

EFICIÊNCIA DE QUATRO EXTRATORES QUÍMICOS NA  
AVALIAÇÃO DO MANGANÊS EM SOLOS DO ESTADO DO  
CEARÁ

C-369209

HÉLIO LIMA SANTOS




DISSERTAÇÃO APRESENTADA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

T  
631.4  
S235e  
1997  
ex. 1

BCT/UFC CATIVO

UFC/BU/BCT 01/10/1997



R647110 Eficiência de quatro extratores  
C369209 químicos  
T631.4 S235e

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S235e Santos, Hélio Lima.

Eficiência de quatro extratores químicos na avaliação do manganês em solos do Estado do Ceará. / Hélio Lima Santos. – 1997.

61 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 1997.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez.

1. Ciência do solo. I. Título.

CDD 631.4

---



Esta Dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

—  
Hélio Lima Santos

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 09/08/97

-----  
Prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Dr  
Orientador da Dissertação

Prof. Boanerges Freire de Aquino, PhD

Profª Vera Lúcia Baima Fernandes, M. Sc.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, ser supremo, pai da humanidade, pela força a mim concedida, aumentando minha fé e confiança para trilhar com êxito os caminhos que me conduziram na realização deste trabalho;

Aos meus pais Cornélio e Antonia e aos meus irmãos, pelo afeto familiar, sempre buscando dar uma palavra de força;

Aos meus sogros Mário e Luiza e aos meus cunhados, pelo apoio e incentivo;

À família Martins Florêncio, pela acolhida, carinho, atenção e compreensão durante todos esses anos e, em especial, ao primo/irmão Hermenegildo Junior, amigo de todas as horas;

Ao Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, pela calma, paciência, compreensão, dedicação na condução deste trabalho; professor, mestre e amigo inesquecível;

Ao Prof. Boanerges Freire de Aquino e à prof<sup>a</sup> Vera Lúcia Baima Fernandes, pela colaboração, sugestões e críticas apresentadas;

À CAPES/CNPq, pela concessão de bolsa de estudo no período de realização do curso;

À Coordenação do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará;

À Universidade Federal do Piauí/Departamento de Planejamento Política Agrícola, pelo apoio e confiança em mim depositados;

Aos colegas de turma, em especial a Verônica Rocha Lima, amiga e irmã nos momentos felizes e angustiantes e a todos do Departamento de Solos pelo amigável convívio e incessante apoio durante esse tempo, especialmente a Fátima Rego e Georgia Brandão, amigas dedicadas;

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

Ao padrinho ANTONIO EVASTO (em memória), sempre ao meu lado, apoiando, incentivando com sua presença constante, mostrando os caminhos, que apesar de difíceis, são quem nos levam a um promissor futuro.

À minha esposa IZABEL e aos meus filhos MAXWELLMA, THIAGO e RAPHAEL, razão de uma força maior, compreensivos nos momentos mais difíceis.

DEDICO

## SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE QUADROS .....	VIII
RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI
1 . INTRODUÇÃO .....	1
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O manganês no solo .....	3
2.1.1. Formas .....	3
2.1.2. Manganês total .....	5
2.1.3. Disponibilidade de manganês no solo .....	6
a) Fatores que afetam a disponibilidade de manganês .....	8
b) Extratores Químicos .....	12
c) Nível crítico de manganês .....	14
2.2 . Manganês na planta .....	15
MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Seleção e coleta de solos.. .....	17
3.2. Localização e classificação dos solos .....	17
3.3. Características físicas e químicas dos solos .....	17
3.4. Planta indicadora .....	25
3.5. Tratamentos .....	25
3.6. Condução do experimento .....	26
3.7. Parâmetros de avaliação .....	28
3.7.1. No solo .....	28
a) HCl 0,1N .....	28
b) Mehlich-1 .....	28
c) DTPA .....	28
d) AB-DTPA .....	28
3.7.2. Na planta .....	28
a) Matéria seca .....	28
b) Produção relativa .....	29



c) Teor de manganês na planta .....	29
3.7.3. Análise estatística .....	29
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Manganês disponível no solo .....	30
4.2. Resposta das plantas a adubação com manganês .....	36
4.2.1. Rendimento da matéria seca .....	36
4.2.2. Teores de manganês e manganês extraído pela planta .....	41
4.2.3. Relação entre o manganês disponível no solo e o manganês extraído pela planta .....	46
5 . CONCLUSÕES .....	49
6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
7 . APÊNDICE .....	60
Quadro 1A - Resumo da análise de variância para os valores de matéria seca .....	61
Quadro 2A - Resumo da análise de variância para a concentra- ção de manganês no tecido da planta .....	61
Quadro 3A - Resumo da análise de variância para a concentra- ção de manganês absorvido da planta .....	62



## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
1 - Zonas fisiográficas do Estado do Ceará e indicação aproximada dos locais (O) de coleta das amostras de solo .....	22
2 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com Mehlich-1 e HCl 0,1N.....	33
3 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com Mehlich-1 e DTPA .....	33
4 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com Mehlich-1 e AB-DTPA.....	34
5 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com HCl 0,1N e DTPA.....	34
6 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com HCl 0,1N e AB-DTPA.....	35
7 - Relação entre os teores de manganês disponível extraído com DTPA e AB-DTPA .....	35
8 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo Mehlich-1	44
9 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo HCl 0,1N	44

10 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo DTPA .....	45
11 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo AB-DTPA ...	45
12 - Relação entre o manganês extraído pela soja tratamento sem Mn e o manganês disponível extraído pelo Mehlich-1 .....	47
13 - Relação entre o manganês extraído pela soja tratamento sem Mn e o manganês disponível extraído pelo HCl 0,1N.....	47
14 - Relação entre o manganês extraído pela soja tratamento sem Mn e o manganês disponível extraído pelo DTPA.....	48
15 - Relação entre o manganês extraído pela soja tratamento sem Mn e o manganês disponível extraído pelo AB-DTPA.....	48

## LISTA DE QUADROS

QUADROS	PÁGINAS
1 - Classificação, localização e uso atual estudados .....	18
2 - Características químicas dos solos estudados .....	23
3 - Características físicas dos solos estudados .....	24
4 - Nutrientes, fontes e doses de aplicadas no experimento com soja em casa de vegetação .....	27
5 - Teores de manganês disponível, determinados pelos extratores Mehlich-1, HCl 0,1N, DTPA e AB-DTPA em quarenta solos do Estado do Ceará .....	32
6 - Coeficiente de correlação simples e múltipla entre os teores de manganês disponível, extraído por quatro extratores e algumas propriedades do solo.....	37
7 - Rendimento de matéria seca nos tratamentos sem manganês ( $Mn_0$ ) e com manganês ( $Mn_1$ ), produção relativa e incremento de produção do experimento com plantas de soja, cultivadas em quarenta solos do Estado do Ceará.....	38
8 - Teor de nitrogênio no tecido e quantidade de nitrogênio extraído pela parte aérea da soja, nos tratamentos sem manganês ( $Mn_0$ ) e com manganês ( $Mn_1$ ) nos quarenta solos estudados.....	40
9 - Teor de manganês, e quantidade de manganês absorvida,	

pela parte aérea da soja nos tratamentos sem manganês  
(Mn<sub>0</sub>) e com manganês (Mn<sub>1</sub>) nos quarenta solos  
estudados .....

43



## RESUMO

Há necessidade de informações sobre métodos químicos para avaliar o manganês disponível do solo. Para analisar quanto à capacidade e eficiência, quatro métodos de extração foram estudados e correlacionados com o manganês absorvido pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill), variedade EMBRAPA-31 (Mina), cultivada em casa de vegetação, em quarenta amostras de solos do Estado do Ceará. As soluções extratoras foram: HCl 0,1N, Mehlich-1, DTPA e AB-DTPA. Os tratamentos foram com e sem manganês (doses de 0 e 6 mg/kg), aplicadas em duas vezes. O modelo estatístico foi de delineamento inteiramente casualizado em disposição fatorial 40x2x3. Os parâmetros avaliados foram: teores de manganês no solo, e, na planta, produção de matéria seca, concentração de manganês no tecido das plantas e manganês absorvido pelas plantas. Os resultados obtidos indicaram que os coeficientes de correlação entre os extratores foram significativos e que o HCl extraiu mais manganês que os demais, variando de 4,97 a 156,97 mg/kg e média de 42,73mg/kg. Não houve resposta significativa da produção da matéria seca à aplicação de manganês e, em vinte e duas amostras de solo, das quarenta estudadas, o incremento de produção relativa foi negativo; em nove amostras a redução de produção foi superior a 10%. A concentração de manganês no tecido das plantas apresentou baixos índices, porém significativos com  $r=0,439$  para o Mehlich-1 e  $r=0,593$  para o DTPA. Os resultados obtidos entre o manganês no solo e o extraído pelas plantas mostraram significância com o DTPA, apresentando  $r=0,768$ , seguido do Mehlich-1 com  $r=0,607$ . Este trabalho mostrou que os solos do Estado do Ceará são bem providos de manganês e que os teores variam entre classes e dentro da mesma classe, sendo os Cambissolos e Podzólico Vermelho-amarelo os que detêm as maiores quantidades e os Latossolos e Areias Quartzosas as de menores quantidades. Para avaliar o manganês disponível no solo, o extrator DTPA se mostrou como o mais promissor.



## ABSTRACT

To study the efficiency of four methods of manganese extraction from the soil and correlation with manganese content in the plant, forty soil samples from different locations within the state of Ceará, Brazil, were tested in a greenhouse experiment in post with soybean (cultivar EMBRAPA-31, Mina ). Extraction solutions were HCl 0,1N, Mehlich-1, DTPA and AB-DTPA. Treatments comprised samples without and with manganese addition (0 to 6 mg/kg), applied two times. The statistical model was a completely randomized factorial 40x2x3. The parameters analyzed were manganese content in the soil and plant, dry yield, manganese concentration in the plant tissues and manganese absorbed by the plant. Results shown that manganese extraction by HCl was higher than for the other extractors (4,97 to 156,97 mg/kg, with average of 42,73 mg/kg). There was no significant response for dry matter production with different manganese rates. Manganese concentration in plant tissue was low, but significant differences were found for Mehlich-1 and DTPA. Available soil manganese and manganese extracted by the plants shown significant differences with  $r=0,768$  for DTPA and  $r=0,607$  for Mehlich-1. As a conclusion, we can say that soils studied are well supplied with manganese. The highest Mn contents were found for Cambisols and Red-yellow podzolic soils, and the lowest contents for Latosols and Quartzoses sandy soils. The best most promising extractor for manganese, among the four tested, was DTPA.

## 1 - INTRODUÇÃO

Apesar da essencialidade dos micronutrientes ter sido demonstrada por Arnon (1950), somente nos últimos anos, a importância destes elementos foi levantada, de modo mais ou menos conclusivo, para certas condições de solo e cultura. Atualmente, instituições, técnicos e pesquisadores têm demonstrado interesse sobre o assunto e alguns aspectos justificam a preocupação no que respeita a problemas de micronutrientes, que vão desde o advento da tecnologia moderna, passando pela incorporação, no processo produtivo, de solos com fertilidade marginal, os aumentos de produtividade das culturas de exportação em detrimento da retirada do micronutriente, até a modernização dos laboratórios de análises de solo e planta, com utilização de equipamentos de maior sensibilidade na determinação destes. Seis ou sete elementos (B, "Cl", Cu, Fe, Mn, Mo, e Zn) fazem parte deste grupo de elementos menores e tornam-se necessários aos processos normais da vida, não só às plantas mas, também, aos animais e ao homem. Destes, o manganês é um elemento de comprovada essencialidade e, na planta, exerce funções na síntese da clorofila, funções catalisadoras, ajuda na atividade respiratória e na translocação do ferro, entre outras. Sua falta provoca sintomas de natureza visual, citológica, química e fisiológica, enquanto que seu excesso leva a mesma à toxicidade, principalmente em solos muito ácidos. No solo, este elemento é encontrado nas formas: complexado, trocável, na solução do solo e na estrutura dos minerais, com valências 2+, 3+ e 4+, além das espécies  $Mn(OH)^+$  e  $Mn(OH)^0$ , resultantes da hidrólise do  $Mn^{2+}$  e as espécies  $MnCl^+$ ,  $MnCO_3$  e  $MnSO_4$  formadas por complexação com os íons cloretos, sulfato e carbonato que, em algumas circunstâncias, podem assumir importância em solução. No Brasil, maior enfoque tem sido dado à toxicidade de Mn, tendo a maior parte das pesquisas estudado tal efeito devido sua ocorrência com mais intensidade. Atualmente têm surgido notícias de deficiência de Mn, notadamente em soja, o que parece ser o momento de se pesquisar e selecionar métodos de extração de Mn nos solos e calibração desses com respostas das plantas.

No País, muito pouco tem sido feito com relação à seleção de métodos de extração de Mn nos solos, e quase nada em nível específico de Estado. Considerando tais aspectos, este trabalho, conduzido tanto em laboratório quanto em casa de vegetação, usando a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) como planta indicadora, teve como objetivo avaliar o manganês disponível em 40 amostras de solos do Estado do Ceará, usando como extratores químicos; Ácido Clorídrico ( HCl 0,1 N) , Mehlich-1 ( HCl 0,005N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N), DTPA (dietilenotriaminopentacético) e o AB-DTPA (bicarbonato de amônia-dietilenotriaminopentacético).



## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Manganês no solo

#### 2.1.1 - Formas

Geoquimicamente, o manganês é citado por vários autores como sendo, depois do ferro, o micronutriente mais abundante na litosfera. Swaine (1955) afirmou que o seu teor chega a 1000 mg/kg, mas existem solos onde estas quantidades são tão reduzidas que não chegam a suprir às necessidades das plantas após alguns anos de cultivo. Por outro lado, Collings (1955) afirmou que diversos solos tropicais, como é o caso de alguns havaianos, chegam a exibir de 8 a 10% de óxido de manganês. Nas rochas ígneas o manganês acha-se quase que com exclusividade na forma  $Mn^{2+}$ , devido, principalmente, ao baixo potencial de óxido-redução das fusões naturais dos silicatos. A forma  $Mn^{4+}$  predomina nos sedimentos e rochas sedimentares, sendo pouco encontrado nas ígneas. Uma das principais características geoquímicas desse elemento é ser encontrado oculto em sua maior parte nas estruturas cristalinas dos minerais de outros elementos, principalmente nos de ferro (Horowitz & Dantas, 1966). O manganês faz parte de um grande número de minerais, nos quais ocorre como  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$  e  $Mn^{4+}$ , sendo o estado de oxidação  $2+$  o mais comum nos minerais silicatados, formadores das rochas; neste estado de oxidação, pode, em silicatos e óxidos, substituir, em suas posições, alguns cátions divalentes como  $Fe^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (Borkert, 1991).

No solo, o Mn pode se apresentar em diferentes formas e, segundo Borkert (1991), podem ser divididas em: presentes na estrutura de minerais, organicamente complexado, trocável e na solução do solo; suas quantidades dependem de algumas reações e do material de origem. Na estrutura dos minerais aparecem os óxidos: pirolusita ( $MnO_2$ ), manganita ( $MnOOH$ ) e hausmannita ( $Mn_3O_4$ ) como as formas mais comuns, sendo a pirolusita a mais estável sob condições bem oxidadas. Existem, ainda,

outros óxidos de Mn que sofrem variações de acordo com as substituições de  $O^{2-}$  por  $OH^-$ , dentre eles a manganita ( $MnOOH$ ) e a pirocroíta ( $Mn(OH)_2$ ). Lindsay (1979), estudando o equilíbrio químico em solos americanos, calculou, por meio de equações, o efeito do potencial redox sobre a estabilidade destes compostos e constatou que os minerais bixbyíta ( $Mn_2O_3$ ), haussmannita ( $Mn_3O_4$ ) e pirocroíta ( $Mn(OH)_2$ ) não apresentam estabilidade na maioria dos solos agrícolas e que as formas  $MnSO_4$ ,  $MnSO_4 \cdot H_2O$  e  $Mn_2(SO_4)_2$  são muito solúveis para precipitar nas condições normais de redox e de concentrações de sulfato encontrados na natureza sendo, por esta razão, difícil a presença de sulfatos de manganês nos solos.

O manganês, principalmente no estado divalente, forma complexo solúvel ou insolúvel com compostos orgânicos do solo. A matéria orgânica além de absorver cátions na forma facilmente trocável, pode absorver cátions que possuem mais de uma valência ( $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  e  $Fe^{2+}$ ) formando complexo de coordenação. Esses cátions não são rapidamente trocáveis com cátions monovalentes e não dissociam facilmente para a solução do solo. No entanto, o Mn adsorvido aos complexos pode ser deslocado por outros íons que sejam mais facilmente adsorvidos como  $Zn^{2+}$  e  $Cu^{2+}$  (Borkert, 1991). Walker & Barber (1960), trabalhando com solos de Indiana, E.U.A, constataram que os teores variaram entre 0 e 24 mg/kg e que havia tanto Mn complexado pela matéria orgânica quanto adsorvido na forma trocável, verificando uma alta correlação entre ambas as formas. Na solução do solo, o manganês pode se apresentar em estado iônico ( $Mn^{2+}$ ) ou combinado com compostos orgânicos solúveis. Para Kabata-Pendias & Pendias (1985) o Mn pode formar íons simples e complexos na solução do solo, bem como diversos óxidos de composição variada, na sua maioria amorfos e cristalinos. Segundo esses autores, esses compostos mantêm o equilíbrio entre as fases sólida e líquida ao mesmo tempo em que controlam a atividade das formas iônicas nesta última.

No Mn, a predominância de um estado de oxidação sobre o outro depende das condições do solo, tais como aeração, teor de matéria orgânica,



presença de cátions e ânions, textura, microrganismos e pH Horowitz & Dantas, 1966; Buckman & Brady, 1967 e Malavolta et al., 1976). Dentre elas destacam-se como as mais importantes o pH e o teor de matéria orgânica, segundo Mulder & Gerretsen (1952) e Pavan & Miyazawa (1984). Lucas & Knezek (1972) dão mais ênfase aos solos bem arejados e com pH acima de 6,3 como favorável à oxidação do  $Mn^{2+}$ .

### 2.1.2 - Manganês total

Segundo Harmsen & Vlek (1985), os teores médios de Mn são de 1.000 mg/kg na crosta terrestre, 1.900 mg/kg nas rochas ígneas, 400 mg/kg nos granitos e 1.500 mg/kg nos basaltos; enquanto que em rochas sedimentares, os teores variam amplamente na faixa de 1 a 1.800 mg/kg (calcário, arenito e argilito). O manganês é um dos micronutrientes mais comuns encontrados na litosfera, apresentando teores nas rochas, geralmente, entre 350 e 2.000 mg/kg (Raij, 1991). Na camada superficial do solo os teores totais variam de 10 a 2.200 mg/kg, em solos brasileiros, e, de traços a 1.250 mg/kg, em solos de outros países. O solo, em função da sua formação, intemperismo e sobretudo do material de origem, apresenta concentrações variadas dos elementos nele existentes. Em solos mundiais, os teores de Mn total variam de 10 a 9.000 mg/kg, com as freqüências máximas entre 200 e 800 mg/kg (Raij, 1991).

