1}$  e ferro em  $\text{g L}^{-1}$ .

Os resultados para os micronutrientes zinco, cobre, boro, manganês e ferro podem ser observados nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7. As Figuras 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam histogramas com valores médios e desvio-padrão para zinco, cobre, boro, manganês e ferro, comparando os resultados obtidos com os padrões de fertilidade do solo estabelecidos pela SBCS – CQFS [3].

### 3.1 A presença de zinco

Na tabela 3 e na figura 2 observa-se que  $1,3 \pm 1,9 \%$  dos 3548 solos analisados no período de 2001 a 2005 apresentam baixo teor de zinco, enquanto  $9,4 \pm 2,5 \%$  e  $89,3 \pm 4,2\%$  dos solos, respectivamente, apresentam disponibilidade média e alta.

As informações de pesquisas realizadas nos últimos anos indicam que a maioria dos solos do Rio Grande do Sul apresenta disponibilidade adequada de micronutrientes, não tendo havido incremento no rendimento das culturas com a aplicação dos mesmos [3].

Os teores adequados de micronutrientes para as culturas em geral são os teores médio e alto (AFUBRA, Comissão Técnica, Com. Pess.).

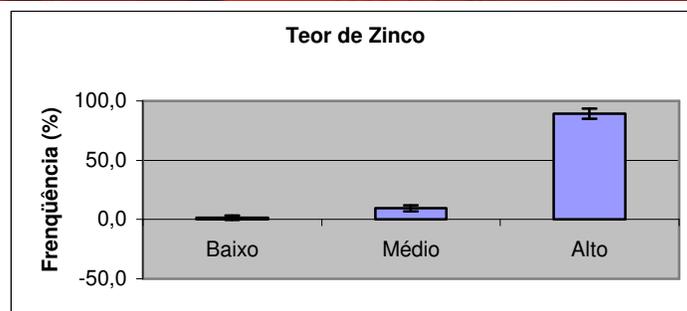
Portanto, nesta pesquisa constatou-se que  $98,7 \%$  dos solos analisados não necessitariam do acréscimo de zinco para que o rendimento das culturas fosse otimizado.

**Tabela 3** - Frequências percentuais (%) para os valores de zinco, ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo ( $< 0,20$ ), médio ( $0,20 - 0,50$ ) e alto ( $> 0,50$ ), obtidas no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Ano	Baixo	Médio	Alto	Nº de Análises
2001	4,7	13,1	82,2	344
2002	0,5	9,2	90,3	782
2003	0,2	6,4	93,4	818
2004	0,6	10,1	89,3	900
2005	0,7	8,1	91,2	704
Média	1,3	9,4	89,3	-
Desvio Padrão	1,9	2,5	4,2	-

### 3.2 A presença de cobre

Na Tabela 4 e na Figura 5, apresentam-se os resultados referentes ao micronutriente cobre. Verificou-se que na classe de disponibilidade baixo ( $< 0,15 \text{ mg L}^{-1}$ ) classificaram-se  $6,9 \pm 8,3 \%$  das amostras de solos de Santa Cruz do Sul, enquanto  $17,4 \pm 8,7\%$  e  $75,7 \pm 16,6\%$  dos solos, respectivamente, apresentam disponibilidade média e alta na série temporal 2001 a 2005.

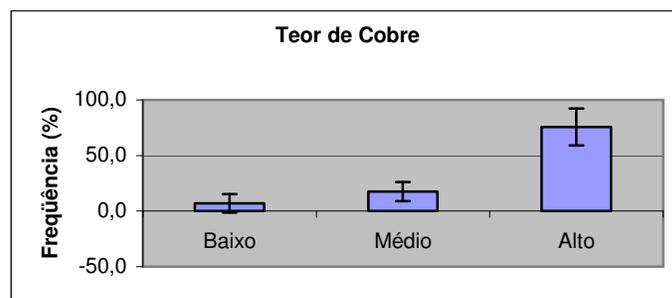


**Figura 2** - Histogramas dos valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de zinco ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo ( $< 0,20$ ), médio ( $0,20 - 0,50$ ) e alto ( $> 0,50$ ), obtidos no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Considerando-se como suficientes para as culturas os teores médio e alto, constatou-se que  $93,1 \%$  dos solos analisados não necessitariam de acréscimo de cobre para que houvesse um rendimento maior das culturas. Contudo, considerando que o desvio padrão  $8,3$  na classe de disponibilidade baixo é significativo, (Coeficiente de Variação =  $120,3 \%$ ), pode-se afirmar que até  $15,2 \%$  dos solos teriam necessidade de acréscimo de cobre para que seus rendimentos fossem incrementados.

