

**DISPONIBILIDADE DE  
BORO EM SOLOS DO TRÓPICO  
ÚMIDO BRASILEIRO**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**Presidente**

**Fernando Henrique Cardoso**

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**

**Ministro**

**Marcus Vinicius Pratini de Moraes**

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**Presidente**

**Alberto Duque Portugal**

**Diretores**

**Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres**

**Chefia da Embrapa Amazônia Oriental**

**Emanuel Adilson Souza Serrão - Chefe Geral  
Jorge Alberto Gazel Yared - Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha - Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio  
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene - Chefe Adjunto de Administração**

**DISPONIBILIDADE DE  
BORO EM SOLOS DO TRÓPICO  
ÚMIDO BRASILEIRO**

Raimundo Freire de Oliveira  
Ramenda Singh  
Emmanuel de Souza Cruz



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Telefones: (91) 276-6653, 276-6333  
Fax: (91) 276-9845  
e-mail: [cpatu@cpatu.embrapa.br](mailto:cpatu@cpatu.embrapa.br)

Caixa Postal, 48  
66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

#### Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente	Joaquim Ivanir Gomes
Antonio de Brito Silva	Maria do Socorro Padilha de Oliveira
Antonio Pedro da S. Souza Filho	Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva
Expedito Ubirajara Peixoto Galvão	

#### Revisores Técnicos

Moacyr Bernardino Dias Filho – Embrapa Amazônia Oriental  
Paulo Fernando da Silva Martins – FCAP  
Waldemar de Almeida Ferreira – Embrapa Amazônia Oriental

#### Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira  
Normalização: Célia Maria Lopes Pereira  
Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em Inglês)  
Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

OLIVEIRA, R.F. de; SINGH, R.; CRUZ, E. de S. **Disponibilidade de boro em solos do trópico úmido brasileiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 21p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 11).

ISSN 1517-2228

1. Solo – Teor de boro – Brasil – Trópico Úmido. 2. Propriedade físico-química do solo. I. Singh, R., colab. II. Cruz, E. de S., colab. III. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). IV. Título. V. Série.

CDD: 631.41

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>19</b>



## INTRODUÇÃO

Muito embora os micronutrientes sejam requeridos pelas plantas em quantidades relativamente pequenas, a literatura é fértil de registros onde esses nutrientes aparecem limitando o rendimento de diversas culturas. No caso particular do boro, pesquisas desenvolvidas no Brasil têm evidenciado respostas à aplicação deste nutriente para soja perene em Latossolo Vermelho-Escuro (França et al. 1973) e Areia Quartzosa (Casagrande et al. 1982); cafeeiro em Latossolo Roxo Distrófico e Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (Correa et al. 1985); trigo em Latossolo Vermelho-Amarelo (Silva & Andrade, 1983); tomateiro em Latossolo Vermelho-Escuro (Magalhães et al. 1981).

Outros trabalhos, entretanto, têm mostrado áreas consideráveis onde o boro não deve se apresentar como limitante para as plantas, como no caso do levantamento feito no Estado de Pernambuco por Horowitz & Dantas (1973), com base em análise de solo.

A região do trópico úmido brasileiro é ainda bastante carente em termos de pesquisas com micronutrientes, e a disponibilidade de boro nos solos se constitui numa incógnita. Entretanto, nessa região, sintomas de deficiência de boro têm sido observados em plantas de dendê, tanto em solos de baixa fertilidade quanto naqueles considerados férteis como a Terra Roxa Estruturada (observação pessoal dos autores). Para prevenção dessa deficiência em Latossolo Amarelo, um programa de adubação para a cultura do dendezeiro, apresentado por Müller (1980), inclui a aplicação de bórax a partir do segundo ano de cultivo.

O diagnóstico da deficiência de boro no solo pode ser efetuado tanto por métodos biológicos (Colwel, 1943; Casagrande, 1981), quanto pela análise química do solo, considerada mais prática e de menor custo.

O extrator mais utilizado na avaliação do teor de boro disponível do solo é a água fervendo, cujo método tem sido usado em vários trabalhos (Dible et al. 1954; Gupta, 1968; Catani et al. 1970; Cruz & Ferreira, 1984). A extração de boro tem sido feita também, com sucesso, com o uso de soluções ácidas, de  $H_2SO_4$ , a 0,05 N e de  $CH_3COOH$ , a 0,05 N (Catani et al. 1970), ou alcalinas, de  $CaCl_2$ , a 0,1% (Cruz & Ferreira, 1984) e de acetato de sódio, a 10% e a pH 4,8 (Wolf, 1971).

