

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE EM DEZ UNIDADES DE SOLO
CULTIVADAS COM CAJUEIRO NOS ESTADOS DO
PIAUÍ, CEARÁ E RIO GRANDE DO NORTE

LINDBERGUE ARAUJO CRISOSTOMO

TESE APRESENTADA / COMO EXIGÊNCIA PARCIAL
PARA O CONCURSO DE PROFESSOR TITULAR
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - CEARÁ

1991

Esta tese foi submetida à Comissão Julgadora, como parte dos requisitos necessários ao concurso público de Professor Titular, setor de estudo Fertilidade do Solo, da Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

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

[Redacted Signature]
Lindbergue Araujo Crisostomo

TESE APROVADA EM: ____/____/____

[Redacted Signature]
José Ilo P. de Vasconcelos
-Professor Titular-

[Redacted Signature]
José Matias Filho
-Professor Titular-

[Redacted Signature]
Rogério T. de Almeida
-Professor Titular-

[Redacted Signature]
Elder G. Souza Moreira
-Professor Titular-

[Redacted Signature]
Vera Lúcia B. Ferna
-Professora Titul

AGRADECIMENTOS

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências do Solo pelo apoio prestado.

SUMÁRIO

LISTAS DAS TABELAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 - Areias Quartzosas Destróficas.....	3
2.2 - Latossolos Vermelho Amarelos.....	11
2.3 - Podzólicos Vermelho Amarelos.....	25
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 - Solos e análises.....	34
3.2 - Lixiviação dos nutrientes.....	36
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 - Formação geológica e material de origem.....	38
4.2 - Granulometria e mineralogia.....	38
4.3 - Matéria orgânica e nitrogênio.....	42
4.4 - Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.....	45
4.5 - Potássio.....	47
4.6 - Fósforo.....	48
4.7 - Ferro.....	49

4.8 - <u>Manganês</u>	50
4.9 - <u>Zinco</u>	51
4.10- <u>Cobre</u>	52
5. - <u>CONCLUSÕES</u>	55
6 - <u>LITERATURA CITADA</u>	56

LISTA DAS TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Claassificação, formação geológica, material de origem e localização de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.....	35
2	Composição granulométrica e mineralógica (a-reias) de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.....	39
3	Algumas características químicas de dez uni-dades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Nor-te.....	41
4	Teores totais (T) e solúveis de potássio (S), cobre, zinco, ferro, manganês e fósforo em dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.....	53

Nutrientes lixiviados de dez unidades de solo dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, em colunas de solos com (c) e sem (s) a aplicação de Ca, Mg, K e N, e água equivalente a 263 mm de chuva.....

RESUMO

Coletaram-se amostras nas profundidades de 0-25, 25-50 e 50-75 cm, em dez unidades de solo dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, cultivadas com cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para estudo da mineralogia da fração areia, avaliação das características químicas e determinação das perdas de N, K, Mg e Ca por lixiviação. Concluiu-se que a fração areia dessas unidades de solo é constituída de (100%) de quartzo, com traços de: turmalina, distênio, estaurolita, ilmenita, zircão e rutilo. A fração areia é constituída de minerais do grupo 1:1 e de sesquióxidos de ferro e de alumínio.

Na terra fina seca ao ar (TFSA) observaram-se baixos teores de carbono orgânico total, bases trocáveis, fósforo (total e utilizável), potássio total e de cobre, zinco e manganês (totais e utilizáveis) e elevada saturação de alumínio, principalmente nos solos do Estado do Piauí.

Avaliaram-se as perdas de nitrogênio, potássio, magnésio e cálcio (nativos e adicionados) a partir de colunas de solo inicialmente saturadas e que receberam cinco porções de água durante três semanas, simulando precipitações de 52,6 mm cada. Observou-se que não houve tendência regular de lixiviação na ordem esperada, ou seja, $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$. Maiores

perdas de nutrientes foram observadas nos solos com maiores teores de areia.

ABSTRACT

Ten soil units from Piauí, Ceará and Rio Grande do Norte, cropped with cashew (*Anacardium occidentale* L.) were sampled (0-25, 25-50 and 50-75 cm deep) in order to evaluate the mineralogy of sand fraction, as well as their chemical characteristics and losses of nitrogen, potassium, calcium and magnesium by leaching.