**Tabela 4** - Frequências percentuais (%) para os valores de cobre ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo ( $< 0,15$ ), médio ( $0,15 - 0,40$ ) e alto ( $> 0,40$ ), obtidas no levantamento de 2001 a 2005, para os solos Santa Cruz do Sul.

Ano	Baixo	Médio	Alto	Nº de Análises
2001	6,1	14,2	79,7	344
2002	21,4	31,3	47,3	782
2003	0,5	10,5	89	818
2004	3,1	20	76,9	900
2005	3,6	10,8	85,6	704
Média	6,9	17,4	75,7	-
Desvio Padrão	8,3	8,7	16,6	-



**Figura 3** - Histogramas dos valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de cobre ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo ( $< 0,15$ ), médio ( $0,15 - 0,40$ ) e alto

(> 0,40), obtidos no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

### 3.3 A presença do boro

Os resultados para o micronutriente boro apresentam-se na Tabela 5 e na Figura 4. Este nutriente está com disponibilidade média nos solos analisados, pois em  $67,0 \pm 12,3$  % dos mesmos ele está entre  $0,1$  a  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Do total de solos,  $32,8 \pm 12,5$  % possuem nível de disponibilidade alto, maior do que  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ .

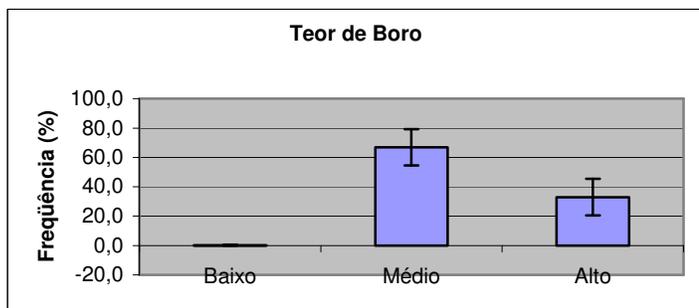
O teor disponível de boro no solo oscila numa amplitude de  $0,1$  a  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ , e resulta quase que totalmente da mineralização da matéria orgânica. Concentrações entre  $0,1$  e  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$  são consideradas insuficientes para o desenvolvimento normal das plantas e concentrações variando de  $1,0$  a  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$  são tóxicas às plantas [7].

Pelos resultados obtidos, verifica-se, que  $67,2$  % dos solos necessitariam de adubação com o micronutriente boro, pois, esta porcentagem de solos apresenta menos de  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ .

Para a cultura da videira, em especial, a SBSC – CQFS [3] estabelece que o teor adequado de boro no solo seja de  $0,6$  a  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ .

**Tabela 5.** Freqüências percentuais (%) para os valores de boro ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo (< 0,1), médio (0,1 – 0,3) e alto (> 0,3), obtidas no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Ano	Baixo	Médio	Alto	Nº de Análises
2001	0	64,8	35,2	344
2002	0,9	71,6	27,5	782
2003	0	46,6	53,4	818
2004	0,1	72,2	22,7	900
2005	0,1	74,9	25	704
Média	0,2	67,0	32,8	-
Desvio Padrão	0,4	12,3	12,5	-



**Figura 4.** Histogramas dos valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de boro ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo (< 0,1), médio (0,1 – 0,3) e alto (> 0,3), obtidos no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

### 3.4 Presença do Manganês

Os resultados para o micronutriente manganês apresentam-se na Tabela 6 e na Figura 5. Este nutriente está com disponibilidade baixa em  $16,5 \pm 6,5$  % dos solos analisados e, respectivamente  $16,9 \pm 6,4$  e  $66,6 \pm 7,0$ , com disponibilidade média e alta.

Considerando que os teores médio e alto são adequados para o bom rendimento da maioria dos cultivares, pode-se afirmar que  $16,9$  % dos solos analisados necessitariam de manganês.

Segundo a Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato – ABPPF [8], para aumentar a disponibilidade de manganês para as plantas pode ser aplicado ao solo qualquer composto altamente solúvel. Entretanto, não é possível, para todos os solos, aumentar de modo significativo o teor de manganês trocável pela aplicação de compostos de manganês. Isto porque o  $\text{Mn}^{2+}$  aplicado é rapidamente oxidado para  $\text{Mn}^{4+}$  e precipitado como óxido. Para evitar a oxidação e a precipitação imediata do manganês, o elemento pode ser aplicado na forma de quelato. Todavia, devido ao alto preço dos fertilizantes quelados, para disponibilizar o manganês, pode ser tentado a adequação do pH pela calagem, o controle do potencial redox pela irrigação ou drenagem e o aumento da matéria orgânica<sup>8</sup>.