Bear (1969), trabalhando vários solos de Omega-Barcelona, observou que a quantidade de Mn total na camada arável normalmente varia de 225 a 11.200 mg/kg. Nos principais solos da China, Zheng et al. (1983) encontraram que o total de Mn nos solos daquele país variou de 10 a 5.000 mg/kg, com média de 710 mg/kg. Por outro lado, Levesque & Mathur (1986), em 55 amostras de Histossolo do Canadá, encontraram teores de manganês total na faixa de 32,5 a 916,8 mg/kg.

Catani & Galo (1951), trabalhando em Terra Roxa Legítima, Massapê-Salmão e Arenito Bauru, quantificaram teores de manganês total que

variaram de 1,87 a 7,30 e.mg/100g de terra, sendo o mais rico a Terra Roxa Legítima. Verdade (1960) constatou que os teores de Mn total, como MnO no mesmo Estado, variam de 0,015 a 0,4%, sendo os solos originados de diabase os mais ricos. O mesmo autor verificou, também, que tais quantidades são baixas e se distribuem homoganeamente por todo perfil. Fernandes (1973), avaliando os teores de manganês total e trocável, também no Estado de São Paulo, encontrou ampla variação de valores 173,25 a 4.393,5 mg/kg. Posteriormente, Valadares & Camargo (1983), pesquisando os teores de manganês em solos também de São Paulo, detectaram uma variação deste elemento de 14 a 2.395 mg/kg e, que estes valores eram altos para solos derivados de rochas básicas e, mais baixos, para solos de sedimentos arenosos. Sing (1984) estudando as classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro, Região Amazônica, verificou que em seis tipos de solos [Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) Terra Roxa Estruturada (TE), Glei Pouco Húmico (GPH) e Aluvial (AL)] a quantidade total de manganês variou de 15 mg/kg no solo PV a 3.467 mg/kg no solo TE, com média de 289,46 mg/kg; organizados em ordem decrescente, os solos apresentaram a seguinte sucessão: TE>LV>GPH>PV>LA>AL. Em oito solos da região cacauzeira da Bahia, nordeste brasileiro, Santana & Igue (1972) estudando formas de manganês nesta área, obtiveram teores totais que variaram de traços a 2.160 mg/kg, determinados pelo método de Ulrich, até variações de 49,9 a 4.082,4 mg/kg, determinadas pelo método Jackson (1958). Dantas (1971), trabalhando com solos da unidade Utinga em Pernambuco, determinou o manganês total utilizando o método do ácido fluorídrico (HF), obtendo teores na amplitude de 10 a 90 mg/kg. Araújo (1994), estudando o fracionamento do manganês em sete solos do Estado do Ceará, encontrou teores totais de Mn variando de 24,9 mg/kg (Areia Quartzosa Distrófica) a 1.041 mg/kg (Cambissolo) com um teor médio de 285,7 mg/kg.

### 2.1.3 - Disponibilidade de manganês no solo

O termo disponibilidade de um nutriente é de uso muito frequente em



nutrição de plantas e fertilidade do solo, mas nem sempre usado corretamente. De uma maneira simples, disponibilidade é a fração do nutriente no solo que é acessível às raízes das plantas (Mengel & Kirkby, 1982). Assim, o termo engloba não só o estado físico e químico do nutriente no solo mas também os efeitos das raízes determinados pelo metabolismo das plantas. Para Bataglia (1988), são condições essenciais de disponibilidade, tanto a presença de raízes no meio onde se encontram esses nutrientes quanto a atividade das mesmas que alteram o ambiente próximo. A disponibilidade pode ser associada ou correlacionada com índices, geralmente obtidos por métodos de extração química e que dão uma indicação da fertilidade do solo. No entanto, as dificuldades no estabelecimento desses índices é relativamente maior para micronutrientes do que para macronutrientes, por causa das baixas ocorrências e dos mecanismos complexos que governam as reações de disponibilidade. Em muitas situações pode ser útil usar a análise de solo com uma das alternativas válidas para tentar avaliar a disponibilidade dos micronutrientes, no entanto, esta medida usada isoladamente não é suficiente para avaliar suas disponibilidades no solo. Para Melo et al. (1989), a disponibilidade das diversas formas de manganês do solo não está, ainda, bem esclarecida. Os mesmos autores acreditam que o Mn disponível é o iônico, trocável ou da solução do solo, enquanto o Mn inorgânico é facilmente reduzível, talvez em algumas combinações orgânicas.

Apesar das várias tentativas, a avaliação das disponibilidades de Mn tem sido difícil, devido, entre outros aspectos, à reprodução em laboratórios das condições de campo. Mesmo assim, soluções vêm sendo testadas para extrair o Mn do solo, incluindo água, agentes ácidos, sais, quelantes e redutores. No caso específico da água, o Mn solúvel tem permitido boa estimativa do Mn disponível para a planta em solos com pH baixo, principalmente para identificar condições tóxicas (Lindsay & Cox, 1985). Entretanto, em função das baixas concentrações encontradas, de maneira geral, problemas analíticos comumente surgem, sendo os resultados muito variáveis, fazendo com que este extrator seja pouco utilizado. Lopes & Cox (1977) afirmaram que a disponibilidade de manganês parece ser adequada para a maioria das

culturas, nos solos sob cerrado. Os mesmos autores alertaram para as variações específicas dos dados quando relacionados com os outros micronutrientes, e enfatizaram quanto ao problema de especificidade local na avaliação de sua disponibilidade.

O conhecimento de todos esses fatores, que afetam a disponibilidade dos micronutrientes, é de interesse primordial para uma melhor avaliação de cada nutriente e para definir o manejo do solo quanto ao nível de correção de distúrbios nutricionais, por deficiências ou excessos, visando, sobretudo, a produtividade das plantas cultivadas.

#### a) Fatores que afetam a disponibilidade de manganês

A produtividade agrícola, em algumas regiões do Brasil, é limitada pela deficiência de micronutrientes em função da baixa fertilidade de alguns solos, da maior remoção pelas colheitas de certas plantas cultivadas e do uso crescente de calcário e de adubos concentrados, especialmente os adubos fosfatados, os quais contribuem para maior insolubilidade de micronutrientes. Por outro lado, a adição indiscriminada pode ocasionar gastos desnecessários bem como possíveis efeitos fitotóxicos (Bataglia, 1989). A maioria das análises de solo, para avaliação da disponibilidade de micronutrientes, consiste em agitar uma amostra de solo com uma solução extratora por um certo período específico de tempo. À semelhança dos macronutrientes, tanto o fator quantitativo como o fator intensidade afetam a disponibilidade de micronutrientes para as plantas, e, conseqüentemente, os mesmos fatores devem ser avaliados em uma análise de solo para que esta atinja seus objetivos (Lindsay & Cox, 1985).

São diversos os fatores que influenciam direta e indiretamente a disponibilidade dos micronutrientes do solo para as plantas. Entre esses fatores são considerados: equilíbrio com a fase sólida (dependência do pH), óxido-redução, matéria orgânica e quelados, material de origem, umidade do solo, solos arenosos com baixa CTC e sujeitos a altos índices pluviométricos,



desbalanços em relação a cálcio, magnésio e ferro, entre outros. Isto torna evidente a necessidade de pesquisa relacionadas com o assunto.

A calagem e a adição de matéria orgânica ao solo são práticas, preconizadas por muitos pesquisadores, para controlar a disponibilidade de micronutrientes e evitar problemas de toxicidade e/ou deficiência. A calagem tem sido apontada como prática capaz de atenuar a toxicidade de Fe (Howeler, 1973 e Freire et al., 1985). Para Clark et al. (1957), Freire et al., (1958) e Takkar (1969), a adição de matéria orgânica tem sido usada visando controlar a solubilidade de Fe e Mn nos solos alagados, mas os resultados têm sido contraditórios. Nhurg & Ponnampereuma (1966), Takkar (1969) e Pannampereuma (1972) afirmaram que tanto a calagem como a matéria orgânica, por alterarem o pH e o potencial redox (Eh) no solo, alteram também a disponibilidade de outros micronutrientes, além do Fe e do Mn.

Dynia (1993), trabalhando com alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz em casa de vegetação, concluiu que a calagem reduziu a solubilidade dos micronutrientes no solo sob inundação, sendo o Fe e o Zn mais afetados que Mn e Cu e que, as cultivares pesquisadas diferiram quanto à extração dos micronutrientes, exceto quanto ao manganês.

Os estudos da dinâmica do Mn no solo são extremamente complexos em vista dos efeitos marcantes que o pH, reações de óxido-redução, matéria orgânica, atividade biológica, temperatura e umidade do solo exercem na sua disponibilidade (Cheng & Quелlette, 1971). Segundo Fageria (1984), a sequência termodinâmica das reduções do  $Mn^{4+} \rightarrow Mn^{2+}$  ocorre em solos com potencial óxido-redução de 410mV, enquanto a redução  $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$  se dá em potencial -185mV. Para o autor, isso explica a frequência da toxicidade do Mn em solos não inundados. A disponibilidade tanto do Mn como do Fe aumenta com o aumento da condição de redução do solo, uma vez que passa a predominar as formas iônicas reduzidas de  $Fe^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ , preferencialmente absorvidas pelas plantas; seus acúmulos induzem à toxicidade (Bataglia, 1988). Quando o potencial redox decresce, principalmente em solos



inundados, a disponibilidade de Mn e Fe aumenta devido à redução da dissolução de óxidos desses elementos no solo; porém, se o decréscimo for acentuado, poderá ser formado sulfeto de manganês, tornando o elemento indisponível para as plantas (Borkert, 1991). Melo (1989) citou que solos com pH abaixo de 5,5 pode conter muito Mn solúvel, chegando a ser tóxico. Com a elevação deste valor, ocorre a oxidação do  $Mn^{2+}$  a  $Mn^{3+}$  e  $Mn^{4+}$ , tornando-o menos solúvel. Dessa forma, deficiência pode acontecer mesmo em solos com teores razoáveis de Mn total, desde que sejam neutros, alcalinos ou que tenham recebido calagem. Nestes casos, até adicionando Mn em forma de adubo, este pode ser rapidamente fixado em forma insolúvel. Nas condições brasileiras, a causa mais frequente de deficiência parece ser devido à calagem excessiva.

Medcalf (1956), estudando a aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos, verificou que o excesso de Mn pode ser aliviado pela presença daquela. Por outro lado, Medcalf & Lott (1956), ao adicionarem quelados metálicos no solo, observaram que o excesso de Mn diminuía sensivelmente. Posteriormente, Hiroce (1972) e Hiroce et al (1976) verificaram o mesmo efeito ao estudarem a influência da adubação mineral e orgânica e seus efeitos residuais na composição química do solo e das folhas do cafeeiro. Pavan (1984), estudando a disponibilidade do manganês no solo, bem como as dificuldades e os problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade, constatou que o aumento da disponibilidade de Mn para as plantas pode ocorrer com maior frequência durante os períodos de Veranicos, quando prevalecem as condições de baixa umidade e alta temperatura. Para o mesmo autor, o aumento dos teores de Mn no solo ocorrem principalmente próximo à superfície (0-5cm) durante o período de maior evapotranspiração (Veranicos), porém o mecanismo deste fenômeno ainda não foi esclarecido. Muitas das reações de redução e oxidação que ocorrem no solo acontecem por ação dos microrganismos. Com a decomposição da matéria orgânica pela biomassa heterotrófica pode resultar a liberação de compostos orgânicos complexados que podem formar outros complexos solúveis com metais como cobre, ferro, manganês e zinco (Borkert, 1991). Estudando deficiências de

manganês em plantas de soja cultivadas em solos de cerrado, Novais (1989) verificou que a deficiência de Mn na planta pode ocorrer quando a velocidade de absorção do nutriente é baixa diante da velocidade de crescimento da planta e/ou quando esta apresenta aumento da demanda funcional (concentração mínima de um nutriente na planta capaz de manter suas funções metabólicas) desse elemento. Segundo Ghazati & Cox (1981), a diminuição da demanda funcional de Mn, com o aumento da temperatura, explica o desaparecimento de sintomas de deficiência que podem ocorrer, com mais frequência, em períodos frios, mesmo permanecendo constante a concentração do nutriente na planta. Aparentemente, a velocidade de reações catalisadas pelo Mn aumenta com a temperatura, fazendo com que menos Mn seja necessário, embora, para um dado solo, a velocidade de suprimento de Mn para a planta dependa do pH e do potencial redox desse solo (Mengel & Kirkby, 1982). De acordo com Godo & Reisenauer (1980) e Jauregui & Reisenauer (1982), o fator mais importante para o aumento da disponibilidade do Mn é a própria planta. A exsudação de compostos orgânicos pelas raízes (ex. ácido málico) e sua oxidação podem aumentar a solubilidade de Mn pela redução de  $MnO_2$  e posterior complexação com o  $Mn^{2+}$  formado. Para Lucas & Knezek (1972), as raízes liberam para o ambiente uma grande quantidade de material orgânico e inorgânico. Os exsudados orgânicos das raízes bem como subprodutos de microrganismos formam complexos orgânicos que facilitam o transporte e a absorção de nutrientes. Os mesmos autores acham que a exsudação de compostos orgânicos, como aminoácidos, açúcares e ácidos orgânicos, afetam a flora microbiana que se alimenta desses exsudados e têm um papel importante no estado de oxidação do Mn no solo. Em certas ocasiões, promovem a oxidação do  $Mn^{2+}$  a  $Mn^{4+}$ , acentuando a deficiência em solos de reação próxima da neutralidade ou alcalinidade. O uso de fumigantes, ao eliminar essa microflora oxidante de Mn, pode provocar tanto a correção de deficiência em solos alcalinos quanto o aumento da toxicidade em solos ácidos. Além desses fatores que afetam a disponibilidade, os nutrientes apresentam entre si antagonismos e/ou sinergismos na absorção, o que dá idéia da complexa tarefa de manter todos os nutrientes da plantas dentro de um equilíbrio nutricional.



## b) Extratores químicos

Um dos maiores problemas na avaliação da disponibilidade de micronutrientes é o grande número de métodos de extração usados e a indefinição por parte dos laboratórios oficiais sobre o método químico a ser empregado. De acordo com Bray (1948), um método de laboratório para obter sucesso deve extrair total ou parcialmente formas disponíveis dos nutrientes em solos com amplas variações em propriedades, deve ser rápido e exato e a quantidade extraída deve correlacionar-se com o crescimento e a resposta de cada cultura em questão, sob as mais diversas formas. Lopes & Carvalho (1991) defendem que a regionalização de métodos de análise com base científica deve merecer especial atenção dos pesquisadores nesta área. Tendo em vista o critério de não desprezar o razoável, mas sempre procurar o ótimo, esses pesquisadores citam, como exemplo, o trabalho desenvolvido pelo IAC que, a partir de 1983, passou a adotar o método da resina trocadora de íons como análise de rotina para alguns elementos.

A maioria dos laboratórios, considerados oficiais no Brasil, ainda não tem definido o método mais adequado para uso rotineiro, com exceção do sistema de laboratório do Rio Grande do Sul e Santa Catarina que extraem boro com água quente e cobre e zinco com ácido clorídrico 0,1N. Existe entre vários laboratórios uma tendência a dar prioridade às conveniências analíticas, preferindo usar métodos mais baratos e simples ao invés de outros, possivelmente melhores, porém mais complexos (Raij & Bataglia, 1991). Esses autores citam que os teores totais em geral não fornecem uma boa idéia da disponibilidade para a planta, sendo necessários conhecimentos mais amplos sobre a forma voltada para cada situação como: água quente (específica para boro), soluções salinas (para os teores trocáveis), soluções de ácidos (em parte, pelas conveniências analíticas) e as soluções complexantes (para extrair maiores teores lábeis). Borkert et al. (1984), em determinações químicas do manganês absorvido pela soja, afirmaram que a dinâmica de determinados elementos no solo é bastante complexa, podendo variar com o tipo de solo e sendo necessário que os trabalhos de pesquisa sejam



realizados em uma série de solos de uma determinada região ou Estado. Para os mesmos autores, o método de extração a ser utilizado deve ser aquele que proporcionar o melhor coeficiente de correlação entre o elemento absorvido pela planta e o extraído. Muraoka et al. (1983) ao avaliarem a disponibilidade de zinco e de manganês para o feijoeiro em seis solos do Estado de São Paulo, utilizando água e mais nove extratores, entre eles o DTPA e o HCl, concluíram que o DTPA não ofereceu resultados satisfatórios em alguns solos. Segundo Raij (1991) metais como zinco, ferro, manganês e cobre são extraídos por muitos extratores diferentes, porém, a tendência, pelo menos no Brasil, é para dar preferência ao uso do DTPA, por ser um complexante, e do Mehlich-1, por já ser usado em muitos laboratórios para extrair fósforo e por fornecer extratos muito límpidos. Por outro lado, Bataglia & Raij (1991) observaram que as médias de extração pelo DTPA e Mehlich-1 foram bastante próximas comparadas com a do EDTA. Para os mesmos autores, considerando a determinação conjunta de cobre, ferro, manganês e zinco, pela maior simplicidade de HCl e a maior discriminação do DTPA, em relação à acidez do solo, esses dois extratores parecem mais indicados do que o Mehlich-1, que é uma mistura de ácidos e o EDTA, que extrai quantidades muito altas de Fe e Mn. Lindsay & Norvell (1978), estudando o desenvolvimento de testes no solo com o DTPA para zinco, ferro, manganês e cobre em 35 solos do Colorado, constataram que o Mn extraído pelo DTPA variou de 1,2 a 32 mg/kg. Sing (1984), estudando a disponibilidade de manganês em seis solos da Região Amazônica, utilizando água e cinco extratores químicos, constatou que os teores determinados apresentaram ampla variação, sendo as mais baixas observadas em Latossolo Vermelho Amarelo, com um valor de 0,37 mg/kg extraído com DTPA 0,005N (pH 7,3) a 0,97 mg/kg extraído pelo Mehlich-1. Os teores mais altos foram determinados em Terra Roxa Estruturada, com variação de 45 mg/kg, extraído com nitrato de magnésio 1N, a 885 mg/kg, extraído com EDTA 0,05M (pH 7,0). Nesse mesmo trabalho, o autor classificou, como solos pobres neste elemento, o Latossolo Amarelo, o Podzólico Vermelho-Amarelo e o solo Aluvial e, como ricos, o Latossolo Vermelho-Amarelo, a Terra Roxa Estruturada e o solo Gleí Pouco Húmido.