Quartz was indentified as the main mineral (100%) in the sand fraction. Traces of rutile, zircon, staurolit, tourmaline, and ilmenite were found in the sand fraction. The clay fraction is mostly 1:1 and iron and aluminum oxides minerals.

The content of organic carbon, total nitrogen and exchangeable phosphorus, total potassium, total and available manganese, copper and zinc are low on these soil unities.

Nitrogen, potassium, magnesium and calcium losses were evaluating from initially saturated soil columns with and without N, K, Mg and Ca addition, after five 52,6 mm simulated rains. The quantity of each element leached were different from soil to soil and higher amounts were observed on coarse textured soils.

1 - INTRODUÇÃO

O cajueiro, segundo LIMA (1988), é originário do Brasil e tem, como centro de dispersão, o litoral nordestino. A região amazônica, contudo, é considerada como detentora da maioria das espécies do gênero *Anacardium*. A espécie *Anacardium occidentale* L. é encontrada em comunidades espontâneas, subespontâneas e cultivadas, em muitos estados do território brasileiro, exceto no Sudeste e Sul. Mais de 98% da área ocupada com cajueiro no Brasil se encontra na região Nordeste. Deste total, 80% são cultivados nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. A expansão da cultura nestes três Estados deveu-se principalmente às favoráveis condições climáticas, ao baixo preço das terras, à maior concentração de indústrias de beneficiamento de castanhas e pedúnculos e ao grande incentivo proporcionado pelo Governo Federal, através do Fiset-Reflorestamento. Tudo isto concorreu substancialmente para o aumento da área cultivada, cuja produção total de castanha em 1970/71 foi de 22.000 t, tendo passado em 1984 para 110.000 t. A agroindústria do caju apresenta grande importância sócio-econômica para o Nordeste, tendo em vista a grande significativa absorção de mão-de-obra, gerando 300.000 empregos e divisas de US\$ 120,000,000.00/ano. Embora tenha ocorrido grande expansão

em produção devido ao aumento da área plantada, não se tem observado incrementos na produtividade, mas um substancial decréscimo. Acredita-se que isto tenha sido provocado por distorções ocorridas no setor agrícola. Devido às pressões da indústria, aliadas à deficiência de pesquisa, o agricultor foi forçado a realizar plantios com a cultura utilizando baixos níveis tecnológicos.

Os sistemas de produção do cajueiro, em uso no Nordeste, são dois: sistema de pequenos aglomerados, onde se pratica o consórcio com plantas alimentícias e o sistema de grandes plantios puros e ordenados. Tanto em um, quanto no outro, o nível tecnológico é muito baixo, desde a escolha da semente ao plantio e tratos culturais. Em ambos sistemas, são dispensados o uso de insumos modernos (defensivos agrícolas, corretivos e fertilizantes).

Para o plantio do cajueiro em qualquer sistema de produção, os solos utilizados são: as Areias Quartzosas Distróficas, os Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos e os Podzólicos Vermelho Amarelo Distróficos. Todos estes solos, salvo raras exceções, apresentam boas características físicas e de topografia, contudo as características químicas deixam muito a desejar.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

As comunidades de cajueiros cultivados ou espontâneos são encontradas, principalmente, nos seguintes solos: Areias Quartzosas Distróficas, Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos e Podzólicos Vermelho Amarelo Distróficos.

2.1 - Areias Quartzosas Distróficas

a. Generalidades

Esta classe compreende solos areno-quartzosos, com sequência de horizontes AC, profundos, excessivamente drenados, acidez moderada a forte, saturação de bases baixa a muito baixa e teor de argila inferior a 15% (JACOMINE et alii 1971, 1973 e 1986).

As Areias Quartzosas Distróficas ocorrem ao longo da faixa litorânea dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, ora isoladamente, ora em associação com outras classes de solos, principalmente de Latossolos Vermelho Amarelos e Podzólicos Vermelho Amarelos. No interior dos Estados do Ceará e Piauí podem ser encontradas nas regiões do Planalto

da Ibiapaba e do Sertão (no Piauí) e Regiões da Ibiapaba, Cariri, Sertão do Baixo Jaguaribe e do Sertão do Sudoeste (no Ceará).