Para a determinação tem sido utilizada, com mais freqüência, a curcumina, muito embora a azometina-H seja apontada por Wolf (1971) como a mais eficiente, principalmente em solos com elevado teor de nitrato, onde as determinações com o uso da curcumina superestimam o teor de boro.

Este trabalho teve por objetivo determinar a disponibilidade de boro em diferentes classes de solo da região do trópico úmido brasileiro, bem como as interações entre os teores de boro e as características físicas e químicas capazes de influir nessa disponibilidade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os solos utilizados nesta pesquisa são representativos de seis classes predominantes no trópico úmido brasileiro: Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Terra Roxa Estruturada (TE), Gleia Pouco Húmico (GPH) e Solo Aluvial (AL). Foram consideradas amostras da camada superficial (0 ~ 15cm) e da subjacente (~ 15 - 60cm), coletadas também para estudos da disponibilidade de outros micronutrientes (Singh & Moller, 1984).



As características físicas e químicas desses solos foram determinadas pelos métodos citados por Singh & Möller (1984), enquanto os tipos climáticos nas áreas de ocorrência estão registrados em trabalho de Singh (1984a).

O boro solúvel foi extraído através de dois métodos. Utilizando-se água fervendo, seguido dos procedimentos gerais descritos por Dible et al. (1954), com algumas modificações: 25g de solo + 50ml de água + 0,5g de carvão ativado, em erlenmeyer de 125ml (Pirex); determinação do peso inicial deste conjunto; fervura durante cinco minutos, com agitação manual intermitente; repouso à temperatura durante cinco minutos; adição de cinco gotas de HCl 5N; adição de água até peso inicial; e filtração imediata (papel Whatman nº 42). Foi extraído também, com o uso da Solução Extratora Universal de Morgan (Wolf 1971): 10g de solo + 20ml de acetato de sódio a 10% (pH 4,8) + 0,8g de carvão ativado, em frasco de plástico; agitação por cinco minutos; e, filtração (papel Whatman nº 42).

Nos dois casos, o boro foi determinado colorimetricamente, utilizando-se a reação do elemento com a azometina - H, conforme o método proposto por Wolf (1971). O aparelho foi aferido utilizando-se sempre uma prova em branco.

Tanto para a extração quanto para o preparo das soluções, foi utilizada água destilada tratada com carvão ativado: 10ml de água + 5ml de carvão, em recipiente de plástico; agitação manual; filtração em kitasato (papel Whatman nº 42); e armazenagem em recipiente de plástico.

Os resultados foram analisados estatisticamente pelos coeficientes de correlação simples e análise de regressão linear passo a passo, de acordo com a metodologia descrita por Draper & Smith (1981).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analíticos referentes às propriedades físicas e químicas estudadas dos solos utilizados constam da Tabela 1. Na camada superficial, a textura desses solos variou de areia a muito argilosa, com teores de argila oscilando de 60% a 800% g/kg, enquanto a reação variou de fortemente a moderadamente ácido ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 3,6$  a 6,3). Os teores de carbono orgânico, mesmo na camada superficial apresentaram-se quase sempre baixos, variando de 3,7% a 32,6%. Com algumas exceções, os solos apresentaram baixos valores de CTC (2,16 a 161,5 mmol<sub>e</sub>/kg) e de soma de bases (2,1 a 85,4 mmol<sub>e</sub>/kg), ao passo que na maioria, a saturação de bases ficou bem abaixo de 50% (3 a 82%).

Na Tabela 1 também são apresentados os dados referentes aos teores de boro solúvel extraído por água fervendo e pelo extrator de Morgan. Esses dados permitem observar que as quantidades extraídas de boro por água fervendo foram maiores, correspondendo, aproximadamente, ao dobro das quantidades extraídas pela solução de Morgan. Catani et al. (1970) utilizando soluções ácidas, e Cruz & Ferreira (1984) usando soluções ácidas e básicas, também constataram que essas soluções extraíram menores quantidades de boro do que pelo método convencional da água fervendo. Este comportamento da água fervendo, como extrator de boro no solo, foi também mais recentemente constatado por Silva & Ferreyra (1998), ao utilizarem 29 amostras de solo coletadas na camada superficial (0 - 20cm) de unidades representativas de diversas classes de solos do Estado do Ceará.