Soltanpour & Schwab (1977) propuseram o uso do AB-DTPA para extração simultânea de macro e micronutrientes. Segundo esses pesquisadores, o resultado obtido com AB-DTPA se correlaciona altamente com os obtidos com o fósforo pelo teste de Olsen, com o potássio pelo teste de acetato de amônio e com o zinco, ferro, cobre e manganês pelo teste do DTPA. Também foram calculados os índices de disponibilidade em solos e comparados com os valores usados pelo laboratório de análise de solo da Universidade do Estado do Colorado. Os resultados mostraram que o AB-DTPA extraiu quantidades de K e Fe similares às extraídas pelo acetato de amônio e o DTPA, respectivamente; em solos com baixos teores desses elementos o AB-DTPA extraiu, ainda, a metade de P obtido pelo  $\text{NaHCO}_3$  e em torno de 0,5 mg/kg mais de Zn, 0,8 mg/kg mais de Mn e 0,03 mg/kg mais de cobre.

Pavan & Miyazawa (1984), estudando os problemas encontrados na seleção de métodos para avaliação da disponibilidade do manganês no solo para as plantas, afirmaram que os teores de Mn mudam com a umidade e a temperatura, com a proximidade da superfície do solo e durante o período de maior evaporação, aumentando sensivelmente. Por outro lado, o preparo da amostra, bem como o processo de secagem (TFSA ou estufa), aumentam significativamente os teores de Mn, independentemente do extrator utilizado, sendo observadas as maiores alterações em solos ácidos.

### c) Nível crítico de manganês

Existem dois critérios já bem definidos para avaliar o nível de nutrientes nas plantas, e, ambos são baseados na resposta das plantas em termos de crescimento da produção e em função do aumento da concentração do nutriente: Nível Crítico e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendações (DRIS) desenvolvido por Beaufils (1971 e 1973). O nível crítico corresponde à concentração na folha abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente. O DRIS é um sistema que propõe reunir organizadamente o máximo de fatores (solo, clima, manejo e



composição mineral) e com auxílio de computador, desenvolver um novo sistema de calibração das produções de culturas em relação aos fatores edáficos, climáticos, de manejo e nutrição. Para o autor, embora existam poucos trabalhos utilizando o DRIS para micronutrientes, o uso desse sistema facilitará bastante a interpretando os resultados de diagnose foliar para esta situação. Lopes (1983) na interpretação dos resultados de manganês solúvel, nos solos sob "cerrado" do Brasil Central (Goiás e Triângulo Mineiro) usando como extrator o HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N, utilizou como "nível crítico" o teor de 5 mg/kg para uma cultura sensível ao manganês como a soja em pH 6,0. Como a grande maioria desses solos apresentam pH de 4,8 a 5,2, este nível será certamente menor, enfatizando, uma vez mais, a baixa probabilidade de resposta à aplicação de fontes de manganês nestes solos. Por outro lado, Novais et al. (1987) constataram deficiência de manganês em soja, em solo dos cerrado, com teores de Mn total na parte aérea das plantas, menores que 20 mg/kg. Bataglia & Dechen (1986) analisando critérios alternativos para diagnose foliar, encontraram concentrações aproximadas de micronutrientes em folhas maduras de várias espécies (plantas sensíveis e tolerantes); apontaram níveis de deficiência entre 1,5 a 25 mg/kg, normais entre 20 e 300 mg/kg, excessivos entre 300 e 500 mg/kg e com limite de teores críticos entre 15 e 200 mg/kg.

## 2.2 - Manganês na planta

As plantas mostram uma necessidade específica de manganês, mas, aparentemente, sua função mais importante está associada ao processo de oxi-redução. O Mn também faz parte de sistemas enzimáticos, da fotossíntese e da conversão de N-nitrato para N-amônia, além de influenciar na síntese da clorofila. O pigmento verde típico das plantas superiores depende do Mn. O Mn<sup>2+</sup> forma ponte entre o ATP e as enzimas transferidoras de grupo (fosfoquinase e fosfotransferases). No ciclo dos ácidos tricarboxílicos operam descarboxilases e desidrogenases ativadas pelo Mn<sup>2+</sup>. O Mn é transportado em pequena quantidade através do floema, o que vem refletir na baixa concentração em frutos, sementes e órgãos de reserva das raízes. A



deficiência do manganês na planta mostra como sintoma visual: clorose das folhas mais novas seguida de branqueamento; como citológico: os cloroplastos vacuolados; como químico: menor teor de amido e como fisiológico: respiração diminuída e menor atividade fotossintética .

A absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da utilização metabólica desses micronutrientes (Epstein, 1975). Heenan & Campbell (1980), trabalhando com transporte e distribuição de Mn em duas cultivares de soja, relataram que, com um bom suprimento de manganês, as folhas acumulam altas concentrações com a idade, quando somente uma pequena quantidade é transportada das folhas mais velhas para as mais novas em desenvolvimento, onde o elemento é deficiente. Para a cultura da soja, os teores de manganês entre 20 e 100 mg/kg, na folha, são considerados adequados, podendo subir ou descer por diversas causas. Contribuem para o aumento das concentrações acima do nível adequado: o baixo pH do solo, doses altas de N (amoniacoal ou amídico) e K na adubação em solos ácidos e pobres em matéria orgânica, contaminação da amostra por solo ou poeira, resíduos de fungicidas portadores de Mn. E para as concentrações abaixo do nível adequado: os baixos níveis de Mn nativo nos solos; baixa disponibilidade devido ao alto pH do solo (7,0 ou maior); alto conteúdo de matéria orgânica no solo; alta umidade do solo e excesso de calagem.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Seleção e Coleta de Solos

Para a realização deste estudo foram selecionadas e coletadas 40 amostras de nove diferentes classes de solos do Estado do Ceará. A seleção foi realizada com base no Levantamento-Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (Jacomine et al., 1973) e incluídos solos cultivados e não cultivados. No campo, após a identificação da unidade de mapeamento, foram coletadas as amostras de solo a uma profundidade de 0-20 cm e os pontos de amostragem identificados através de fichas individuais quanto ao município, localização, cobertura vegetal, relevo, exploração anterior e atual. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e levadas ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2mm de malha e retiradas subamostras para análises físico-químicas. O restante das amostras de solo foram destinadas para experimento em casa de vegetação.

#### 3.2 - Localização e Classificação dos Solos

No quadro 1 são apresentadas a localização, classificação e uso atual dos solos estudados de acordo com a nomenclatura do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (SNLCS), enquanto que as zonas fisiográficas com os locais aproximados de coleta das amostras se encontram representados na figura 1.

#### 3.3 - Características Físicas e Químicas dos Solos

Com a terra fina seca ao ar (TFSA), foram realizadas as análises de caracterização físico-químicas de todas as amostras no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (Quadros 2 e 3). Todas as determinações foram realizadas pelos métodos preconizados



Quadro 1 - Classificação, localização e uso atual dos solos estudados

Nº	UNID.*	CLASSIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	USO ATUAL
01	AQd <sub>2</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco e mod. rel. pl. e s. ond. fase flor. caat.	EPACE Município de Viçosa do Ceará	Laranja
02	AQd <sub>2</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco e mod. rel. pl. e s. ond. fase flor. caat.	Município de Carnaubal	Maracujá
03	AQd <sub>4</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco e mod. fase caat. hipox. e flor. caat. rel. pl. e s. ond.	Estrela Município de Pacajús	Mandioca Cajú
04	AQd <sub>4</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco e mod. fase caat. hipox. e flor. caat. rel. pl. e s. ond.	Sem Nome Município de Horizonte	Côco Cajú
05	AQd <sub>4</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco e mod. fase caat. hipox. e flor. caat. rel. pl. e s. ond.	Horizonte	Cajú
06	AQd <sub>7</sub>	AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS fase rel. pl. e s. ond.	EPACE Município de Tianguá	Tomate
07	LVd <sub>1</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO húmico text. arg. e méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Belmonte Município de Crato	Cana-de- açúcar
08	LVd <sub>1</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO húmico text. arg. e méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Belmonte Município de Crato	Cana-de- açúcar
09	LVd <sub>1</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO húmico text. arg. e méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Santa Teresa Município de Ubajara	Banana e Palma
10	LVd <sub>6</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A proem. text. arg. e méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Agave Município de Santana do Ca- riri	Pastagem Capim Bra- quiária
11	LVd <sub>7</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A mod. text. méd. fase flor. sub- peren. rel. pl. e s. ond.	Buriti Município de Ubajara	Banana



## Continuação (Quadro 1)

12	LVd <sub>7</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A mod. text. méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	EPACE Município de Ubajara	Laranja
13	LVd <sub>7</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A mod. text. méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	EPACE Município de Ubajara	Maracujá
14	LVd <sub>7</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A mod. text. méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Agudo Município de Ibiapina	Café
15	LVd <sub>7</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A mod. text. méd. fase flor. subperen. rel. pl. e s. ond.	Picadinho Município de Guaraciaba	Chuchu
16	LVd <sub>10</sub>	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO ext. méd. fase caat. hipox. rel. pl. e s. ond.	Curu - Município de Paraipaba	Coqueiro 2 anos e Feijão
17	Ae <sub>1</sub>	ALUVIAL EUTRÓFICO A fraco. mod. e chernoz. Text. indisc. fase flor. cad. de várz. rel. pl.	Cachoeira Município de Missão Velha	Pastagem
18	Ae <sub>3</sub>	ALUVIAL EUTRÓFIACO A fraco text. indisc. fase flor. Cil. de cam. e caat. hiperx. rel. pl.	Município de Chorozinho	Pastagem nativa
19	Ae <sub>4</sub>	ALUVIAL EUTRÓFICO A fraco-text. indisc. fase flor. cil. de cam. e caat. hiperx. rel. pl. e s. ond.	Peixe Gordo Município de Taboleiro do Norte	Feijão
20	Ae <sub>4</sub>	ALUVIAL EUTRÓFICO A fraco text. indisc. fase flor. cil. de cam. e caat. hiperx. rel. pl. e s. ond.	Limoeiro do Norte	Jurema Preta
21	Ae <sub>4</sub>	ALUVIAL EUTRÓFICO A fraco text. indisc. fase flor. cil. de cam. e caat. Hiperx. rel. pl. e s. ond.	Quixeré	Feijão
22	Ae <sub>4</sub>	ALUVIAL EUTRÓFICO A fraco text. indisc. fase flor. cil. de cam. e caat. Hiperx. rel. pl. e s. ond.	Pedro Ribeiro Município de Russas	Feijão
23	Ce	CAMBISSOLO EUTRÓFICO A fraco e mod. text. arg. subst. calc. fase caat. hiperx. rel. pl.	Chapada do Apodí Município de Taboleiro do Norte	Feijão

## Continuação (quadro 1)

24	Ce	CAMBISSOLO EUTRÓFICO A fraco e mod. text. arg. subst. calc. fase caat. hiperx. rel. pl.	Chapada do Apodí Município de Tabo- leiro do Norte	Tomate
25	Ce	CAMBISSOLO EUTRÓFICO A fraco e mod. text. arg. subst. calc. fase caat. hiperx. rel. pl.	Chapada do Apodí Município de Tabo- leiro do Norte	Algodão e Cajú
26	PV <sub>1</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO A mod text . arg. fase flor. subperen. rel . f. ond. e mont.	Veneza Município de Pacotí	Chuchu Tomate Gerimum
27	PV <sub>3</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abrupt. A fraco text. are./méd. fase caat. hi- pox. rel. pl. e s. ond.	São José Município de Russas	Cajú
28	PV <sub>7</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abrupt. A fraco e mod. fase caat. hipox. e flor / caat. rel. pl. e ond.	Sabiá Município de Acarau	Cajueiro 5 anos
29	PE <sub>4</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abrupt. A fraco text. are./méd. fase caat. hi- perx. rel. pl. e s. ond.	Contenda Município de Palmácea	Banana
30	PE <sub>6</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO A mod. text. arg. fase flor. cad. rel. mont.	São Jerônimo - Município de Ita- pipoca	Cajú
31	PE <sub>10</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco text. arg. fase flor./ caat. rel. s. ond. e ond.	São Francisco Município de Aracoiaba	Cajú
32	PE <sub>25</sub>	PODZÓLICO VERMELHO - AMARELO EUTRÓFICO A fraco e mod. text. méd./arg. fase ped. e roch. c. hiper. rel. ond.	Lamero Município de Crato	Banana
33	PE <sub>25</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO fraco e mod. text. méd./arg. fase ped. e roch. c. hiper. rel. ond.	Escola Agrotéc. Fed. do Crato Município de Crato	Maracujá
34	PE <sub>25</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A fraco e mod. text. méd./arg. fase ped. c. hiper. rel. ond.	Escola Agrotéc. Fed. do Crato Município de Crato	Maracujá
35	PE <sub>28</sub>	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A abrupt. text. méd./arg. casc. fase caat. hiperx. rel. pl. s. ond.	Lagoa do João Lobo Município de Ipú	Cajú

## Continuação (quadro 1)

36	Re <sub>2</sub>	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS A. fraco e mod. text. méd. e silt. fase ped. e roch. caar. hiperx. rel. ond. e f. ond.	Xique-xique Município de Barro	Milho
37	Re <sub>15</sub>	SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS text. aren. méd. e arg. fase ped. e roch. caat. hiperx. rel. pl. e s. ond.	Sapó Município de Santana do Acaraú	Caatinga
38	NC <sub>4</sub>	BRUNO NÃO CÁLCICO text. arg. fase ped. rel. s. ond.	Iara	Feijão
39	V <sub>3</sub>	VERTISSOLO A. fraco. mod. e chemoz. fase caat. hipox. flor. cad. de varz. rel. pl. e s. ond.	Pilar Município de Milagres	Banana
40	PL <sub>1</sub>	PLANOSSOLO SÓDICO A fraco text. aren./méd. e arg. fase flor. cil, de carn. rel. pl. e s. ond.	Barra da Taboca- Município de Itaipoca	Mata baixa Carnaúba

(\*) Unidades de mapeamento de acordo com o Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará, JACOMINE et al., 1973



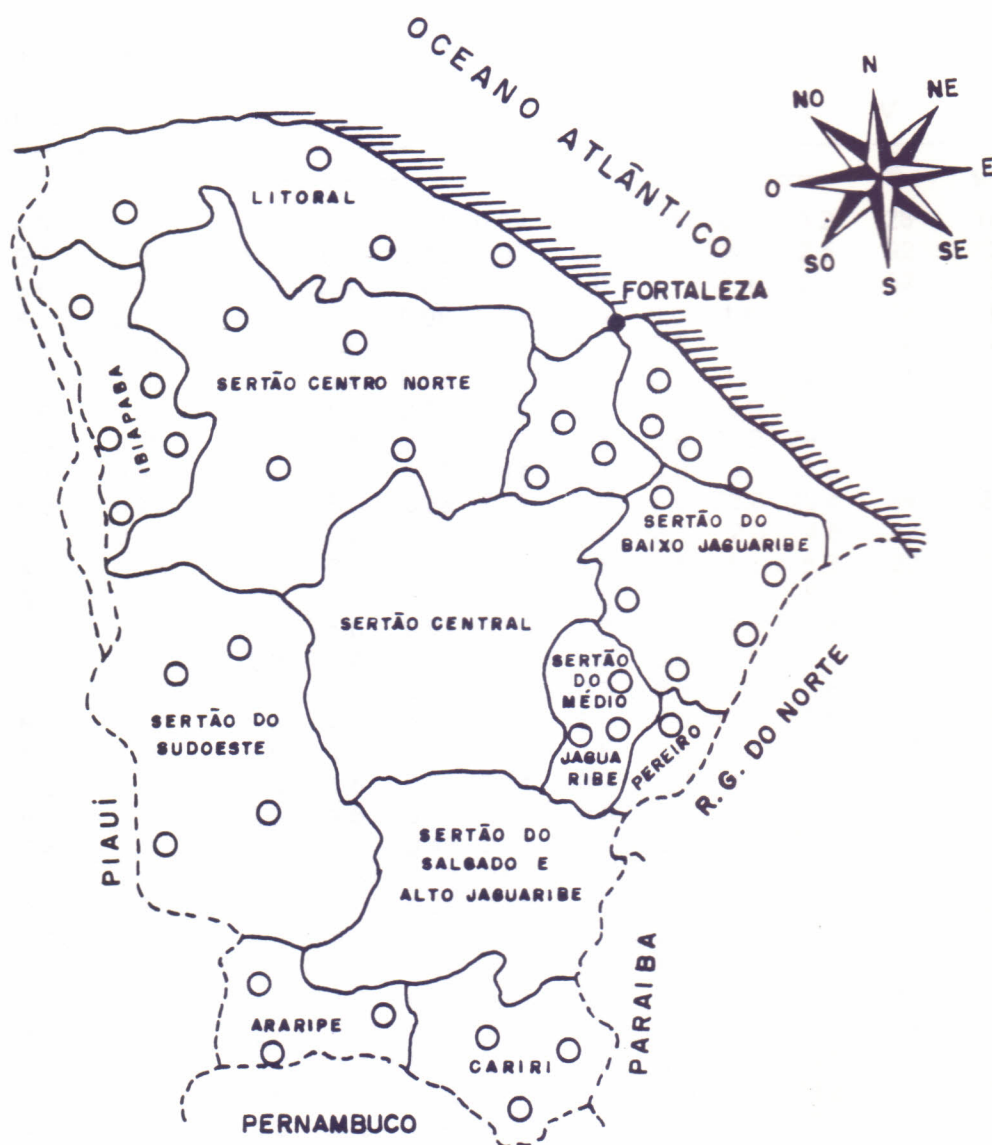


FIGURA 1 - Zonas Fisiográficas do Estado do Ceará e indicação aproximada dos locais (O) de coleta das amostras de solos.