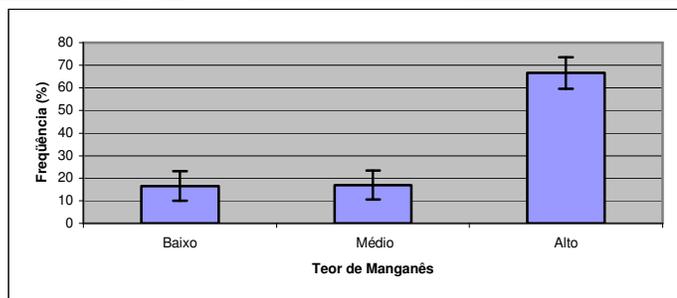
**Tabela 6.** Freqüências percentuais (%) para os valores de manganês, ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo (< 2,5), médio (2,5 – 5,0) e alto (> 5,0), obtidas no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Ano	Baixo	Médio	Alto	Nº de Análises
2001	25,3	9,9	64,8	344
2002	10,2	26,5	63,3	782
2003	13,6	12,7	73,7	817
2004	21,3	22,6	56,1	900
2005	11,9	13,2	74,9	704
Média	16,5	16,9	66,6	-
Desvio Padrão	6,5	6,4	7,0	-

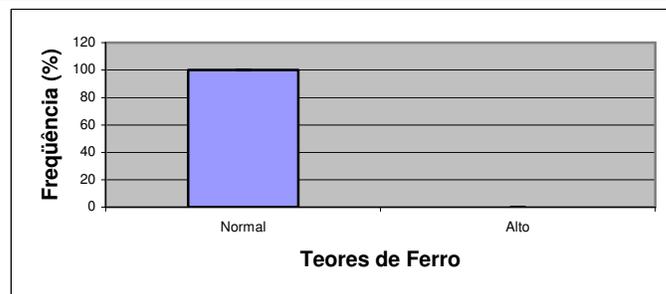
### 3.5 Presença do Ferro

Na Tabela 7 e na Figura 6, apresentam-se os resultados referentes ao micronutriente ferro. Verificou-se que  $100$  % dos solos analisados apresentaram teor de ferro menor do que  $5 \text{ g L}^{-1}$ .

Segundo a SBSC – CQFS<sup>3</sup>, um valor maior do que  $5 \text{ g L}^{-1}$  pode estar relacionado com a ocorrência de toxidez por ferro (“bronzamento”), que pode ocorrer em alguns cultivares de arroz irrigado.



**Figura 5.** Histogramas dos valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de cobre ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade baixo (< 2,5), médio (2,5 – 5,0) e alto (> 5,0), obtidos no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.



**Figura 6.** Histogramas dos valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de ferro ( $\text{g L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade normal (< 5,0) e alto (> 5,0), obtidos no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Apesar dos teores totais elevados, as deficiências nas plantas não são raras. Geralmente ocorrem em função da menor disponibilidade provocada pela elevação de pH ou pela presença em quantidades excessivas de fósforo ou metais pesados como cobre, manganês e outros.

Em solos inundados ou submetidos a períodos de encharcamento a redução do  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  pode induzir a toxicidade. Em arroz, pode comprometer seriamente a produção pelo excessivo acúmulo na planta, deprimindo a absorção de outros nutrientes.

O controle da deficiência de ferro é mais efetivo quando se corrigem as suas causas. O uso de quelatos de ferro é mais eficiente do que o de sais ferrosos quando o controle é feito através da aplicação no solo. A pulverização das plantas pode ser feita também com sais ferrosos [8].

**Tabela 7.** Frequências percentuais (%) para os valores de Ferro, ( $\text{g L}^{-1}$ ), nas classes de disponibilidade normal<sup>(1)</sup> (< 5,0) e alto<sup>(2)</sup> (> 5,0), obtidas no levantamento de 2001 a 2005, para os solos de Santa Cruz do Sul.

Ano	Normal	Alto	Nº de Análises
2001	100	0	344
2002	100	0	782
2003	100	0	817
2004	100	0	900
2005	100	0	571
Média	100	0	-
Desvio Padrão	0	0	-

Obs.: <sup>(1)</sup> A SBCS – CQFS<sup>3</sup> não utiliza a terminologia “normal”, contudo, neste trabalho ela foi usada para concentrações de ferro menores do que  $5,0 \text{ g L}^{-1}$ .