Estes solos apresentam a seguinte litologia e cronologia: Piauí - Arenitos da Formação Sambaíba do Terciário, cobertura areno-argilosa da Formação Cabeças do Devoniano, cobertura pedimentar proveniente de micaxisto e quartzitos micáceos do Grupo Salgueiro do Pré-Cambriano, cobertura areno-argilosa do Grupo Barreiras do Terciário; Ceará - arenitos referidos ao Cretáceo, Jurássico, Devoniano Indiviso, Siluro-Devoniano Inferior, sedimentos arenosos do Grupo Barreiras do Terciário e sedimentos não consolidados do Holoceno; Rio Grande do Norte - sedimentos areno-quartzosos da Formação Açu do Cretáceo e do Grupo Barreiras do Terciário.

Esta classe de solos apresenta as seguintes características morfológicas:

Cor - Bruno amarelado, bruno amarelado claro, amarelo brunado, bruno avermelhado, vermelho amarelado e acinzentado claro;

Estrutura - fraca pequena a média em grãos soltos;

Textura - dominância da fração areia (mais de 90%)

Relação silte/argila: variando de 0,5 a 1,5.

A fração areia é constituída de cerca de 100% de quartzo, em grãos angulosos, subangulosos e arredondados, por vezes com incrustações ferruginosas, brancas, avermelhadas, amareladas ou incolores. Em alguns casos podem ser

encontrados traços de turmalina, ilmenita, zircão, epidoto, estauroлита e detritos. Não foram encontradas referências relativas à fração argila. Ademais, levando-se em consideração a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ que, em geral, situa-se ao redor de 2,0, tudo leva a crer que se trata de minerais de argila do grupo 1:1 (caulinita e de óxidos hidratados de ferro e de alumínio).

b. Matéria orgânica

Os solos desta classe, de modo geral, apresentam teores de matéria orgânica (%C) ao redor de 1% no horizonte A e valores inferiores no horizonte C. A matéria orgânica do solo está associada à cobertura vegetal. Onde a vegetação arbórea /arbustiva é mais densa, podem ser encontrados teores de matéria orgânica no horizonte A, de até 1,5%.

O balanço da matéria orgânica, nestes solos, é pouco alterado quando mantidos com cobertura vegetal nativa e sem nenhuma interferência do homem. Contudo, quando submetidos ao sistema produtivo, deverá ocorrer um declínio no teor de matéria orgânica no horizonte superficial cuja velocidade ainda é desconhecida. Observa-se que, após algum tempo, os solos tendem a entrar em novo equilíbrio.

c. Nitrogênio

Os teores de nitrogênio dos solos desta classe são, em geral, muito baixos devido ao baixo teor de matéria orgânica, visto que 98 a 99% do nitrogênio do solo estão ligados aos materiais orgânicos. A relação C/N varia de 14:1 no horizonte A a 5:1, conforme resultados apresentados por JACOMINE et alii (1971, 1973 E 1986).

Quanto às perdas de nitrogênio, LAWTON et alii (1978) encontraram que, num período de seis semanas, as perdas de nitrogênio chegavam a 5% da matéria orgânica. Contudo, quando os solos foram cultivados, nas mesmas condições de unidade, não foram observadas perdas. Isto ocorreu por não ter havido lixiviação do solo, dado ao elevado número de plantas utilizado. Em condições normais de campo, acredita-se que esta situação seja diferente da acima referida.

d. Enxofre

Para esta classe de solos na região Nordeste, as informações referentes ao enxofre ligado à matéria orgânica, não foram encontradas.

Para solos semelhantes, do Senegal e Nigéria, BROMFIELD (1972) relatou que cerca de 0,9 kg de S/ha/ano, era aportado ao solo através das chuvas e 0,22 kg de S/ha/ano era devido aos materiais em suspensão no ar. Destas quantidades,

o autor acredita que, 0,5 kg de S/ha/ano poderia ser absorvido diretamente pelas folhas das plantas, em um período de 120 dias.