Quadro 2 - Características químicas dos solos estudados

N°	pH	C.E.	Cátions Trocáveis									
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>2+</sup>	Al <sup>2+</sup>	S	T	V	M.O
SOLO	(H <sub>2</sub> O)		cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>							--%--	gkg <sup>-1</sup>	
01	4,9	0,24	0,4	0,3	0,11	0,09	2,3	0,4	0,9	3,2	28	18,1
02	6,7	0,85	1,2	0,9	0,16	0,07	0,2	0,0	2,3	2,5	92	3,1
03	5,6	0,27	0,6	0,4	0,07	0,05	1,0	0,1	1,1	2,1	52	5,0
04	5,9	0,23	1,0	0,7	0,08	0,05	1,0	0,0	1,8	2,8	64	6,4
05	6,1	0,37	1,0	0,6	0,09	0,15	1,0	0,0	1,8	2,8	64	4,8
06	5,0	0,28	0,7	0,4	0,08	0,22	2,0	0,2	1,4	3,4	41	8,3
07	5,6	0,39	6,9	1,3	2,37	2,76	3,1	0,3	13,3	16,4	81	8,6
08	5,3	0,19	12,9	1,1	3,68	3,56	7,8	2,8	21,2	29,0	73	6,6
09	5,7	0,31	1,9	1,0	0,08	0,14	0,7	0,0	3,1	3,8	81	4,5
10	5,9	0,43	16,6	5,6	0,28	1,17	2,8	0,0	23,6	26,4	89	25,9
11	5,0	0,17	1,0	0,8	0,08	0,12	2,6	0,1	2,0	4,6	43	7,8
12	4,6	0,35	0,4	0,4	0,07	0,22	4,5	0,5	1,1	5,6	20	25,7
13	5,5	0,25	1,9	1,0	0,09	0,10	2,3	0,1	3,1	5,4	57	14,3
14	4,5	0,37	1,1	1,0	0,07	0,30	4,3	0,3	2,5	6,8	37	9,8
15	6,1	0,72	2,9	2,4	0,11	0,63	1,6	0,0	6,0	7,6	79	17,6
16	6,7	0,63	1,5	0,9	0,19	0,08	0,3	0,0	2,7	2,8	96	7,2
17	6,1	1,77	6,8	2,6	0,32	2,43	1,5	0,0	12,1	13,6	89	25,2
18	5,7	0,28	4,0	1,1	0,18	0,20	1,6	0,0	5,5	7,1	77	9,1
19	5,8	0,93	2,6	1,8	0,20	0,14	0,7	0,0	4,7	5,4	87	8,4
20	6,2	0,41	2,3	1,6	0,09	0,22	0,5	0,0	4,2	4,7	89	2,6
21	7,4	3,04	15,6	9,1	0,47	0,69	0,2	0,0	25,9	26,1	99	13,3
22	6,3	1,93	8,8	3,8	0,77	0,64	0,7	0,0	14,0	14,7	95	15,3
23	6,5	1,65	5,7	4,1	0,45	0,88	1,3	0,0	11,1	12,4	89	21,7
24	7,8	0,65	8,3	2,8	0,62	0,83	0,0	0,0	12,5	12,5	100	19,7
25	7,1	0,55	4,1	2,9	0,15	1,26	0,7	0,0	8,4	9,1	92	9,3
26	6,8	1,48	4,1	1,5	0,44	0,68	0,8	0,0	6,7	7,5	89	17,1
27	5,2	0,16	0,4	0,3	0,07	0,15	0,7	0,1	0,9	1,6	56	2,1
28	5,8	0,14	0,7	0,4	0,06	0,08	0,7	0,0	1,2	1,9	63	5,0
29	5,9	1,18	14,5	4,5	0,22	0,77	3,3	0,0	20,0	23,3	86	55,9
30	4,5	0,23	0,3	0,2	0,09	0,18	1,6	0,5	0,8	2,4	33	8,1
31	5,6	0,52	2,2	1,0	0,11	0,34	1,2	0,1	3,6	4,8	75	10,5
32	6,2	0,47	6,8	0,7	0,13	0,23	1,2	0,0	7,9	9,1	87	21,2
33	5,3	0,42	9,8	1,7	0,23	0,79	2,3	0,1	12,5	14,8	84	20,7
34	5,5	0,24	7,5	4,2	0,23	0,47	2,0	0,1	12,4	14,4	86	7,9
35	5,1	0,29	1,0	0,6	0,07	0,20	1,5	0,1	1,9	3,4	56	7,4
36	5,8	0,65	2,9	0,8	0,16	0,72	1,2	0,0	4,6	5,8	79	13,8
37	5,0	0,48	2,4	1,2	0,18	0,12	2,1	0,1	3,9	6,0	65	14,3
38	5,8	0,40	4,2	2,5	0,13	0,66	2,3	0,0	7,5	9,8	76	32,6
39	6,6	0,57	4,9	1,2	0,13	0,79	0,7	0,0	7,0	7,7	91	8,4
40	5,4	0,38	2,0	1,1	0,11	0,18	1,5	0,1	3,4	4,9	69	4,3

S= Soma de bases, T= CTC, V= Percentagem de Saturação de bases,  
M.O= Matéria Orgânica, C.E= Condutividade Elétrica a 25°C.

Quadro 3 - Características físicas dos solos estudados

Nº	GRANULOMETRIA			CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	UMIDADE GRAVIMÉTRICA	
	SOLO	AREIA	SILTE		ARGILA	1/3 atm
	%				%	
01	80	11	9	AREIA FRANCA	12,5	4,3
02	64	4	2	AREIA	3,8	1,6
03	43	53	4	FRANCO SILTOSO	2,6	1,6
04	95	3	2	AREIA	2,3	1,7
05	92	5	3	AREIA	2,5	1,8
06	74	15	11	FRANCO ARENOSO	9,6	3,9
07	48	18	34	FRANCO ARG. ARENOSO	21,9	12,1
08	22	26	52	ARGILA	35,0	21,5
09	80	11	9	AREIA FRANCA	11,4	3,8
10	30	38	32	FRANCO ARGILOSO	27,4	17,5
11	80	11	9	AREIA FRANCA	10,0	3,5
12	79	10	11	FRANCO ARENOSO	10,5	5,0
13	84	8	8	FRANCO ARENOSO	10,3	3,6
14	69	11	20	FRANCO ARG. ARENOSO	15,7	7,4
15	75	11	14	FRANCO ARENOSO	11,4	6,1
16	91	6	1	AREIA	4,0	2,4
17	69	18	13	FRANCO ARENOSO	19,8	7,5
18	73	21	7	FRANCO ARENOSO	17,4	4,1
19	87	9	4	AREIA FRANCA	7,6	3,1
20	87	11	2	AREIA	4,4	3,3
21	39	48	13	FRANCO	20,5	10,6
22	47	36	17	FRANCO	18,0	8,4
23	53	19	28	FRANCO ARG. ARENOSO	19,3	10,6
24	55	24	18	FRANCO ARENOSO	17,8	10,5
25	71	7	22	FRANCO ARG. ARENOSO	19,1	10,8
26	80	14	6	AREIA FRANCA	10,6	6,8
27	93	4	3	AREIA	2,7	1,6
28	92	2	6	AREIA	4,0	2,1
29	60	25	15	FRANCO ARENOSO	31,1	14,3
30	74	19	7	FRANCO ARENOSO	15,9	3,6
31	75	16	9	FRANCO ARENOSO	12,7	4,8
32	73	13	14	FRANCO ARENOSO	12,5	7,1
33	63	18	19	FRANCO ARENOSO	19,4	9,4
34	62	17	21	FRANCO ARENOSO	19,1	9,9
35	79	10	11	FRANCO ARENOSO	9,2	4,3
36	45	44	11	FRANCO	16,6	5,6
37	50	41	9	FRANCO	22,3	4,7
38	62	26	12	FRANCO ARENOSO	16,0	6,4
39	85	10	5	AREIA FRANCA	8,5	3,5
40	82	12	6	AREIA FRANCA	9,8	2,9

Laboratório de Análise de Solos/UFC



pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA, 1979), indicados a seguir. A análise granulométrica da fração mineral foi determinada pelo método da pipeta, utilizando o hidróxido de sódio 1N como dispersante e classificado texturalmente seguindo a classificação americana; a umidade gravimétrica foi determinada a tensões de 1/3 atm e 15 atm em amostras deformadas, empregando-se extratores de placa porosa; o pH foi determinado potenciométricamente na relação solo: água de 1:2,0 e a condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação, através do condutivímetro; o carbono orgânico foi determinado por oxidação com dicromato de potássio na relação 1:20, estimando-se a matéria orgânica pelo fator 1,724; as bases trocáveis foram extraídas com acetato de amônio 1N pH 7,0 e determinados cálcio e magnésio com EDTA, enquanto que o sódio e o potássio por fotometria de chama; o alumínio trocável foi extraído com KCl e dosado por titulação com NaOH 0,1N, utilizando como indicador o azul de bromotimol; o hidrogênio mais alumínio trocáveis ( $H^+ + Al^{3+}$ ) foram extraídos com acetato de cálcio 1N pH 7,0 e titulado com NaOH, usando a fenolftaleína como indicador; o  $H^+$  trocável foi obtido pela diferença entre  $(H^+ + Al^{3+}) - Al^{3+}$ ; a capacidade de troca de cátions (Valor T) foi obtida pela somatória dos cátions trocáveis (S) e a saturação de bases (V) pela fórmula  $V=Sx100/T$ .

### 3.4 - Planta Indicadora

Como planta indicadora foi usada a soja, variedade EMBRAPA-31 (Mina), com 110 dias de ciclo (precoce), 76 cm de altura média, 42 dias para o início da floração, lançada no mercado em setembro de 1994 pelo Serviço de Produção de Sementes Básicas - Imperatriz-Ma, totalmente adaptada às condições climáticas da Região Norte e Nordeste.

### 3.5 - Tratamentos

O tratamento com manganês recebeu 6 mg/kg aplicado em solução, utilizando como fonte o  $Mn SO_4 \cdot H_2O$ , fracionado em duas aplicações de 3 mg/kg, aplicando-se a primeira dose após o desbaste e a segunda dez dias após a primeira. Para cada tratamento foram feitas três aplicações com todos

os nutrientes, exceto o nitrogênio, e as unidades experimentais consistiram em sacos de polietileno com 3 kg de solo, cultivados com plantas de soja em condições de casa de vegetação.

### 3.6 - Condução do Experimento

Com as 40 amostras de solos selecionados, foram preparados sacos com 3 kg de TFSA (unidades experimentais). Nos solos ácidos (10 amostras) foi aplicado calcário em quantidade suficiente para elevar a percentagem de saturação de base a 65%. Como fonte de calcário utilizou-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  de pureza para análise na proporção de 3:1. Após a aplicação, o solo foi homogeneizado, umedecido a 1/3 atm e incubado por 30 dias, ocasião em que o solo foi novamente destorroado e realizada a semeadura.

As sementes foram submetidas a teste de germinação em quatro repetições, apresentando resultado de 86,5 % de poder de germinação. Em cada unidade experimental foram semeadas seis sementes de soja e após 10 dias foi feito o desbaste, deixando-se três plantas por saco. A irrigação foi realizada diariamente com água destilada, mantendo-se o solo em capacidade de campo. Feito o desbaste, as unidades experimentais foram adubadas com manganês, de acordo com os tratamentos (0 e 6 mg/kg), e com os outros micronutrientes, aplicando-se em todas elas a seguinte adubaço básica: N(400 mg/vaso), P(1.200 mg/vaso), K(1.500 mg/vaso) e S(180 mg/vaso), fracionadas em quatro aplicações, exceto o nitrogênio que recebeu somente uma aplicação em fundação. As fontes dos nutrientes e as quantidades utilizadas estão indicadas no quadro 4.

Após quarenta e cinco dias do plantio, foi realizada a coleta da parte aérea de todas as plantas a uma altura de 0,5 cm do solo e o material coletado foi acondicionado em sacos de papel, identificados conforme sistemática usada na casa de vegetação. Em seguida, o material foi levado ao laboratório da Universidade Federal do Ceará e secado em estufa com

Quadro 4 - Quantidade de nutrientes aplicados e fontes utilizadas no experimento

NUTRIENTE	QUANTIDADE	FONTE(s)
	mg/kg solo	
Nitrogênio (N)	28	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Fósforo (P)	85	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$ e $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Potássio (K)	178	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ , $\text{K}_2\text{SO}_4$ e $\text{KCl}$
Cálcio (Ca)	17	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Enxofre (S)	23	$\text{K}_2\text{SO}_4$ e $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Magnésio (Mg)	3	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Boro (B)	0,70	$\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Zinco (Zn)	1,28	$\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Cobre (Cu)	0,42	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Molibdênio (Mo)	0,10	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Ferro (Fe)	1,60	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante, ocasião em que foi pesada, moída e estocada para análise.

### 3.7 - Parâmetros de Avaliação

#### 3.7.1 - No Solo

Nas quarenta amostras de solo coletadas, o manganês foi avaliado por quatro extratores químicos:

- a) HCl 0,1N (ácido clorídrico) - 10cm<sup>3</sup> de solo e 20 ml de solução extratora, agitada por 5 minutos, filtrada a suspensão e determinado o teor de manganês por espectrofotometria de absorção atômica (Wear & Evans, 1968).
- b) Mehlich 1 ( HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N) - 10 cm<sup>3</sup> de solo e 20 ml de solução extratora, agitados por 15 minutos, filtrada a suspensão e determinado o teor de Mn por espectrofotometria de absorção atômica (Coffman & Miller, 1973).
- c) DTPA (Dietilenotriaminopentacético) - 10 cm<sup>3</sup> e solo e 20 ml de solução extratora, agitados por 60 minutos, filtrada a suspensão e determinado o teor de manganês por espectrofotometria de absorção atômica (Lindsay e Norwell, 1978).
- d) AB-DTPA (bicarbonato de amônia-dietilenotriaminopentacético) - 10 cm<sup>3</sup> de solo e 20 ml de solução extratora, agitados por 60 minutos, filtrada a suspensão e determinado o teor de Mn por espectrofotometria de absorção atômica (Soltanpour & Workman, 1979).

#### 3.7.2 - Na Planta

- a) Matéria Seca (MS) - a produção de matéria seca da parte aérea da planta, determinada em g/vaso em todos os tratamentos, foi obtida após secagem em estufa de circulação de ar forçada a 60°C, até atingir peso constante.

b) Produção Relativa (PR) - tanto a produção relativa quanto o incremento da produção relativa (IP) da matéria seca foram determinados para cada unidade de solo, obedecendo as seguintes formas:

$$PR = \frac{\text{Produção de M.S. sem manganês} \times 100}{\text{Produção de M.S. com manganês}}$$

$$IP = 100 - PR$$

c) Teor de manganês na planta - com a matéria seca da parte aérea da cultura indicadora, após moída em moinho tipo Wiley e passada em peneira de 0,84 mm de abertura, foram preparados os extratos através da digestão por via seca -incineração- ( Malavolta et al., 1989) e determinado o manganês por espectrofotometria de absorção atômica.

### 3.7.3 - Análise Estatística

As análises estatísticas foram feitas com as 40 amostras de solos, em 2 tratamentos e 3 repetições, em disposição fatorial 40x2x3, totalizando 240 unidades experimentais, conduzidas de acordo com o delineamento inteiramente casualizado. Para os parâmetros matéria seca, teor de manganês na planta e os teores de manganês disponíveis no solo ( HCl 0,1N, Mehlich-1, DTPA e AB-DTPA), foram realizadas análises de variância e teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1 e a 5% de probabilidade, através do programa (MSTATC).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de manganês, extraídos do solo pelos quatro extratores estudados, são apresentados no Quadro 5 e sua relação com as propriedades do solo no Quadro 6. A produção da matéria seca, produção relativa e incremento de produção estão no quadro 7; o teor e as quantidades de nitrogênio extraídas pela matéria seca da soja no quadro 8; a concentração de manganês no tecido e quantidades de manganês extraídas pela parte aérea das plantas no Quadro 9. As análises de variância dos parâmetros matéria seca, concentração de manganês no tecido das plantas e extração de manganês pelas plantas encontram-se nos quadros 1A, 2A e 3A do apêndice, respectivamente.

### 4.1 - Manganês disponível no solo.

Considerando todos os solos sem distinção de classes, as quantidades de Mn extraídas pelo HCl 0,1N variaram entre 4,97 a 156,97 mg/kg, com média de 42,73 mg/kg; no Mehlich-1 entre 4,02 a 170,73 mg/kg, com média de 38,93 mg/kg; no DTPA entre 2,02 e 133,73 mg/kg, com média de 25,81 mg/kg e no AB-DTPA entre 1,75 e 115,78 mg/kg, com média de 26,66 mg/kg. Esses resultados concordam com os obtidos por Camargo et al., (1982) trabalhando com vinte e quatro solos do Estado de São Paulo, onde as quantidades de Mn extraídas pelo DTPA variaram de 1,1 a 64,6 mg/kg, com média de 23,36 mg/kg e pelo Mehlich-1 de 1,7 a 120,00 mg/kg, com média de 40,79 mg/kg. Resultados similares também foram encontrados por Sing (1984), ao avaliar a disponibilidade de micronutrientes nas classes dominantes de solos da Amazônia brasileira através de cinco extratores diferentes. Esse pesquisador encontrou teores médios de 25,47 mg/kg para o DTPA e 31,01 mg/kg para o Mehlich-1. Muraoka et al. (1983) avaliando a disponibilidade de zinco e manganês em seis solos do Estado de São Paulo, encontraram resultados inferiores aos verificados neste trabalho, com teores de Mn



variando de 3,6 a 35 mg/kg, com média de 16,87 mg/kg para Mehlich-1, 3 a 55,0 mg/kg, com média de 26,08 mg/kg para o HCl e entre 0,9 e 33,0 mg/kg, com média de 15,49 mg/kg para o DTPA.

Comparando os solos, verificou-se que dentro de uma mesma classe os teores de manganês variaram amplamente, o mesmo acontecendo entre as diferentes classes de solo (quadro 5). Independente do extrator utilizado, os maiores teores foram detectados nos Cambissolos (Ce), seguido dos Podzólicos (Pe) e do Aluvial (Ae). Os menores teores foram verificados nas Areias Quartzosas (AQ) e nos Latossolos (LV). Para esse ordenamento deve ter contribuído a riqueza em manganês do material de origem do solo. Assim, os cambissolos, com mais altos teores de manganês disponível, possuem como material de origem o arenito calcífero da formação Jandaíra e as areias quartzosas, com menores teores de manganês disponível o arenito da formação Serra Grande ou sedimentos arenosos do grupo Barreiras, (Jacomine, 1973), materiais que também contêm os mais altos e baixos teores de manganês total, respectivamente (Araújo, 1994). Araújo (1994), trabalhando com solos do Estado do Ceará, encontrou correlação altamente significativa entre o Mn-total e o disponível obtidos com os extratores DTPA e Mehlich-1.