Considerando-se os dados das duas camadas de solo, o boro variou de 0,09 a 0,39 mg/kg e de 0,12 a 1,45 mg/kg, quando extraído pela solução de Morgan e por água fervendo, respectivamente. Não obstante, a diferença de capacidade de extração entre esses dois extratores, foram verificadas correlações significativas entre as quantidades de boro extraídas por ambos, tanto na camada superficial ( $r = 0,53^{**}$ ), quanto na subjacente ( $r = 0,54^{**}$ ), como pode ser visto nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 1. Caracterização física e química de solos representativos do trópico úmido brasileiro e teores de boro solúvel extraído por água fervendo e pelo extrator de Morgan.

Local	Prof. (cm)	Textura	pH (1:1)		C org.	Argila	S	CTC	V	Boro solúvel	
			H <sub>2</sub> O	KCl						Morgan	H <sub>2</sub> O fervendo
					g/kg	mmol/kg		%	mg/kg		
					Podzólico Vermelho-Amarelo						
Capitão Poço - PA	0-15	Franco arenoso	5,95	5,20	10,8	190	28,6	55,0	52	0,34	0,42
	15-60	Argilo arenoso	5,15	4,10	3,2	410	4,0	38,7	10	0,16	0,28
Tracuateua - PA	0-15	Franco arenoso	5,00	3,95	5,8	140	3,6	43,2	8	0,13	0,27
	15-60	Franco arenoso	5,20	4,10	2,9	180	1,5	31,2	5	0,15	0,19
Altamira - PA	0-15	Areia franca	5,30	4,45	5,2	130	9,7	32,8	30	0,13	0,25
	15-30	Franco argilo arenoso	4,75	3,95	4,4	260	3,2	29,6	11	0,17	0,29
Tomé-Açu - PA	0-15	Franco argilo arenoso	5,40	4,55	8,4	290	16,4	44,5	37	0,13	0,36
	15-30	Argilo arenoso	5,15	4,25	5,1	390	9,8	36,2	27	0,18	0,35
Igarapé-Açu - PA	0-15	Areia franca	5,50	4,65	6,0	70	11,6	35,1	33	0,15	0,30
	15-30	Franco arenoso	4,85	4,05	4,2	170	5,5	31,9	17	0,14	0,30
Santa Izabel - PA	0-15	Franco argilo siltoso	5,60	4,65	6,9	60	13,3	43,0	31	0,14	0,21
	15-30	Franco argilo siltoso	5,15	4,35	5,7	120	8,2	37,9	22	0,15	0,21
Mazagão - AP	0-15	Argila	4,10	3,75	24,2	490	11,3	140,0	8	0,19	0,70
	15-30	Argila	4,50	3,90	14,1	570	5,8	93,3	6	0,17	0,56
Boa Vista - RR	0-15	Franco argiloso	6,00	5,30	11,0	340	51,4	76,2	67	0,15	0,50
	15-30	Argila	4,90	4,40	5,2	480	22,9	55,9	41	0,11	0,27
Rio Branco - AC	0-10	Franco siltoso	5,40	5,30	8,5	140	60,2	80,0	75	0,13	0,18
	10-20	Franco	4,30	3,90	2,5	190	9,6	39,3	24	0,16	0,14
Ouro Preto do Oeste - RO	0-10	Franco arenoso	6,40	6,10	6,6	180	45,2	55,1	82	0,25	0,40
	10-20	Franco argilo arenoso	4,70	4,50	3,1	240	8,7	26,9	32	0,15	0,33
					Latossolo Amarelo						
Macapá - AP	0-15	Franco argilo arenoso	5,00	4,20	7,0	230	4,3	32,3	13	0,11	0,27
	15-30	Franco argilo arenoso	5,55	4,45	4,5	250	2,9	22,7	13	0,10	0,19
Boa Vista - RR	0-10	Franco argilo arenoso	4,80	4,00	4,3	210	8,0	27,8	43	0,11	0,19
	10-25	Franco argilo arenoso	4,90	4,30	2,8	250	1,9	13,5	14	0,11	0,14
Castanhal - PA	0-10	Areia franca	3,70	3,20	9,4	100	2,0	34,5	4	0,13	0,74
	10-20	Franco arenoso	4,00	3,60	5,4	100	1,3	31,2	3	0,31	1,45

Continua...