Com referência às perdas anuais de enxofre, também para os solos da Nigéria, TOURTE et alii (1964) verificaram que estas poderiam variar de 5 a 30 kg de S/ha/ano. Tais perdas seriam função do volume de chuvas, da magnitude da lixiviação e da quantidade de enxofre mineral existente no solo, bem como, das quantidades aplicadas como fertilizantes.

e. pH, soma de bases e capacidade de troca de
cátions

O pH dos solos desta classe, pelas observações dos resultados analíticos dos levantamentos de solos, JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986) e LIMA (1980), situa-se entre os limites de 4,1 e 5,6.

Embora o pH seja relativamente baixo, os valores referentes ao alumínio trocável, situam-se entre zero no horizonte A e 0,5 mE/100g de solo no horizonte C. A maioria das areias quartzosas, mesmo as Distróficas, não apresentam saturação de alumínio capaz de prejudicar o desenvolvimento das plantas.

Na maioria das areias quartzosas a soma de bases situa-se entre o limite de 0,3 a 4,2 mE/100g de solo. Tão baixos valores refletem o baixo nível de fertilidade natural destes solos. De modo geral a capacidade de troca de cátions

situa-se entre 0,5 a 4,6 mE/100g de solo. Estes baixos teores são consequência do tipo e quantidade de argilas presentes e do baixo teor de matéria orgânica.

f. Fósforo

Analisando algumas areias quartzosas da Região de Ibiapaba, COSTA & CRISOSTOMO (1980) observaram que o teor de fósforo total, era da ordem de 60 ppm, dos quais 36% estavam ligados à matéria orgânica. No tocante ao P-total, relataram que aproximadamente 34% eram devidos ao fosfato ligado ao alumínio (P-Al) e ao cálcio (P-Ca), que são as formas consideradas utilizáveis pelas plantas. O restante do P era devido às formas de fosfato ligadas ao ferro (P-Fe) e ocluso (P-ocluso). Tais solos, segundo TEÓFILO (1981), tendem a manter nos primeiros sessenta dias de incubação, o fósforo na forma salóide, ou seja, aquela porção de fósforo do solo facilmente extraível por uma solução de cloreto de amônio (9%) e o P-Al (55%). Esta condição permite uma razoável recuperação do fosfato aplicado ao solo como fertilizante. Os resultados acima estão em concordância com aqueles reportados por VIANA (1981), quando concluiu que a capacidade de adsorção do fosfato pelas areias quartzosas era inferior a dos latossolos e podzólicos.

g. Potássio

A deficiência de potássio de algumas areias quartzosas do Estado do Ceará foi reconhecida, pela primeira, vez por CRISOSTOMO & CASTRO (1970), quando verificaram que, durante o primeiro cultivo com milho em vasos, as plantas mostravam sintomas de deficiência de potássio. Foi observado, também, que por ocasião do segundo cultivo os sintomas eram mais acentuados e que, no terceiro, não foi mais possível o crescimento das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por ACQUAYE (1973) e WILD (1971), para solos semelhantes de Gana e Nigéria, respectivamente.

Tomando-se 0,2 mE de K/100g de solo como nível crítico de potássio, proposto por RAIJ (1974), os resultados obtidos nos levantamentos de solos JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), via de regra, estão bem abaixo daquele valor.

ATAGA (1973) constatou que, para alguma areias quartzosas da Nigéria, a fixação de potássio estava relacionada com a quantidade de potássio aplicada. Assim, quando eram aplicados 10 mg de K/100g de solo o percentual médio fixado era de 42% e quando eram aplicados 300mg de K/100g de solo o percentual era de apenas 3,3%.