Os extratores ácidos, HCl 0,1N e Mehlich-1, extraíram maiores quantidades de Mn (média geral de 42,7 e 38,9 mg/kg, respectivamente) em relação aos extratores complexantes, DTPA e AB-DTPA que extraíram quantidades similares (média geral de 25,8 e 26,7 mg/kg, respectivamente). Esse comportamento pode ser explicado pelo maior poder de dissolução dos extratores ácidos ( Raij & Bataglia, 1991). Quando se relacionaram os extratores entre si, através de correlação linear simples, os mesmos apresentaram resultados altamente significativos com  $r = 0,954$  para o Mehlich-1 x HCl 0,1N;  $r = 0,872$  para Mehlich-1 x DTPA;  $r = 0,884$  para o Mehlich-1 x AB-DTPA;  $r = 0,823$  para HCl 0,1N x DTPA;  $r = 0,918$  para HCl 0,1N x AB-DTPA e  $r = 0,817$  para DTPA x AB-DTPA. Estas relações estão ilustradas nas figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7, nas quais também são indicadas as

QUADRO 5 - Teor de manganês disponível determinado pelos extratores HCl 0,1N, Mehlich-1, DTPA e AB-DTPA, em 40 amostras de solos do Estado do Ceará

SOLO		MANGANÊS DISPONÍVEL			
N <sup>o</sup>	UNID.*	HCl 0,1N	MEHLICH-1	DTPA	AB-DTPA
-----mg/kg-----					
01	AQd <sub>2</sub>	6,50	6,58	4,72	5,38
02	AQd <sub>2</sub>	10,53	14,34	6,83	8,59
03	AQd <sub>1</sub>	6,35	6,85	5,41	5,58
04	AQd <sub>4</sub>	31,79	34,30	19,86	27,13
05	AQd <sub>4</sub>	11,25	11,90	6,03	6,93
06	AQd <sub>7</sub>	5,62	5,20	4,46	4,60
07	LVD <sub>1</sub>	11,84	12,87	8,81	9,26
08	LVD <sub>1</sub>	4,97	4,02	5,41	6,81
09	LVD <sub>3</sub>	37,17	40,55	26,10	21,73
10	LVD <sub>6</sub>	51,07	34,17	64,98	29,54
11	LVD <sub>7</sub>	15,50	18,90	8,24	8,33
12	LVD <sub>7</sub>	7,40	8,84	4,65	5,84
13	LVD <sub>7</sub>	6,63	6,53	2,02	1,75
14	LVD <sub>7</sub>	5,82	6,48	4,13	4,09
15	LVD <sub>7</sub>	19,66	18,43	8,32	16,26
16	LVD <sub>10</sub>	19,37	16,78	7,49	14,96
17	Ae <sub>1</sub>	52,67	37,74	17,01	15,28
18	Ae <sub>3</sub>	71,43	82,38	47,26	63,13
19	Ae <sub>4</sub>	102,55	99,26	67,36	72,49
20	Ae <sub>4</sub>	38,70	34,21	16,49	21,08
21	Ae <sub>4</sub>	14,01	5,10	7,92	17,57
22	Ae <sub>4</sub>	72,35	45,09	34,86	24,40
23	Ce	117,40	82,38	13,68	77,10
24	Ce	84,00	43,47	47,77	49,32
25	Ce	92,13	69,88	33,37	41,77
26	PV <sub>1</sub>	80,48	87,37	26,68	37,53
27	PV <sub>3</sub>	9,85	10,70	8,28	8,19
28	PV <sub>7</sub>	6,01	4,97	3,55	5,51
29	PE <sub>4</sub>	67,91	50,62	35,18	36,50
30	PE <sub>6</sub>	143,63	132,02	117,83	115,78
31	PE <sub>10</sub>	156,97	170,73	133,73	70,55
32	PE <sub>25</sub>	35,57	31,71	8,85	14,50
33	PE <sub>25</sub>	46,37	46,37	38,37	30,25
34	PE <sub>25</sub>	53,03	53,00	53,45	49,25
35	PE <sub>28</sub>	42,15	47,52	37,78	42,62
36	Re <sub>2</sub>	48,17	42,52	26,23	25,48
37	Re <sub>15</sub>	18,85	18,65	12,10	16,59
38	NC <sub>4</sub>	36,02	45,44	19,04	21,66
39	V <sub>3</sub>	25,05	35,56	6,43	5,63
40	PL <sub>1</sub>	42,87	36,50	54,03	35,20
MÉDIAS		42,73	38,93	25,81	26,66

(\*) Unidade de mapeamento

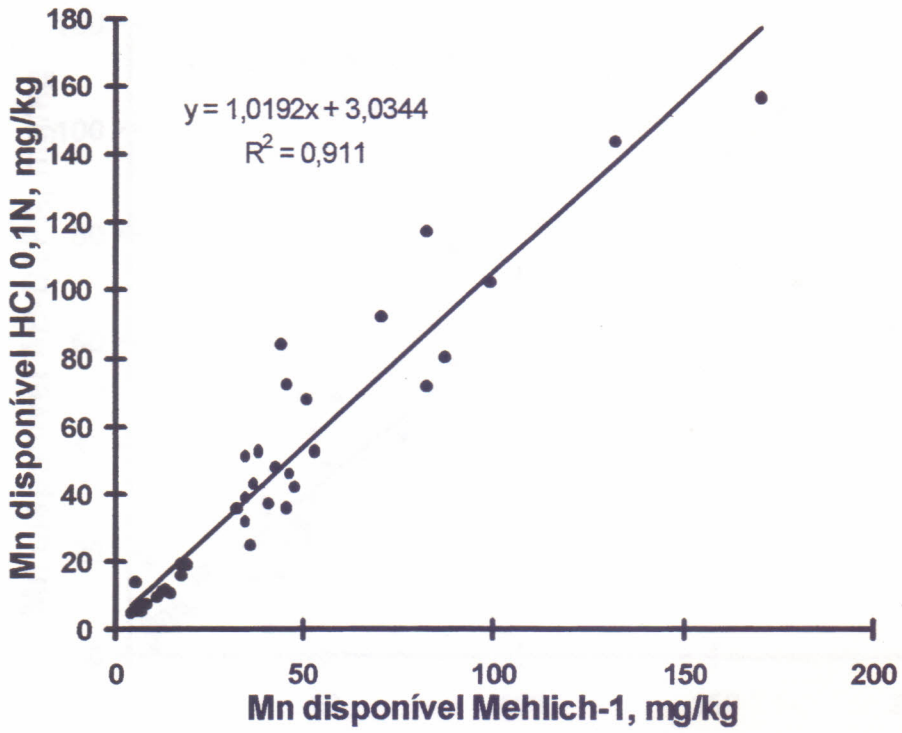


FIGURA 2 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo Mehlich-1 e HCl 0,1N

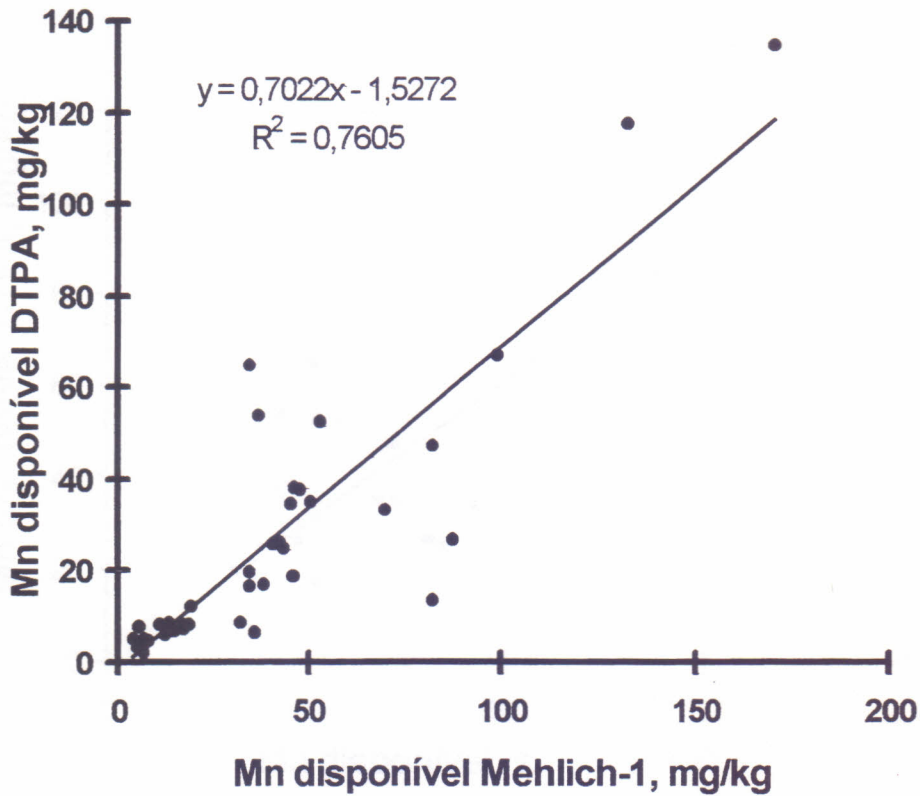


FIGURA 3 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo Mehlich-1 e DTPA

R647110.





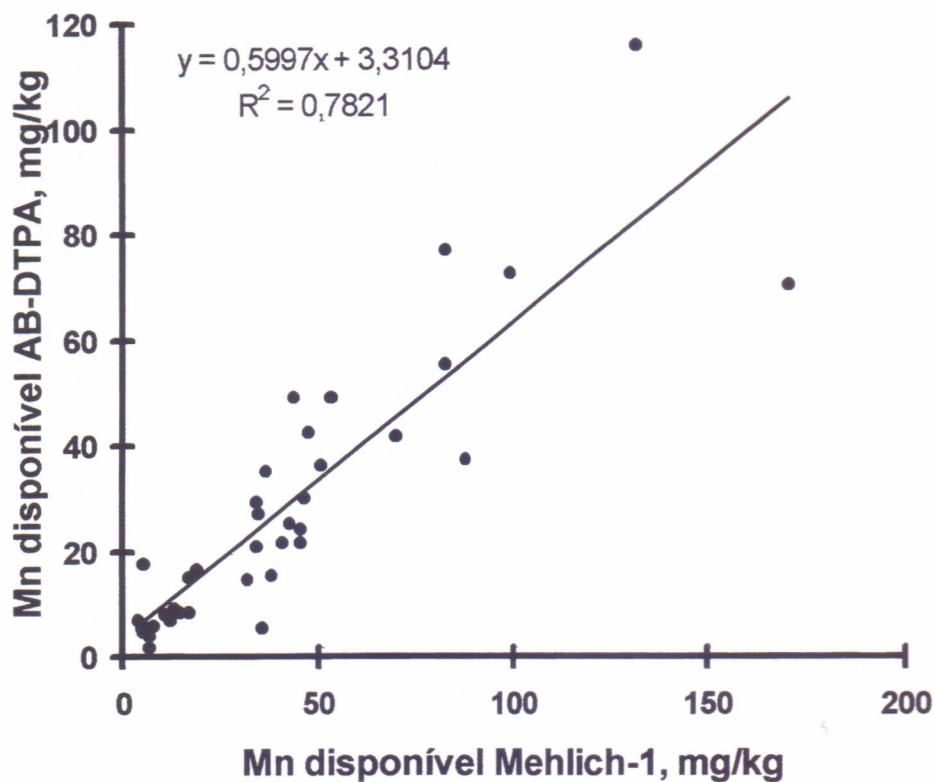


FIGURA 4 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo Mehlich-1 e AB-DTPA

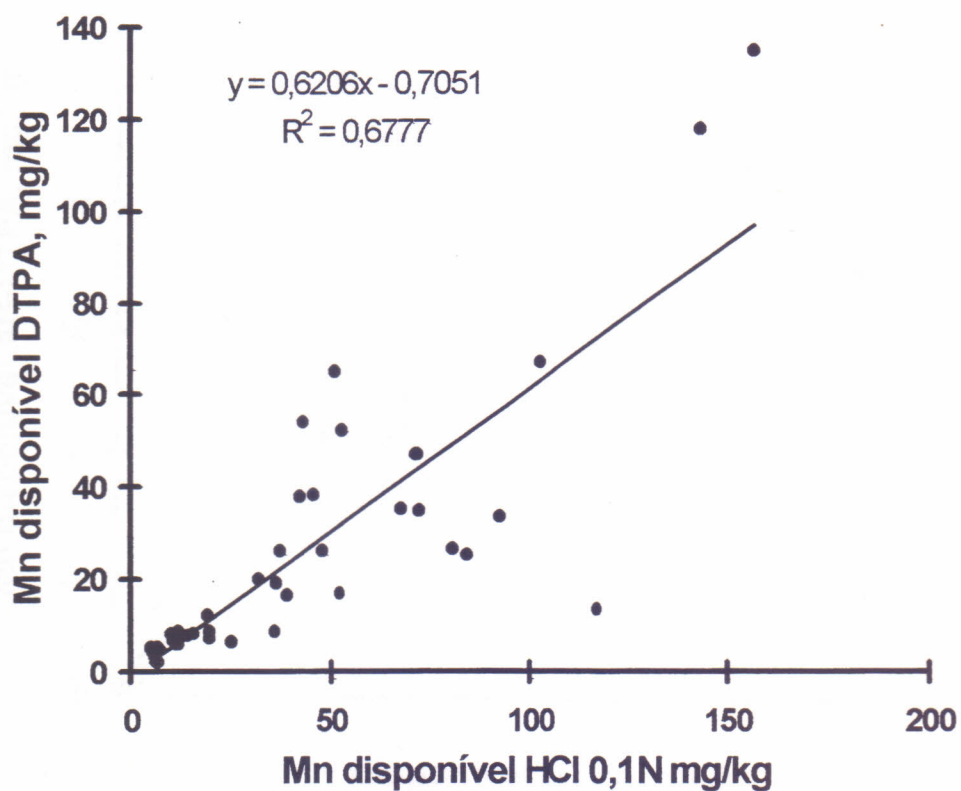


FIGURA 5 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo HCL 0,1N e o DTPA

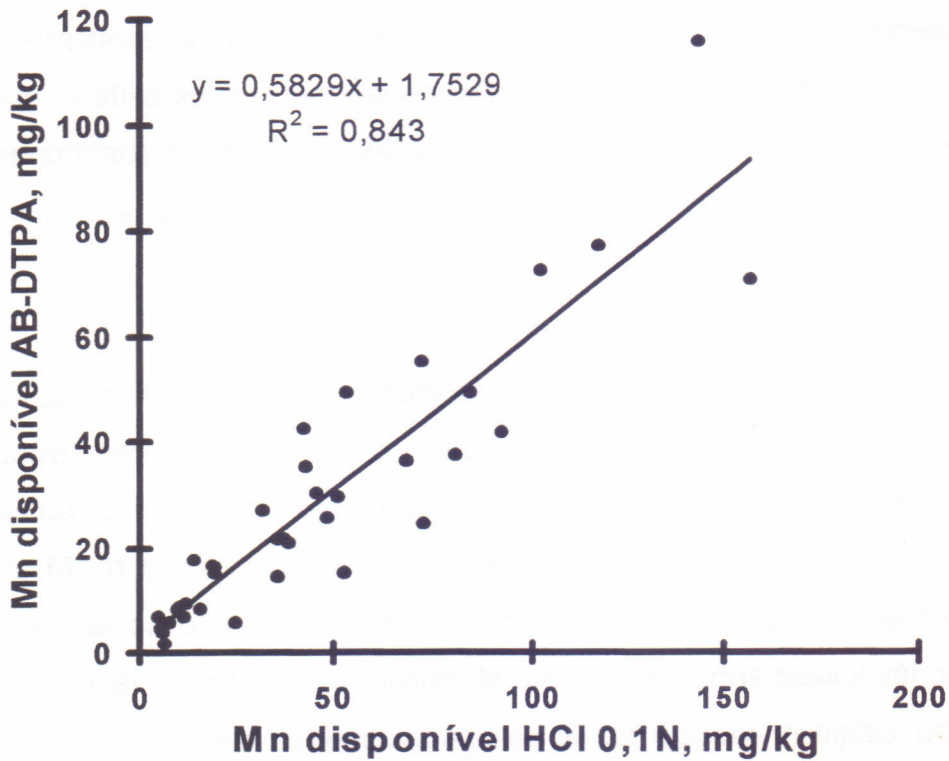


FIGURA 6 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo HCl 0,1N e o AB-DTPA

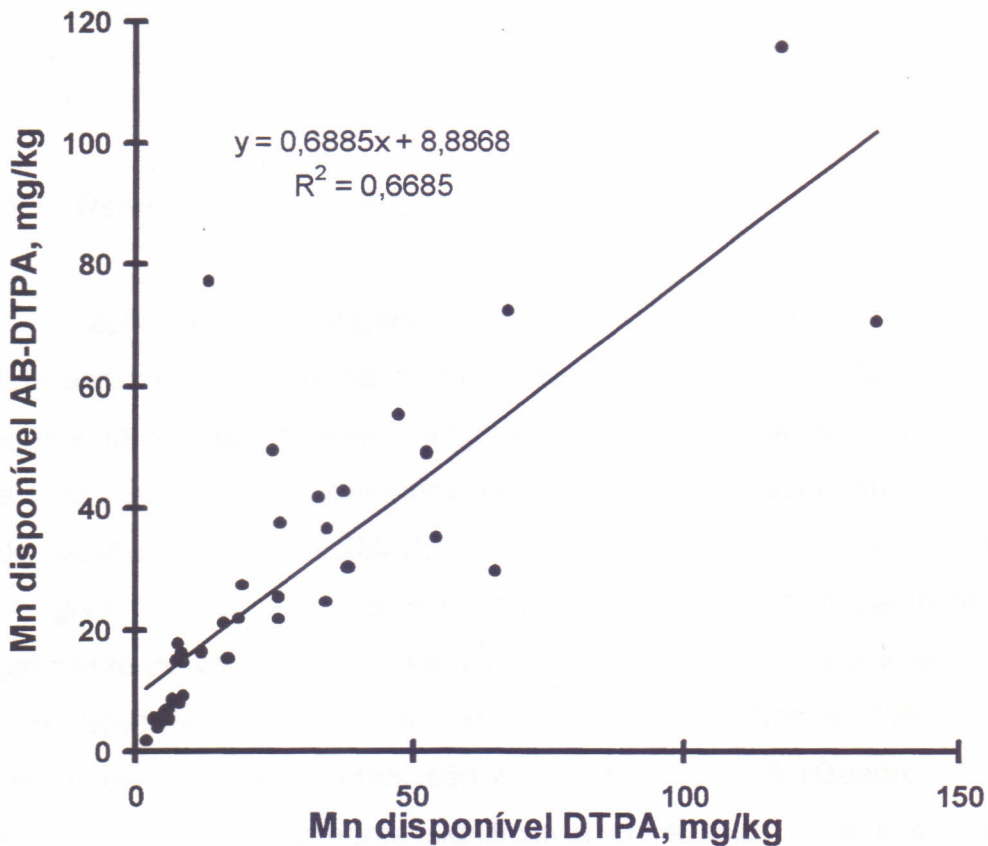


FIGURA 7 - Relação entre teores de manganês disponível extraído pelo DTPA e AB-DTPA

respectivas equações de regressão. Relação linear simples, altamente significativa entre o manganês extraído pelo DTPA e Mehlich-1, também foi encontrada por Sing (1984) em solos da Amazônia, pelo qual o referido autor considera que ambos os extratores são promissores.