<sup>(2)</sup> Conforme a SBCS – CQFS<sup>3</sup> concentrações maiores do que  $5,0 \text{ g L}^{-1}$  de ferro, podem estar relacionadas com a ocorrência de toxidez por ferro (“bronzamento”), que pode ocorrer em alguns cultivares de arroz irrigado.

#### 4 Considerações finais

O presente trabalho demonstra que os teores dos micronutrientes nos solos do município de Santa Cruz do Sul apresentam concentrações semelhantes aos do estado do Rio Grande do Sul. Com exceção do boro, os demais micronutrientes (cobre, zinco, ferro e manganês) apresentam teores elevados na maioria dos solos analisados.

Estes resultados indicam que os teores dos micronutrientes cobre, zinco, ferro e manganês, nos solos do município de Santa Cruz do Sul, estão em níveis adequados para que as principais culturas regionais (fumo, feijão, soja, milho, mandioca, arroz e hortaliças em geral) tenham rendimentos satisfatórios. Teores adequados de micronutrientes, por si só, não garantem o rendimento das culturas em geral, já que aumento da disponibilidade de um ou mais nutrientes no solo pode afetar a absorção de outros, processo chamado de interação. Para que este rendimento ocorra, os macronutrientes e o pH também devem estar em níveis adequados, como também os tratos culturais precisam ser corretos[4].

Como na metodologia analítica utilizada pela ROLAS os valores altos são expressos por um valor maior do que, assim  $\text{Cu} > 0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Zn} > 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{B} > 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Mn} > 5,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Fe} > 5,0 \text{ g L}^{-1}$ , e os teores baixos por um valor menor do que, assim  $\text{Cu} < 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{Zn} < 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{B} < 0,1 \text{ mg L}^{-1}$  e  $\text{Mn} < 2,5 \text{ mg L}^{-1}$  é provável que ocorram solos com níveis altos de teores de micronutrientes, a ponto de se tornarem tóxicos às plantas e solos com deficiência de micronutrientes. Neste contexto, estudos foram feitos para selecionar ou criar cultivares com capacidade de se desenvolverem satisfatoriamente em condições de solos que normalmente apresentam baixa ou excessiva disponibilidade de micronutrientes. Por exemplo, a alfafa é extremamente sensível à deficiência de boro, enquanto a soja é sensível à toxidez. São conhecidas linhagens e cultivares de soja, milho e arroz tolerantes à deficiência de ferro, assim como há cultivares de trigo que são tolerantes à teores de manganês e no entanto estes mesmos teores são tóxicos para leguminosas (soja) [4].

---

## MICRONUTRIENTS IN THE SOILS OF SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRAZIL.

**ABSTRACT:** The main aim of the present research was to assess the fertility of the soils in the Santa Cruz do Sul county, RS, Brazil, with reference to the micronutrients zinc, iron, manganese, copper and boron. Based on the soil technical reports carried out by the Soil Laboratory of the University of Santa Cruz do Sul, from 2001 to 2005. In all, 3548 reports were interpreted. The analytical techniques for determining such variables followed the methodology utilized by the Official Chain of Plant Tissue and Soil Analyses Laboratories of the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina (ROLAS). The results showed that the assessment of the fertility of the county's soils presented high concentrations of zinc, iron, manganese and copper, but medium concentration of boron, indicating adequate conditions of fertility for the most important cultures of the region.

**Keywords:** Soil. Fertility. Micronutrients. Santa Cruz do Sul. RS.

---

### Referências

- [1] BRADY, C. N.; *Natureza e Propriedades dos Solos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 898 p, **1989**.
- [2] RAIJ, B. van.; *Fertilidade do Solo e Adubação*. Piracicaba: Ceres, 343 p. **1991**.
- [3] SBCS – CQES (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão Química de Fertilidade do Solo). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10ª ed. Porto Alegre, 400 p, **2004**.
- [4] BISSANI C. A. ; GIANELLO C. ; TEDESCO M. J. ; CAMARGO F. A. O.; *Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas*. 1ª ed. Porto Alegre: Gênese, 328 p, **2004**.
- [5] TEDESCO, M. J. *et al.*; *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 174 p, **1995**.
- [6] JOHNSON, R.; BHATTCHARYYA, G.; *Statistics. Principles and Methods*. New York: Wiley & Sons, 578 p. **1986**.
- [7] CASAGRANDE, J. C.; *O boro em solos do município de Piracicaba*. Piracicaba, **1978**. 122 p. (Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”).
- [8] ABPPF (Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato). *Micronutrientes na Agricultura*. CNPq. Piracicaba, SP. 265 p. **1991**.