Objetivando quantificar as perdas de potássio, LAW-TOM et alii (1978), trabalhando com colunas de solo com três níveis diferentes de água, cultivadas e não cultivadas com milho, constataram que, somente nas colunas não cultivadas,

ocorria a lixiviação de potássio. Nas colunas cultivadas, não foi possível a coleta do lixiviado devido ao elevado número de plantas que consumiam a água adicionada. Note-se que condições de campo são bem diferentes, do caso citado, tendo em vista a densidade de plantas e a intensidade das precipitações pluviais que, por vezes, são de alta intensidade.

h. Cálcio e magnésio

Dada a baixa capacidade de troca de cátions dos solos desta classe, os teores de cálcio e magnésio são, em geral, baixos e variam de 1,5 a 4,1 mE/100g de solo, no horizonte superficial de pouca espessura e de 0,1 a 0,5 mE/100g de solo no horizonte C (JACOMINE et alii 1971, 1973 e 1986). Pouco se tem feito para se conhecer a disponibilidade de cálcio nesta classe de solos. Além disto é bastante difícil separar-se os efeitos diretos dos indiretos, devido à falta de cálcio no solo sobre o crescimento das plantas.

MEREDITH (1964) relatou que, em solos com teores de cálcio trocável, entre 0,04 e 0,08 mE/100g de solo, era muito comum ocorrer o abortamento das sementes de amendoim. De um modo geral, as quantidades de cálcio e de magnésio requeridas pelas plantas são inferiores às de N, P ou K. O milho, por exemplo, para que produza 9.400 kg de grãos/ha, extrai do solo cerca de 39 kg de cálcio/ha e 45 kg de Mg/ha. Em outras espécies as exigências são diferentes.

As perdas de cálcio e de magnésio por lixiviação variam de solo para solo e são dependentes da quantidade e da intensidade das chuvas e do regime pluvial. Para algumas areias quartzosas da Nigéria, CHARREAU (1972) constatou que as perdas de cálcio devidas à lixiviação variavam de 29 a 107 kg/ha/ano, enquanto as de magnésio estavam entre os limites de 9 a 24 kg/ha/ano.

i. Micronutrientes

Informações pertinentes aos micronutrientes nesta classe de solos, nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte não foram encontradas na literatura. Para areias quartzosas do Estado do Mato Grosso do Sul, CASAGRANDE et alii (1982) observaram que a soja perene respondia a aplicação de boro e de molibdênio.

2.2 - Latossolos Vermelho Amarelos

a. Generalidades

A característica fundamental dos latossolos é a natureza e constituição de sua massa mineral. Tais solos são constituídos de sesquióxidos de ferro e de alumínio, de minerais de argila do grupo 1:1, de quartzo e de outros minerais altamente resistentes ao intemperismo. Minerais

silicatados menos resistentes ao intemperismo são em geral ausentes e, quando presentes, estão em quantidades muito diminutas. Do mesmo modo, é rara a presença de minerais de argila do grupo 2:1, ou alofana com alta capacidade de troca de cátions. De modo geral, há ocorrência de óxidos de alumínio livres, bem como a presença de concreções de óxidos de ferro, de alumínio e de manganês na massa de solo.

Segundo BENNEMA (1967), os latossolos apresentam as seguintes características e propriedades: a. A transição entre horizonte, é difusa ou gradual; b. Ausência ou escassez de cerosidade; c. Baixa capacidade de troca de cátions das argilas devido a ausência de minerais silicatados do grupo 2:1; d. Horizonte subsuperficial de cor vermelha, amarela ou bruna; e. Ausência ou traços de argila natural; f. Ausência de estrutura em blocos ou prismática. Os elementos estruturais são sempre em grãos finos, mais ou menos coerentes que chegam a formar uma massa porosa, friável e massiva; g. Solum profundo; h. Consistência, quando úmido, friável ou muito friável; i. Alta porosidade e permeabilidade. j. Baixa saturação de bases em todo o perfil; k. Alta capacidade de troca de ânions e alta capacidade de fixação de fósforo; e, l. Teores de alumínio relativamente baixos, devido a baixa capacidade de troca das argilas.

Vencidas suas limitações, os latossolos apresentam grandes possibilidades para o uso agrícola. Entre suas vantagens destacam-se: ótimas condições físicas, tanto no que concerne ao crescimento do sistema radicular, quanto às faci-

lidades de mecanização; além de grande profundidade e porosidade, que favorecem o desenvolvimento do sistema radicular.

Do ponto de vista da fertilidade, são solos de baixa a muito baixa fertilidade e, sem o concurso da calagem e da adubação, são improdutivos. De uma maneira geral a fertilidade destes solos está restrita ao horizonte A, devido à matéria orgânica. Esta, por sua vez, pode facilmente ser perdida por erosão ou por um manejo inadequado do solo.