As análises de correlação entre os teores de Mn disponível e as propriedades do solo, mostradas no quadro 6, apresentaram coeficiente de correlação simples muito baixo e não significativos. Isso indica que nos solos estudados nenhuma das propriedades explica, de forma individual, o conteúdo de Mn nos solos. Esse comportamento pode ser atribuído à diversidade do material de origem desses solos bem como a complexidade da química do manganês no solo por se tratar de um elemento que possui vários estados de oxidação. Quando se realizou análise de correlações múltiplas, utilizando duas ou mais propriedades dos solos, os coeficientes de correlação melhoraram ligeiramente, no entanto permaneceram insatisfatórios por apresentarem valores baixos e não significativos.

## 4.2 - Resposta das plantas a adubação com manganês

### 4.2.1 - Rendimento da matéria seca

A aplicação de manganês influenciou na produção da matéria seca da parte aérea das plantas de modo variado nos solos envolvidos no estudo. No tratamento que não recebeu manganês ( $Mn_0$ ), a matéria seca produzida variou de 1,20 a 9,17 g/vaso, com média de 5,44 g/vaso, enquanto que no tratamento que recebeu manganês ( $Mn_1$ ), variou de 1,21 a 9,69 g/vaso, com média de 5,42 g/vaso (Quadro 7). Os resultados da análise de variância mostraram um coeficiente de variação de 14,8% para este parâmetro, valor inferior ao limite (20%) aceito em trabalhos de casa de vegetação (Gomes, 1987), indicando que os dados experimentais são confiáveis. A ANVA (Quadro 1A) também mostrou diferença altamente significativa entre solos e na interação solo x manganês, não sendo verificadas diferenças entre os tratamentos com e sem o



Quadro 6 - Coeficientes de correlação<sup>(1)</sup> simples e múltipla entre os teores de manganês disponível extraído por quatro extratores, e algumas propriedades do solo

PROPRIEDADES <sup>(2)</sup>	EXTRATORES			
	MEHLICH-1	HCl 0,1N	DTPA	AB-DTPA
pH	0,065	0,192	0,040	0,040
MATÉRIA ORGÂNICA	0,084	0,179	0,073	0,073
ARGILA	0,072	0,037	0,063	0,020
SILTE	0,014	0,064	0,007	0,047
AREIA	0,006	0,036	0,034	0,033
CTC	0,206	0,059	0,022	0,014
V	0,060	0,294	0,068	0,154
CE	0,105	0,227	0,042	0,117
pH + M.O	0,093	0,245	0,084	0,070
pH + ARGILA	0,095	0,196	0,080	0,044
pH + CE	0,011	0,208	0,161	0,244
pH + V	0,173	0,241	0,201	0,113
M.O + ARGILA	0,015	0,168	0,060	0,060
CTC + V	0,204	0,243	0,065	0,105
pH + M.O + ARGILA	0,196	0,275	0,066	0,011
pH + ARGILA + V	0,163	0,281	0,137	0,091

<sup>(1)</sup> Coeficientes de correlação não significativos estatisticamente

<sup>(2)</sup> M.O=matéria orgânica; CTC=capacidade de troca de cátions; V=percentagem de saturação de bases; CE - condutividade elétrica

Quadro 7 - Rendimento de matéria seca nos tratamentos, sem manganês (Mn<sub>0</sub>) e com manganês, produção relativa e incremento de produção do experimento com plantas de soja, cultivadas em quarenta amostras de solos do Estado do Ceará.

Solo		Matéria Seca <sup>2</sup>			Produção Relativa	Incremento de Produção
Nº	Unid. <sup>1</sup>	Mn <sub>0</sub>	Mn <sub>1</sub>	Média		
		-----g/vaso-----				
		-----%-----				
01	AQd <sub>2</sub>	5,99A	5,51A	5,7 cdefghij	108,71	-8,71
02	AQd <sub>2</sub>	4,69A	4,30A	4,5 ijklmn	109,07	-9,07
03	AQd <sub>4</sub>	1,76A	3,17B	2,5 op	55,53	44,48
04	AQd <sub>4</sub>	1,83A	3,11B	2,5 op	58,84	41,16
05	AQd <sub>4</sub>	1,20A	1,21A	1,2 p	99,17	0,83
06	AQd <sub>7</sub>	7,13A	5,62B	6,4 abcdefghi	126,87	-26,87
07	LVd <sub>1</sub>	3,85A	3,71B	3,8 klmno	103,77	-3,77
08	LVd <sub>1</sub>	4,72A	4,83B	4,8 Hijklm	97,72	2,28
09	LVd <sub>3</sub>	6,01A	5,40B	5,7 defghij	111,30	-11,30
10	LVd <sub>6</sub>	7,22A	7,36A	7,3 bcde	98,10	1,90
11	LVd <sub>7</sub>	6,97A	5,68B	6,6 bcdefghi	122,71	-22,71
12	LVd <sub>7</sub>	5,26A	5,28A	5,3 fghijklm	99,62	0,38
13	LVd <sub>7</sub>	5,20A	4,81B	5,0 ghijklm	108,11	-8,11
14	LVd <sub>7</sub>	7,07A	6,16B	6,6 abcdefgh	114,77	-14,77
15	LVd <sub>7</sub>	7,98A	7,34B	7,7 abc	108,72	-8,72
16	LVd <sub>10</sub>	2,59A	2,52A	2,5 op	102,78	-2,78
17	Ae <sub>1</sub>	6,66A	6,81A	6,7 abcdefg	97,80	2,20
18	Ae <sub>3</sub>	5,13A	5,46A	5,3 fghijkl	93,96	6,04
19	Ae <sub>4</sub>	5,47A	4,90B	5,2 fghijklm	111,63	-11,63
20	Ae <sub>4</sub>	3,38A	3,33A	3,3 mno	101,50	-1,50
21	Ae <sub>4</sub>	8,02A	6,97B	7,5 abcd	115,06	-15,06
22	Ae <sub>4</sub>	7,77A	7,47B	7,6 abcd	104,02	-4,02
23	Ce	9,17A	6,74B	8,0 ab	136,05	-36,05
24	Ce	6,52A	5,64B	6,1 bcdefghij	115,60	-15,60
25	Ce	6,22A	6,19B	6,2 bcdefghi	100,48	-0,48
26	PV <sub>1</sub>	3,48A	3,61A	3,5 lmno	96,40	3,60
27	PV <sub>3</sub>	4,29A	4,25A	4,3 jklmno	100,94	-0,94
28	PV <sub>7</sub>	3,98A	3,43B	3,7 klmno	116,03	-16,03
29	PE <sub>4</sub>	2,59A	2,60A	2,6 nop	99,62	0,38
30	PE <sub>6</sub>	5,48A	5,34A	5,4 efg hijkl	102,62	-2,62
31	PE <sub>10</sub>	5,22A	5,98B	5,9 cdefghij	87,29	12,71
32	PE <sub>25</sub>	5,83A	6,27B	6,0 bcdefghij	92,98	7,02
33	PE <sub>25</sub>	5,72A	6,85B	6,3 bcdefghij	83,50	16,50
34	PE <sub>25</sub>	4,41A	6,46B	5,4 efg hijkl	68,27	31,73
35	PE <sub>28</sub>	6,83A	9,69B	8,2 a	70,49	29,51
36	Re <sub>2</sub>	7,83A	7,98A	7,9 ab	98,12	1,88
37	Re <sub>15</sub>	7,58A	7,04B	7,3 abcde	107,67	-7,67
38	NC <sub>4</sub>	7,18A	7,01B	7,0 abcdef	102,43	-2,43
39	V <sub>3</sub>	4,10A	5,04B	4,6 ijklmn	81,35	18,65
40	PL <sub>1</sub>	5,21A	5,83B	5,5 efg hijk	89,37	10,63
MÉDIA		5,44A	5,42A		99,97	5,80

(1) Unidade de mapeamento

(2) Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma coluna e por letras maiúsculas iguais nas fileiras, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



elemento. A diferença entre solos e na interação solo x manganês se explica por se tratar de solos de classes diferentes com características físico-químicas distintas (Quadros 2 e 3). Além disso, para significância da interação solo x manganês, provavelmente houve influência das propriedades do solo sobre a dinâmica do Mn no solo a qual é extremamente complexa, por se tratar de um elemento que atua com vários estados de oxidação. A disponibilidade de Mn pode ser fortemente afetada pelas variações de pH, das condições de oxirredução do solo, matéria orgânica, atividade biológica, temperatura e umidade do solo (Clark et al., 1957; Freire et al., 1958; Nhurg & Ponnampertuma, 1966; Takkar, 1969; Cheng & Quéllette, 1971; Lopes & Cox, 1977 e Lindsay & Cox, 1985).

A ausência de resposta à aplicação de manganês ou o baixo incremento de produção relativa na maioria dos solos, objeto deste estudo, podem ser explicados pela existência de reserva natural de manganês nos solos. Outro fator que pode ter contribuído para a ausência de resposta é o tempo de armazenamento, por ser o experimento em casa de vegetação, tendo em vista que a coleta do solo foi feita no período de sessenta dias, permanecendo as amostras de TFSA armazenadas até completar a quantidade planejada para a realização do trabalho e condução do experimento. Segundo Pavan & Miyazawa (1984), a quantidade de Mn extraída aumenta com a secagem e com o período de armazenamento das amostras. Quando a produção da matéria foi expressa em forma relativa e se calculou o incremento de produção relativa (Quadro 7) verificou-se que em 22 dos 40 solos estudados, os incrementos de produção relativa foram negativos, sendo que em 9 solos a redução de produção foi superior a 10%. Essas reduções podem ser atribuídas ao efeito depressivo do manganês sobre a fixação simbiótica do nitrogênio, que se refletem no crescimento vegetativo das plantas. Essa afirmativa foi confirmada pelos resultados das análises dos teores de nitrogênio e as quantidades absorvidas pela parte aérea das plantas de soja, apresentados no quadro 8. No referido quadro, verifica-se que embora as concentrações médias de N na matéria seca dos tratamentos, com e sem Mn, sejam similares (3,16 e 2,96%, respectivamente), em 27 solos os teores de



Quadro 8 - Teor de nitrogênio no tecido e quantidade de N extraído pela parte aérea da soja, nos tratamentos sem manganês (Mn<sub>0</sub>) e com manganês (Mn<sub>1</sub>) nos solos estudados.

Solos		N no Tecido		N Extraído	
N <sup>o</sup>	Unid.*	Mn <sub>0</sub>	Mn <sub>1</sub>	Mn <sub>0</sub>	Mn <sub>1</sub>
		%		mg/vaso	
01	AQd <sub>4</sub>	2,77	2,57	165,92	141,61
02	AQd <sub>2</sub>	1,87	2,08	87,70	88,58
03	AQd <sub>4</sub>	3,33	3,03	58,61	96,05
04	AQd <sub>4</sub>	3,46	3,49	63,32	108,54
05	AQd <sub>4</sub>	5,11	2,90	61,32	35,09
06	AQd <sub>7</sub>	2,91	2,70	207,48	151,74
07	LVd <sub>1</sub>	4,51	2,79	173,64	103,51
08	LVd <sub>1</sub>	2,18	1,80	102,90	86,94
09	LVd <sub>3</sub>	3,78	3,64	227,18	196,56
10	LVd <sub>6</sub>	3,51	2,78	253,42	204,61
11	LVd <sub>7</sub>	2,33	2,70	162,40	153,36
12	LVd <sub>7</sub>	3,20	2,65	168,32	139,92
13	LVd <sub>7</sub>	2,71	3,19	140,92	153,44
14	LVd <sub>7</sub>	2,80	3,08	197,96	189,73
15	LVd <sub>7</sub>	2,96	2,82	236,21	206,99
16	Lvd <sub>10</sub>	3,39	3,32	87,80	83,66
17	Ae <sub>1</sub>	3,60	3,36	239,76	228,82
18	Ae <sub>3</sub>	3,25	3,14	166,73	172,07
19	Ae <sub>4</sub>	2,37	1,91	129,64	93,59
20	Ae <sub>4</sub>	3,29	2,75	111,20	91,57
21	Ae <sub>4</sub>	3,35	3,67	268,67	255,80
22	Ae <sub>4</sub>	3,90	2,97	303,03	221,86
23	Ce	3,12	3,53	286,10	237,92
24	Ce	2,45	2,37	159,74	133,67
25	Ce	2,44	3,11	151,77	192,51
26	PV <sub>1</sub>	3,95	3,67	137,46	132,49
27	PV <sub>3</sub>	3,05	3,02	130,85	128,35
28	PV <sub>7</sub>	2,62	3,12	104,28	107,02
29	PE <sub>4</sub>	4,10	3,60	106,19	93,60
30	PE <sub>6</sub>	2,19	2,21	120,01	118,01
31	PE <sub>10</sub>	3,14	3,36	163,91	200,93
32	PE <sub>25</sub>	3,67	2,71	213,96	169,92
33	PE <sub>25</sub>	3,56	3,53	203,63	241,80
34	PE <sub>25</sub>	3,13	2,97	138,03	191,86
35	PE <sub>28</sub>	2,23	2,19	152,31	212,21
36	Re <sub>2</sub>	3,17	3,20	248,21	255,36
37	Re <sub>15</sub>	2,73	3,04	206,93	214,07
38	NC <sub>4</sub>	3,16	2,64	226,89	185,06
39	V <sub>3</sub>	3,76	3,43	154,16	172,87
40	PL <sub>1</sub>	3,20	3,29	166,72	191,81
MÉDIAS		3,16	2,96	167,13	159,19

(\*) Unidade de mapeamento

N dos tratamentos que receberam adubação com manganês, foram inferiores aos que não receberam. Essas diferenças não são explicadas em sua totalidade pelo efeito de diluição por maior produção de matéria seca, pois em 24 solos as quantidades de N extraídas foram inferiores nos tratamentos com manganês em relação ao sem manganês. Esse fato sugere que um dos fatores que limitou a produção de matéria seca foi a deficiência de nitrogênio. Morris (1948) apontava que a redução do crescimento das leguminosas, principalmente em solos ácidos, era originada pela toxidez do manganês. Segundo Franco & Dobereiner (1971), o excesso de manganês afeta a simbiose soja-*Rhizobium*, dificultando a nodulação das leguminosas o que influencia substancialmente na fixação do N pela planta, com reflexo direto no seu crescimento vegetativo. Esses pesquisadores também indicam que quando a concentração de Mn é muito alta, a toxidez desse elemento pode inibir diretamente o desenvolvimento da planta, antes da fixação do nitrogênio. Nesse estudo, não se pode fazer tal afirmativa, pois somente em 6 solos, a matéria seca apresentou teores de Mn superior a faixa de 20 a 100 mg/kg considerada adequada para a cultura da soja (Malavolta, 1996) e não apresentaram redução na produção da matéria seca ou foram pouco expressivo. Quando se relacionou a produção relativa da matéria seca da soja nos solos sem adubação com o Mn disponível no solo extraído pelos quatro extratores, antes do cultivo, os coeficientes de correlação foram muito baixos ( $r$  entre 0,241 e 0,344) o que não possibilitou a determinação de uma função de produção para o estabelecimento de nível crítico para este nutriente. Este fato se explica, como mencionado anteriormente, tanto por ser os solos estudados bem providos de manganês, como pela interferência da deficiência de nitrogênio, devido à utilização da adubação nitrogenada apenas em fundação e à inibição da fixação simbiótica desse elemento.

#### 4.2.2 - Teores de manganês e manganês extraído pela parte aérea da planta

Analisando os dados relativos à concentração de manganês no tecido das plantas, verifica-se que nos solos que não foram adubados com manganês, os teores na matéria seca variaram de 22,12 a 148,22 mg/kg, com



média de 51,54 mg/kg, enquanto que nos que foram adubados com Mn, os teores variaram de 28,49 a 170,00 mg/kg com média de 70,98 mg/kg, (Quadro 9). A análise de variância dos teores de Mn, na matéria seca (C.V 17,23%), mostrou diferenças altamente significativas para os efeitos principais do solo, dos tratamentos (com e sem manganês) e da interação solo x tratamento. De um modo geral, os teores de Mn na matéria seca da planta foram superiores nos solos com maior conteúdo de Mn disponível e nos tratamentos que receberam adubação com manganês. Estabelecidas as relações lineares, quadráticas e logarítmicas entre os teores de Mn na planta e o disponível no solo extraído pelos extratores em avaliação, as lineares apresentaram melhores resultados, no entanto, os coeficientes de correlação foram relativamente baixos e apenas o Mehlich-1 ( $r=0,439$ ) e o DTPA ( $r=0,593$ ) foram estatisticamente significativos a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente (Figuras 8, 9, 10 e 11). Embora havendo diferença estatística entre solos, pode-se afirmar que todos forneceram o manganês em quantidades suficientes para o desenvolvimento da soja, uma vez que os teores de Mn na planta foram superiores a 20 mg/kg, considerados adequados. Segundo Cox (1968), quando o teor de manganês é inferior a 20 mg/kg na folha superior e completamente desenvolvida de soja, em condições de campo, deve haver resposta à aplicação de Mn. Por outro lado, pode-se dizer que em nenhum dos solos o Mn se encontrava em quantidades tóxicas, sendo as maiores concentrações de 148,2 mg/kg para solos não adubados e de 170,0 mg/kg para solos adubados, teores que podem ser considerados altos (Jones Junior, 1973), porém não tóxicos. Segundo Foy (1983), concentrações de Mn acima de 180 mg/kg estão relacionadas com toxicidade em plantas de soja na variedade Bragg, considerada sensível. No entanto, Jones & Nelson (1978), trabalhando com a mesma variedade, não observaram nenhum sintoma de toxicidade quando as folhas apresentavam teores de 320 mg/kg. Shuman & Anderson (1974) observaram sintomas severos de toxicidade somente com concentração de Mn acima de 720 mg/kg. Dessa forma, os teores de Mn apresentados pela planta da soja, no presente trabalho, confirmam novamente que ligeira redução na produção da matéria seca, observada em alguns solos, foi causada, principalmente, pela inibição da fixação simbiótica do



QUADRO 9 - Teor de manganês e quantidade de Mn absorvida pela parte aérea da soja, nos tratamentos sem manganês (Mn<sub>0</sub>) e com manganês (Mn<sub>1</sub>) dos solos estudados.