TABELA 1. ...Continuação.

Local	Prof. (cm)	Textura	pH (1:1)		C org	Argila	S	CTC	V	Boro solúvel	
			H <sub>2</sub> O	KCl						Morgan	H <sub>2</sub> O fervendo
			g/kg			mmol/kg			mg/kg		
Manaus - AM	0-10	Muito argiloso	3,60	3,40	32,8	780	4,7	161,5	3	0,31	1,45
	10-20	Muito argiloso	4,30	3,90	10,1	810	1,4	62,5	2	0,19	0,65
Tapajós	0-15	Muito argiloso	5,20	4,60	13,7	800	6,9	76,2	9	0,16	0,68
		Muito argiloso	4,30	3,60	8,6	870	3,2	59,3	5	0,20	0,43
Tracuateua - PA	0-12	Areia	3,70	3,70	5,4	60	2,1	21,6	10	0,11	0,45
	12-20	Areia franca	3,70	3,70	3,5	90	0,9	21,1	4	0,12	0,47
Belém - PA	0-10	Areia franca	4,60	3,60	8,8	110	2,7	30,8	9	0,28	0,26
	10-20	Franco arenoso	4,50	3,80	4,9	170	5,6	46,9	12	0,15	0,19
Belém - PA	0-10	Areia franca	4,40	3,70	7,7	90	5,6	46,9	12	0,15	0,22
	10-20	Areia franca	4,60	3,80	5,5	100	5,5	40,2	14	0,10	0,20
Terra Roxa Estruturada											
Altamira - PA	0-15	Muito argiloso	4,90	4,50	13,7	670	27,7	75,6	37	0,15	0,55
	15-60	Muito argiloso	5,45	5,25	4,5	730	9,6	31,1	31	0,20	0,27
Altamira - PA	0-15	Muito argiloso	6,30	5,70	9,0	610	54,2	77,3	70	0,24	0,55
	15-80	Muito argiloso	6,70	6,30	3,4	670	29,3	42,5	69	0,28	0,32
Latossolo Vermelho-Amarelo											
Altamira - PA	0-10	Franco argilo arenoso	5,10	3,85	5,5	280	6,0	63,9	11	0,12	0,24
	10-60	Franco argilo arenoso	4,95	3,80	4,6	310	4,8	54,3	9	0,15	0,21
Boa Vista - RR	0-25	Franco argilo siltoso	5,40	4,40	3,7	370	14,3	35,8	40	0,12	0,17
	25-35	Argila	5,50	4,70	3,4	420	12,8	29,3	44	0,09	0,12
Boa Vista - RR	0-10	Franco argilo arenoso	5,30	4,20	4,0	230	5,1	21,6	24	0,11	0,18
	10-30	Franco argilo arenoso	5,10	4,20	2,5	280	7,9	27,7	28	0,12	0,16
Gleia Pouco Húmico											
Santa Izabel - PA	0-15	Franco argilo siltoso	4,30	3,40	14,1	300	22,3	121,3	18	0,25	0,61
	15-30	Franco argilo siltoso	4,30	3,40	7,2	390	54,8	134,0	41	0,20	0,42
Mazegão - AP	0-20	Franco siltoso	5,20	4,10	9,5	220	85,4	133,3	64	0,12	0,35
	20-40	Franco siltoso	5,60	4,05	3,7	130	79,4	107,5	74	0,14	0,24
Santa Izabel - PA	0-15	Franco siltoso	4,30	3,40	17,8	250	25,3	124,3	20	0,27	0,70
	15-30	Franco argilo siltoso	4,50	3,20	11,4	280	21,9	91,2	24	0,22	0,56
Aluvial											
Boa Vista - RR	0-15	Franco	4,70	3,80	6,1	140	3,4	31,4	11	0,13	0,42
	15-30	Franco	4,50	3,80	2,8	240	2,3	35,3	7	0,14	0,33

org = orgânico.

