Embora apresentem de média a alta capacidade de campo, a retenção de umidade, por vezes, é baixa, principalmente naqueles de textura arenosa.

Nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, estes solos são encontrados em várias regiões fisiográficas, ocorrendo desde o litoral até as serras, chapadas e sertões.

Segundo JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), os solos desta classe são derivados de arenitos das Formações Barreiras, Serra Grande, Exu, Sambaíba, Piauí, Cabeças, Pedra de Fogo, Itapecuru em períodos variáveis (Terciário, Cretáceo, Jurássico, Triássico, Permiano, Carbonífero, Devoniano, Siluriano e Pré-Cambriano).

A fração areia destes solos é dominada pelo quartzo, principalmente, nos originados de rochas ácidas como o granito e quartzito. Contudo, naqueles derivados de rochas mais básicas, basalto, por exemplo, a fração areia é dominada por óxidos de ferro e de titânio, juntamente com o quartzo. Em alguns latossolos menos intemperizados, na fração areia, podem ser encontrados, em pequenas quantidades, fragmentos de

caulonita e de óxidos de alumínio. Raramente são encontrados fragmentos de minerais primários facilmente intemperizáveis (BENNEMA, 1967).

A fração coloidal dos latossolos consiste basicamente de caulinita e de óxidos de ferro e de alumínio (JACOMINE et alii 1971, 1973 e 1986). Nesta fração a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, é frequentemente utilizada como índice de sua composição mineralógica e do grau de intemperismo ao qual o material foi submetido. Assim, uma relação ao redor de 2,0 é indicativa da presença de caulinitas. Por sua vez, quando a relação é inferior a 2,0, há de se supor a presença de óxidos de alumínio livres, principalmente gibbsita. Por outro lado, quando a relação é superior a 2,0 há um forte indício da presença de minerais com capacidade de troca de cátions mais elevada e diferente da caulinita.

Estes solos, em condições naturais, apresentam o horizonte superficial bem estruturado e, portanto, facilmente mecanizável. Por outro lado, quando a matéria orgânica é oxidada, a estrutura tende a deteriorar-se, tornando difícil a mecanização e mais fácil a erosão.

Embora os latossolos sejam profundos, nem sempre o sistema radicular, das plantas que neles vegetam, se apresenta bem desenvolvido. Dentre as causas, pode-se apontar a compactação das camadas subsuperficiais, devido à utilização de máquinas pesadas ou a elevados teores de alumínio trocável e aos baixos teores de cálcio e de fósforo.

Quando, sob vegetação nativa, tais solos apresentam

boa porosidade, permitindo satisfatória penetração de água e de ar. Contudo, quando trabalhado, a frágil estrutura é deteriorada, ao mesmo tempo em que a manta de material orgânico é oxidada (WILKSON, 1975). CHARREAU & TOURT (1967) relataram que a condição acima, propicia o bloqueio dos macro e microporos, tendo como consequência, a diminuição da penetração de água, concorrendo, deste modo, para um aumento do escoamento superficial.

b. Matéria orgânica

Em qualquer solo a matéria orgânica tem um papel de relevante importância. Contudo, nos latossolos este constituinte tem sua importância ressaltada especialmente por: sua elevada capacidade de troca de cátions, ser fonte de N, P, S e de micronutrientes e de sua ação estabilizadora sobre os agregados do solo.

Conforme JENNY (1941), o teor de matéria orgânica do solo é influenciado tanto pelos fatores do solo quanto pelos fatores do clima, no que se refere a quantidade anual aportada e ao tempo médio de residência. Nos latossolos do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, os teores de carbono orgânico são relativamente baixos - menos de 1,5% - e decresce substancialmente do horizonte superficial para o B (JACOMINE et alii, 1986). Com base nos resultados analíticos dos levantamentos dos solos daqueles estados, pode-se observar que, nos solos de maior altitude, com temperatura

mais amena e precipitação pluvial mais elevada, a percentagem de carbono orgânico pode chegar até 1,8%.