Solos		Mn no Tecido <sup>2</sup>			Mn Absorvido		
N <sup>0</sup>	Unid. <sup>1</sup>	Mn <sub>0</sub>	Mn <sub>1</sub>	Média	Mn <sub>0</sub>	Mn <sub>1</sub>	Média
		-----mg/kg-----			-----µg/vaso-----		
01	AQd <sub>2</sub>	42,5A	63,6B	53,0 hijkl	255A	351B	308 ghijklm
02	AQd <sub>2</sub>	24,9A	51,4B	38,1 jklm	115A	221B	168 jklmnop
03	AQd <sub>4</sub>	64,8A	84,6B	74,7 fgh	112A	266B	189 jklmnop
04	AQd <sub>4</sub>	122,7A	123,7A	123,2 bc	228A	386B	307 ghijkl
05	AQd <sub>4</sub>	93,1A	108,3B	100,7 cde	112A	130B	121 p
06	AQd <sub>7</sub>	37,2A	64,8B	51,0 hijkl	266A	365B	315 fghij
07	LVd <sub>1</sub>	67,6A	98,8B	83,2 efg	259A	367B	313 fghij
08	LVd <sub>1</sub>	27,1A	47,4B	37,3 jklm	129A	230A	179 jklmnop
09	LVd <sub>1</sub>	49,1A	62,5B	55,8 hijk	295A	331B	313 fghij
10	LVd <sub>6</sub>	48,5A	50,6A	49,6 hijklm	346A	372B	359 efghi
11	LVd <sub>7</sub>	32,8A	46,3B	39,6 ijklm	229A	263B	246 ijklmnop
12	LVd <sub>7</sub>	37,9A	50,6B	44,3 ijklm	197A	267B	232 ijklmnop
13	LVd <sub>7</sub>	24,0A	38,3B	31,2 klm	125A	183B	154 lmnop
14	LVd <sub>7</sub>	32,4A	54,9B	43,7 ijklm	230A	337B	283 hijklmn
15	LVd <sub>7</sub>	22,1A	28,5A	25,3 m	179A	209B	194 jklmnop
16	LVd <sub>10</sub>	43,1A	76,5B	59,8 ghij	112A	192B	152 mnop
17	Ae <sub>1</sub>	26,6A	39,1B	32,9 klm	178A	267B	222 ijklmnop
18	Ae <sub>3</sub>	40,7A	66,4A	53,6 hijk	210A	363B	286 hijklmn
19	Ae <sub>4</sub>	66,4A	97,2B	81,8 efg	363A	476B	419 defgh
20	Ae <sub>4</sub>	43,9A	74,7B	59,3 ghij	145A	244B	195 jklmnop
21	Ae <sub>4</sub>	31,3A	36,4A	33,9 klm	274A	255B	251 ijklmnop
22	Ae <sub>4</sub>	31,2A	41,1B	36,2 jklm	242A	307B	275 hijklmnop
23	Ce	35,6A	46,2B	40,9 ijklm	323A	312A	317 fghij
24	Ce	34,4A	46,6B	40,6 ijklm	225A	265B	245 ijklmnop
25	Ce	39,9A	60,0B	50,0 hijklm	247A	371B	309 ghijk
26	PV <sub>1</sub>	36,0A	40,3A	38,6 jklh	125A	142B	134 nop
27	PV <sub>3</sub>	91,2A	131,6B	111,4 bcd	391A	560B	475 de
28	PV <sub>7</sub>	43,9A	83,4B	63,7 fghi	174A	285B	230 ijklmnop
29	PE <sub>4</sub>	52,2A	46,8A	49,5 hijklm	132A	122A	127 op
30	PE <sub>6</sub>	85,0A	166,0B	125,5 bc	464A	887B	675 bc
31	PE <sub>10</sub>	148,2A	164,5B	156,1 a	774A	982B	878 a
32	PE <sub>25</sub>	26,6A	29,3A	27,9 lm	155A	183B	313 fghij
33	PE <sub>25</sub>	65,9A	77,1B	71,5 fgh	378A	528B	453 defg
34	PE <sub>25</sub>	86,9A	87,4B	87,1 def	386A	542B	464 def
35	PE <sub>28</sub>	56,1A	71,2B	63,7 fghi	384A	678B	531 cd
36	Re <sub>2</sub>	32,4A	48,2B	40,3 ijklm	254A	385B	320 fghij
37	Re <sub>15</sub>	51,4A	88,6B	70,0 fgh	391A	613B	502 de
38	NC <sub>4</sub>	30,1A	40,3B	35,2 jklm	216A	284B	250 ijklmnop
39	V <sub>3</sub>	34,8A	35,4A	35,1 jklm	139A	178B	159 klmnop
40	PL <sub>1</sub>	100,5A	170,0B	135,3 ab	516A	987B	752 ab
MÉDIAS		51,54A	70,9B		256A	367B	

(1) Unidade de mapeamento

(2) Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, e por letras maiúsculas iguais

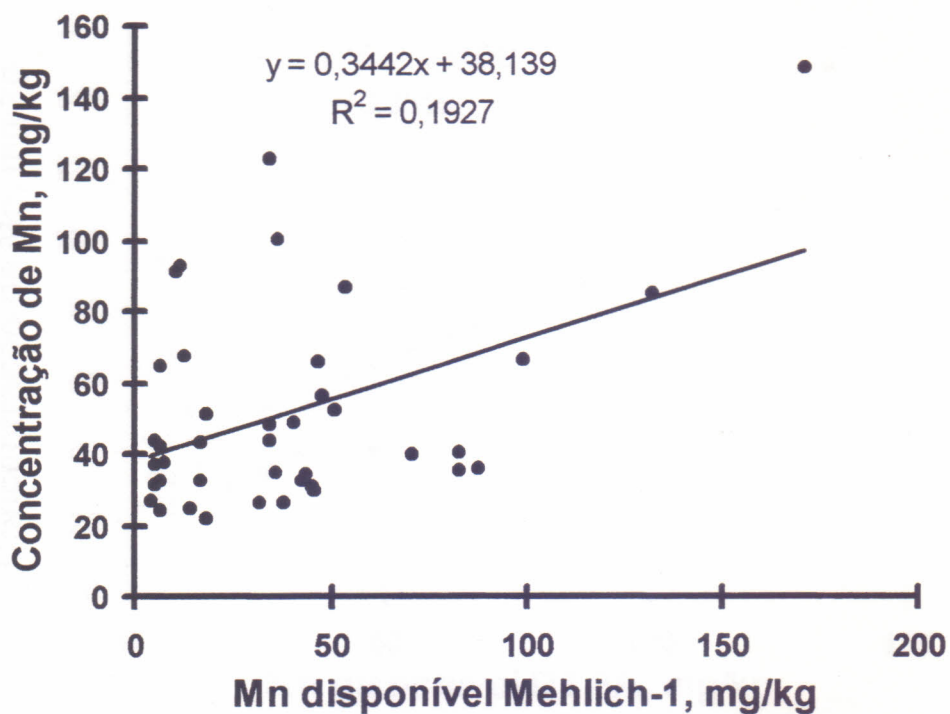


FIGURA 8 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo Mehlich-1

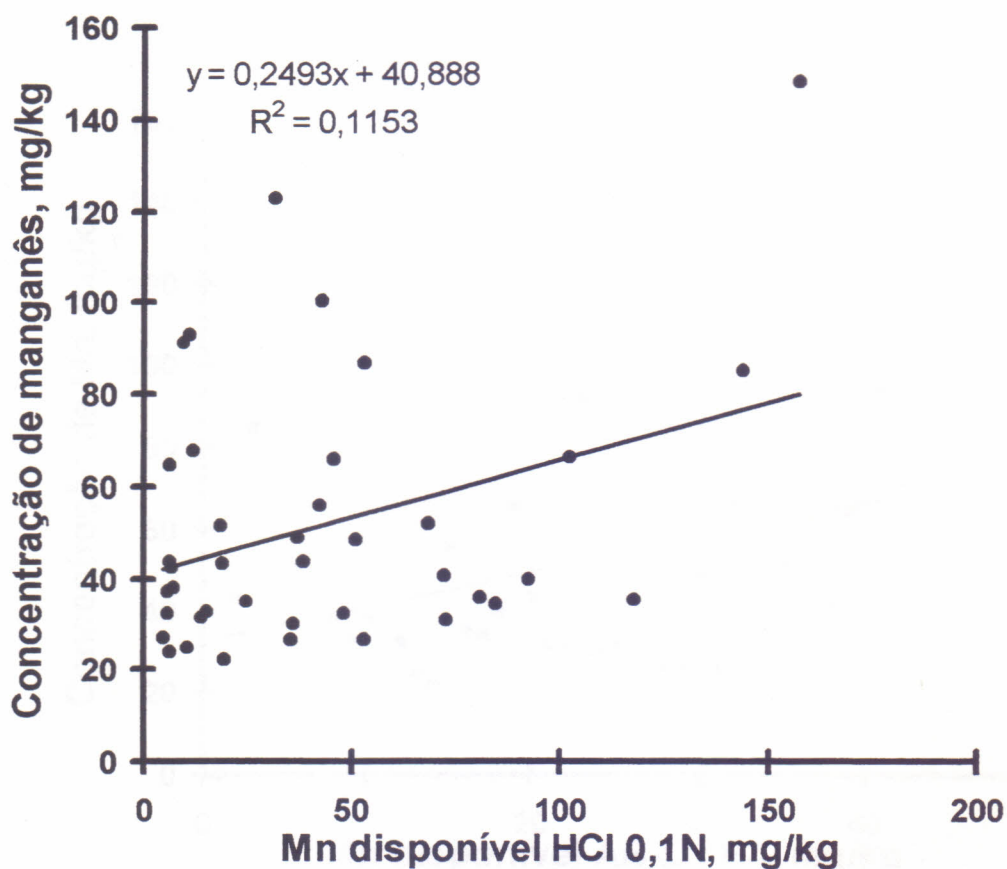


FIGURA 9 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo HCl 0,1N

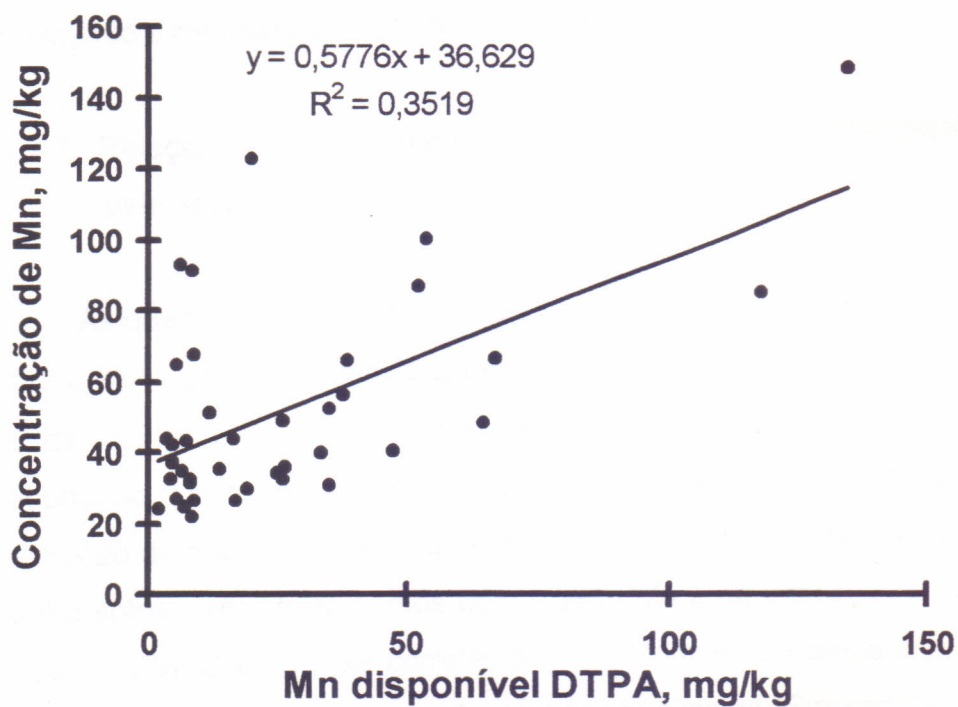


FIGURA 10 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo DTPA

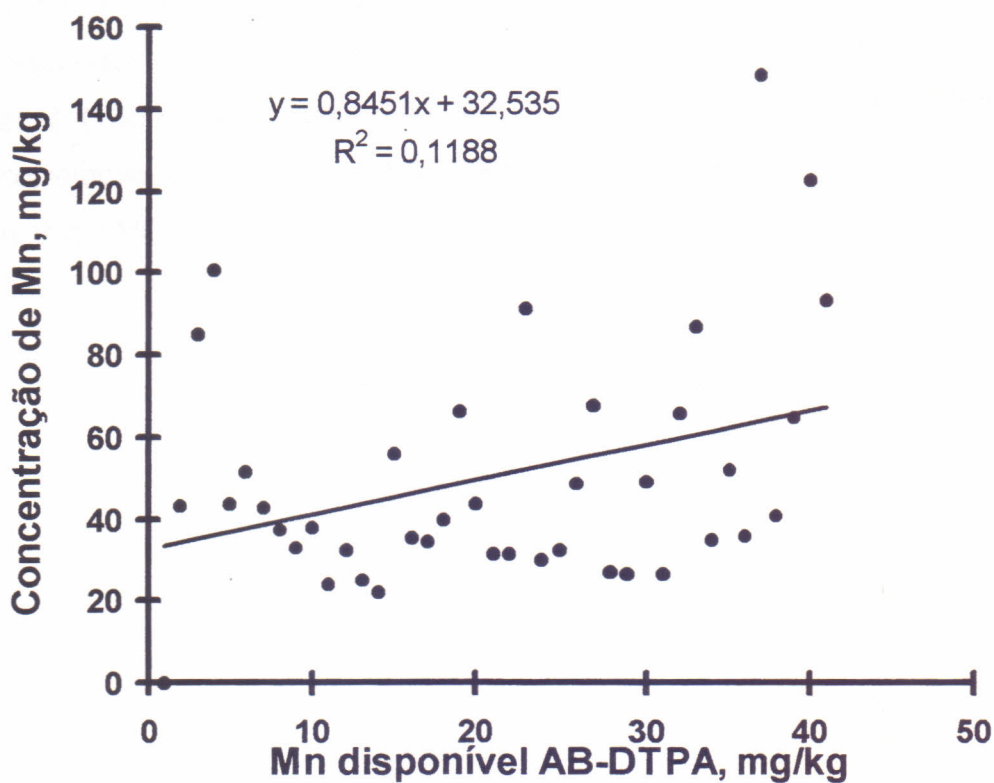


FIGURA 11 - Relação entre a concentração de manganês na soja e o manganês disponível no solo extraído pelo AB-DTPA



nitrogênio e não pela toxicidade do manganês.

#### 4.2.3 - Relação entre o manganês disponível no solo e o manganês extraído pela soja

As quantidades de Mn acumuladas, pela parte aérea da soja, variaram de 112 a 774  $\mu\text{g}/\text{vaso}$ , com média de 256  $\mu\text{g}/\text{vaso}$  no tratamento sem adubação, e de 122 a 982  $\mu\text{g}/\text{vaso}$ , com média de 367  $\mu\text{g}/\text{vaso}$  no tratamento com adubação. De forma similar às concentrações de Mn na matéria seca e à extração do manganês, a análise de variância mostrou diferenças significativas entre solos, entre tratamentos com e sem Mn e na interação solo x adubação (CV 20,5%). Quando se correlacionou o Mn extraído pelos quatro extratores, os dados se ajustaram a uma função linear simples (Figuras 12, 13, 14 e 15), apresentando coeficiente de correlação altamente significativo com o DTPA ( $r=0,768$ ), significativo com o Mehlich-1 ( $r=0,607$ ) e não significativo com o HCl e o AB-DTPA. Esses resultados sugerem ser o DTPA o extrator mais promissor para a avaliação do manganês disponível nos solos estudados, seguido do Mehlich-1, enquanto que o HCl e o AB-DTPA foram pouco eficientes. Os resultados expostos vêm concordar com com Muraoka et al. (1983) e Borkert et al. (1984) que, trabalhando com soja, também encontraram coeficientes de correlação baixos e não significativos para o Mn extraído pela planta e o extrator HCl.

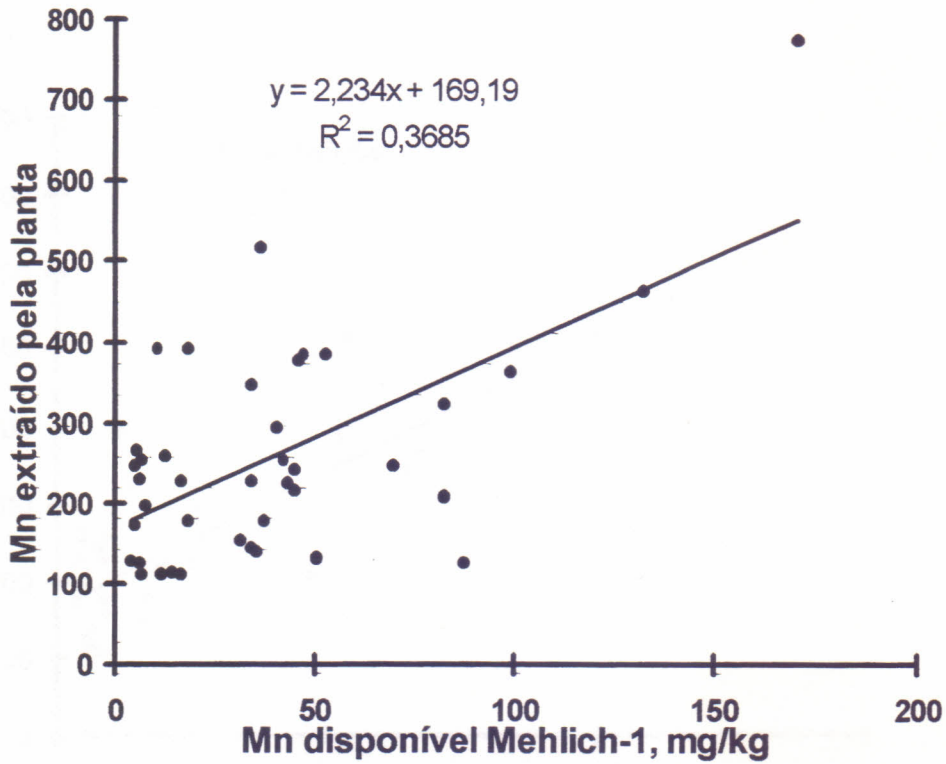
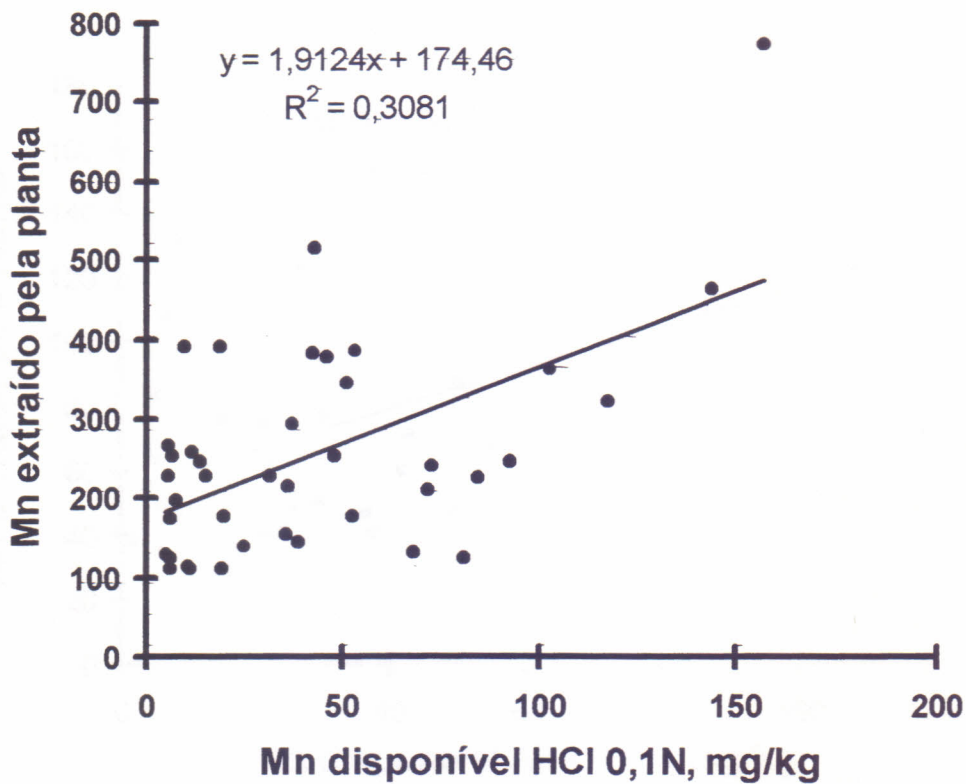
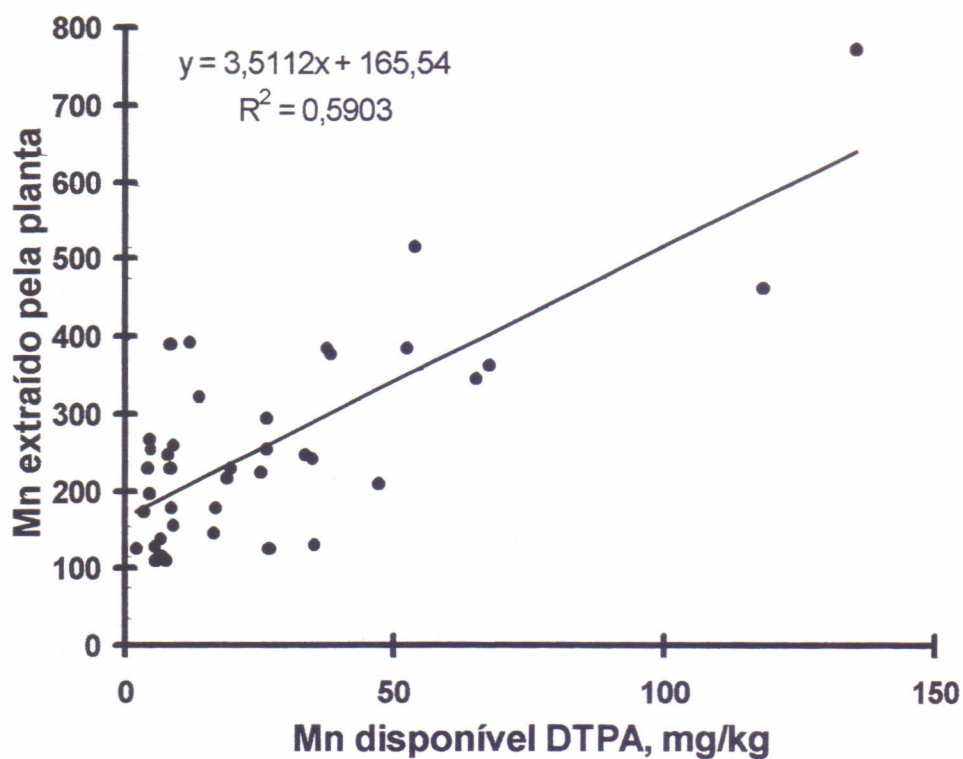


FIGURA 12 - Relação entre o manganês extraído pela soja tratamento sem Mn e o manganês disponível extraído pelo Mehlich-1







## 5 - CONCLUSÕES

1 - Os solos do Estado do Ceará, em sua maioria, são bem providos de manganês para as plantas;

2 - Os teores de manganês disponíveis, nos solos estudados variaram amplamente entre as classes e dentro das mesmas classes de solo, verificando-se os maiores teores médio nos Cambissolos e nos Podzólicos Vermelho-Amarelo eutrófico, e os menores nos Latossolos e Areias Quartzosas;

3 - As propriedades do solo: pH, matéria orgânica, argila, capacidade de troca de cátions e saturação de bases não se correlacionaram significativamente com o manganês disponível nos solos estudados;

4 - Nas condições em que foi realizado o experimento, o manganês extraído pela planta foi o parâmetro que melhor se correlacionou com o manganês disponível;

5 - Para o estabelecimento de nível crítico de manganês em leguminosas, recomenda-se a adubação nitrogenada, a fim de corrigir a ação inibidora desse nutriente na fixação de nitrogênio.

6 - Para a avaliação do manganês disponível, o extrator DTPA se apresentou como o mais promissor entre o Mehlich-1, AB-DTPA e HCl 0,1N, que se mostraram menos eficientes.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABREU, C. A., NOVAIS, R. F., RAIJ, B. van. et. al. Comparação de métodos para avaliar a disponibilidade do manganês em solos. **R. bras. ci. solo.** Campinas-SP. v. 18, p.81-90, 1994.
- ABREU, C. A., Análise de solo para micronutrientes - Tema de reunião de laboratório - Boletim informativo da **Soc. bras. ci. solo.** v. 20. n.3. p.128-130. 1985.
- ARAÚJO, I. A. **Fracionamento do manganês em sete solos do Estado do Ceará.** Fortaleza-Ce: UFC, 1994. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas).
- ARNON, D. J. Criteria of essentiality of inorganic micronutrients for plants with special reference to molibdenum. In: **Chronica Botanica.** Trace elements in plants physiology, Waltham. 1950. p.31-39.
- BATAGLIA, O. C., Micronutrientes: Disponibilidade e interações. In: BORKERT, C. M, LANTMANN, A. F. (Eds) **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira.** Londrina: EMBRAPA/CNPS/IAPAR/SBCS, 1988. p.121-132.
- BATAGLIA, O. C., DECHEN, A. R., Critérios alternativos para diagnose foliar. In: **SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO.** Piracicaba, 1986. **Anais.** Fundação Cargill, 1986 p.115-136.
- BATAGLIA, O. C., RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. **R. bras. Ci. Solo.** v.13, p. 205-212. 1989.

BEAR, F.C. **Los suelos en relacion con el crecimiento de los cultivos.**

Trad. J. A. Veloso. Barcelona:Omega. 1969. 369p.

BOKERT, C. M., LANTMANN, A. F., PALHANO, J. B., et. al. Determinação química do manganês absorvível pela soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., Campinas, 1984. **Anais.** Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1984. p.879-87.

BORKERT, C. M., Manganês. In: FERREIRA, M. E. CRUZ, M. C. P. da. (Eds.) **Micronutrientes na Agricultura.** Piracicaba: PATAFOS/CNPq, 1991. p.73-190.

BRAY, R. H., Requeriments for successfull soil tests. **Soil Sci.** v.66 p.83-89. 1948.

BUCKMAN, H. O., BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos Solos.** Rio de Janeiro: USAID,. 1967. 504p.

CATANI, R. A., GALO, J. A. R. A extração de manganês e suas formas de ocorrência em alguns solos do Estado de São Paulo. **Bragantia** v.11, p.245-266. 1951.

CHENG, B.T., QUELLETTE, G. J. Manganese availability in soil. **Soil. Fertil., Karpenden**, v.34. p.589-595. 1971.

CLARK, F., NEARPASS, D. C., SPECHT, A. W. Influence of organic additions and flooding on iron and manganese uptake by rice. **Agron. J.**, Madison, v.49. p.586-589. 1957.

COLLINGS, G. H. **Commercial fertilizers.** New York, Mac Graw Hill, 1955.



- DANTAS, H. S. Manganês e cations permutáveis na Unidade Utinga. **Pesq. Agropec. bras.** v.6, p.27-30. 1971.
- DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C.; Mecanismo de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, PATAFOS/CNPq. 1991. p.79-97.
- DYNIA, J. F., BARBOSA FILHO, M. P. Alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz irrigado em um solo de várzea tratado com calcário e palha de arroz em casa de vegetação. **R. bras. Ci. Solo.** v.17, n.1, p.67-74. 1993.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. São Paulo, EDUSP, 1975, 341p.
- FAGERIA, N. K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro. Campus. 1984. 341p.
- FERNANDES, V. L. B. Avaliação dos teores de manganês total e trovável em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba: USP, 1973 Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas), Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP.
- FOY, C. D., The physiology of plant adaptation to mineral stress. Iowa State J. Res., Iowa, 57. v.4: 355-391, 1983.
- FRANCO, A. A., DOBEREINER, J., Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose Soja-*Rhizobium*. **Pes.agropec. bras.** v.6: 57-66. 1971.
- FREIRE, F. M., NOVAIS, R. F., SOARES, P. C., COSTA, L. M. et. al. Calagem,

adubação orgânica e manejo da água no controle da toxicidade de ferro em arroz irrigado. **R. Ceres**, Viçosa-MG. v.180, p.162-169, 1985.

GHAZATI, N. J., COX, F. R. Effect of temperature on soybeans growth and manganese accumulation. **Agron. J.**, Madison, v.73 p.363-367, 1981.

GODO, G. H., e REISENAUER, H. M., Plants effects on soil manganese availability. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.44. p.993-995. 1980.

GOMES, F. P., Curso de estatística experimental, 12<sup>a</sup> ed. Liv. Nobel. 1987. 467p. HARMSEN, K., VLEK. P. L. G., The chemistry of micronutrients in soil. fertilizer Research, **Dordrecht**, v. 7, p.1-42, 1985.

HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C.; Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merr). **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.31 , p.943-949, 1980.

HIROCE, R. **Composição mineral das folhas de cafeeiro (*coffea arabica* 'Mundo Novo') com referência à época de adubação**. Piracicaba: ESALQ, 1972. 76p. (Tese Doutorado).

HIROCE, R., BATAGLIA., O. C., SOARES, E., et. al. Efeito residual da adubação mineral e orgânica na composição química do solo e na composição de folhas de cafeeiro cultivado em Mococa. **Bragantia**, v.35, n.169/175, 1976.

HOROWITZ, A., DANTAS, H. S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco: I - Manganês na zona da mata e no sertão. **Pesq. Agropec. bras.** Rio de Janeiro. v.1, p. 383-390, 1966.

- HOWELER, R. H. Iron-induced orange disease of rice in relation to physico-chemical changes in a flooded oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** Madison, v.37, n.6, p.898-903, 1973.
- JAUREGUI, M. A., REISENAUER, H. M. Dissolution of oxides of manganese and iron by root exudate components. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v.46. p.314-317. 1982.
- JONES, W. F., NELSON, L. E., Response of field grown soybeans to lime. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.* 9. v. 7 : 607-614. 1978.
- JONES JUNIOR, J. B., Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J. J., GIORDANO, P. M., LINDSAY, W. L., eds. *Micronutrients in agriculture*. 2ed. Madison, **Soil Science Society of America**. 1973. 319-346.
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton: CRC. 1985. 315p.
- LEVESQUE, M. P., MATHUR, S. P. Soil test for copper, iron, manganese, and zinc in histosols: 1. The influence of soil properties, iron, manganese, and zinc on the level and distribution of copper. **Soil Science** 142(3), p.153-163. 1986.
- LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soil**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.
- LINDSAY, W. L.; NORVEL, W. A.; Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.42. p.421-428. 1978.
- LINDSAY, W. L., COX, F. R., *Micronutrient soil testing for the tropics*.



**Fertilizer Research**, Dordrecht, 7:169-199, 1985

LOPES, A. S., COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soil under "cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.41, n.4, p.742-747, 1977

LOPES, A. S. Micronutrientes nos solos e culturas brasileiras. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE e MICRONUTRIENTES - SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NA AGRICULTURA. **Anais...** São Paulo: MANAH, 1986. 144p.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, 1991. 392p.

LUCAS, R. E., e KNEZEK, B. D., Climat and soil conditions promoting micronutrients deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J. J., GIORDANO, P. M. LINDSAY, W. L., **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Sci. Soc. N. Am. 1972. p.265-288.

MALAVOLTA, E., Absorção e transporte de íons e nutrição de plantas. In: Mário Guimarães Ferri. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo, EPU, v.1. 1985. 362p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, nutrição de plantas e fertilidade do solo**, São Paulo. Agronômica Ceres, 1976, 528p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba, SP. Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

- MALAVOLTA, E., BOARETTO, A. E., PAULINO, V. T. Micronutrientes - Uma visão geral In: FERREIRA, M. E., CURZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991, p.1-23.
- MALAVOLTA, E. Manganês. É obrigado - o manganês é exigido pelas culturas (tradução). It's Mandatory - manganese is required by plants, PPI, Norcross, E.U.A. Arquivo do Agrônomo N° 10. PATAFOS. 1996. p.19-20.
- MEDCAF, J. C. Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil. São Paulo. IBEC. 1956. 56p. (Boletim, 12).
- MEDCAF, J. C., LOTT, W. L. Metal chelates in coffer. São Paulo: IBEC 1956. (Bulletin, 11).
- MELO, F. A. O. F. DE., SOBRINHO, M. O. C. B., ARZOLLA, S., et. al. **Os micronutrientes no solo**. São Paulo. Nobel . 1989. 400p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. Principles of plant. nutrition. wolblaufen Bern/ Switzerland, International Potsh Institute, 1982. 655p.
- MORRIS, H. D., The soluble manganese content of acid soil and its relation to the growth and manganese content of sweet clover and lespedeza. **Soil Sci. Soc. am. Proc.** v.13. 362-371. 1948.
- MULDER, E. G., GERRETSEN, F. C. Soil manganese in relation to plant growth. **Advance Agronomy**, New York, v.4 p. 221-272, 1952.
- MURAOKA, T.; NEPTUNE, A. L.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. II. Manganês. **Rev. bras. ci. do solo**, Campinas, v.7, p.177-182, 1983.

- NHUNG, M. M., PONNAMPERUMA, F. N. Effect of calcium carbonate, manganese dioxide, ferric hydroxide, and prolonged flooded on chemical and eletrochemical changes and growth of rice in a flooded acid sulfate soil. **Soil Sci.**, Baltimore, v.102, n.1, p.29-41, 1966.
- NOVAIS, R. F., NEVES, J. C. L., BARROS, N. F. et. al. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solos de cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, v.13, p.199-204, 1989.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L., BARROS, N. F., et. al. Deficiência de manganês em soja cultivada em solo do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, v.21, Campinas, 1987. Resumo. **Sociedade Brasileira de Ciências do solo**. 1987 p.177-178.
- PAVAN, M. A., MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo; dificuldades e problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade. **R. bras. Ci. do solo**, Campinas, v.8, n.3, p.287-289, 1984.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Agron Adv.**, New York, v.24, p.29-96. 1972.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/PATOFOS, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van., BATAGLIA, O. C., Análise química do solo. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: PATAFOS/CNPq. 1991. p.333-352.
- RANDALL, G. W., SCULTS, E. E. COREY, R. B. Correlation of plants manganese with extractable soil manganese and soil factors. **Soil Sci. Soc.**



**Am.J.**, Madison, v.40, n.2, p.282-287, 1976.

SANTANA, C. J. L., IGUE, K. Formas de micronutrientes em solos da região cacauzeira da Bahia. **Turrialba**, San José, v.22, p.73-80. 1972.

SHUMAN, L. M., ANDERSON, O. E., Evolution of six extractants for their ability to predict manganese concentrations in wheat and soybeans **Proc. Soil. Sci Soc. Am. Mandison**, nº 38. V. 5. 788-790. 1974.

SINGH, R. Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solo do trópico úmido brasileiro: II. Manganês, Belém: EMBRAPA/CAPTU, 1984. 42p. (Boletim de Pesquisa, 62).

SOLTANPOUR, P. N., WORKMAN, S., Modification of the  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ -DTPA soil test. Commun. In: **Science and Plant Analysis**, 10(11), 1411-1420. 1979.

SOLTANPOUR, P. N.; SCHWAB, A. P.; A new soil test for simultaneous estration of macro and micro-nutrients in alkaline soils. Commun. In: **Soil Science and Plant Analysis**. v.10, n.12 p.195-207. 1977.

SOUSA, J. C. de., CONRAD, J. H., BLUE, W. G., et. al. Interrelação entre minerais no solo, planta forrageira e tecido animal 3. Manganês, ferro e cobalto. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.16, n.5, p.739-746, 1981.

SWAINE, O. J. **The trace elements content of soil**. Commonwealth: Soil Sci. Tech. Commun. 1955. 48p.

TAKKAR, P. N. Effect of organic matter on soil iron and manganese. **Soil Sci.**, Baltimore, v.108, n.2, p.108-112, 1969.

- TRAINI, P. E., HIROCE, R., O. C., Análise foliar, amostragem interpretação. Campinas, Fundação Cargil, 1983. 18p.
- VALADARES, J. M. A. S., CAMARGO, O. A., Manganês em solos do Estado de São Paulo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.7 n.2, p.123-130, 1983.
- VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo: II Fósforo e Manganês. **Bragantia**, v.19, p.567-577. 1960.
- WALKER, J. M. BARBER, S. A. The availability of chelated Mn to millet and its equilibrium with other forms of Mn the soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** Madison, v.24, p.285-288. 1960.
- ZHENG, L., QI-QING, Z., LI-HUA, T. Micronutrients in the main soils of China **Soil Science**. v.135, n.1, p.40-46. 1983.

## APÉNDICE



Quadro 1A - Resumo da análise de variância para os valores de matéria seca

FV	GL	SQ	MSQ	F
Solo	39	723,848	18,568	28,7958 *
Manganês	1	0,000	0,000	0,0000
Solo x Mn	39	53,904	1,382	2,1444 ns
Resíduo	160	103,127	0,645	-
Total	239	880,979	-	-

Coeficiente de variação : 14,76%

Quadro 2A - Resumo da análise de variância para a concentração de Manganês no tecido da planta

FV	GL	SQ	MSQ	F
Solo	39	240181,111	6158,490	55,29 *
Manganês	1	22674,622	22674,622	203,58 *
Solo x Mn	39	17548,099	449,951	4,04 *
Resíduo	160	17820,237	111,376	-
TOTAL	239	298224,069		

Coeficiente de variação : 17,23%

Quadro 3A - Resumo da análise de variância para a extração de manganês absorvido pela planta

FV	GL	SQ	MSQ	F
Solo	39	6791298,788	174135,866	42,52 *
Manganês	1	738046,158	738046,158	180,20 *
Solo x Mn	39	608828,313	15610,982	3,81 **
Resíduo	160	655288,986	4095,556	-
TOTAL	239	8793462,245		

Coefficiente de variação : 20,54%