Tendo em vista a importância da matéria orgânica para esta classe de solos, necessário se faz preservar a existente e propiciar meios para incrementá-la.

c. Nitrogênio

O nitrogênio presente na maioria dos solos, cerca de 99% ocorre na matéria orgânica, sendo oriundo, em grande parte, da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Como os teores de matéria orgânica na grande maioria dos Latossolos são baixos, a quantidade total de nitrogênio destes solos não poderia ser elevada.

O balanço do nitrogênio nos solos está relacionado de um lado pela atividade microbiana responsável pela fixação do nitrogênio da atmosfera e do outro, pelas perdas devidas à lixiviação, queimadas, erosão superficial etc.

No que concerne à fixação simbiótica do nitrogênio, no feijão-de-corda, VASCONCELOS et alii (1976) constataram que a inoculação não era necessária nos solos das micro-regiões homogêneas do Baixo Juagaribe e Serra de Baturité, Ceará, e supuseram que isto era devido à presença de uma elevada população de rizóbios nativos eficientes. Por sua vez, PERES et alii (1989) observaram, no caso da soja, que nem sempre a prática da inoculação era eficaz, e acreditaram que podia ser devido à qualidade do inoculante ou às elevadas temperaturas

do solo e da semeadeira. Face aos elevados preços dos fertilizantes, inclusive dos nitrogenados, e aos baixos teores de matéria orgânica, necessário se faz dispensar recursos para a pesquisa com o objetivo de elevar os teores, tanto de matéria orgânica, quanto os de nitrogênio.

d. Enxofre

O enxofre no solo é encontrado em duas formas principais: mineral e orgânica, sendo esta última a fração principal em solos muito intemperizados de regiões úmidas.

O enxofre orgânico, contido na matéria orgânica do solo, tem sua origem como resultado da mineralização de restos de animais, de vegetais e de microrganismos incorporados aos solos. De um modo geral, acredita-se que a formação do S-orgânico esteja relacionada com os fatores que regem o acúmulo e mineralização da matéria orgânica e o seu ciclo guarda relação com o do nitrogênio. O S-orgânico, uma vez mineralizado e oxidado a íon SO_4^{2-} dependendo das condições, pode ser adsorvido pelos colóides do solo, ou ser perdido por lixiviação. A adsorção do íon SO_4^{2-} é mais intensa em solos com elevados teores de sesquióxidos de ferro e de alumínio (FOX, 1980). Com relação à lixiviação, esta não é tão intensa quanto à do íon NO_3^- , tendo em vista a mediana mobilidade do íon sulfato.

A disponibilidade de enxofre varia de solo para solo, sendo dependente do teor de matéria orgânica, da maior

ou menor presença de minerais portadores deste elemento e, ainda, do grau de intemperismo a que foi submetido o solo. Além disto, é importante o conhecimento do histórico das adubações realizadas.

Os latossolos do Brasil Central, segundo JONES (1967), via de regra, são deficientes em enxofre. Por analogia, acredita-se que os do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte também sejam deficientes neste elemento, principalmente, pelo seu baixo teor de matéria orgânica e elevado estado de intemperização. Dada a falta de informações da pesquisa para a região é recomendável a utilização de fertilizantes comerciais menos concentrados em N, P ou K e que contenham S em suas composições.

e. pH, saturação de bases e capacidade de troca catiônica e aniônica.

O pH do solo tem influência sobre o desenvolvimento das plantas, quer por ação sobre a disponibilidade de nutrientes, quer por ação sobre a solubilidade de elementos tóxicos.

Sob condições de vegetação nativa, o pH dos latossolos varia de 4,2 a 6,8. Contudo, quando sob cultivo o pH dos solos tende a baixar e agravar os problemas relativos a toxidez de alumínio, manganês e de fixação do fósforo. Para solos da mesma classe, porém de outras regiões, são inúmeros os exemplos de respostas devidas a calagem (GUAZZELLI et

alii 1973 e FERRARI, et alii, 1976).

Baixos valores de soma de bases e capacidade de troca de cátions são características dos latossolos. Naqueles com baixa soma e saturação de bases ainda podem ser distinguidos alguns, com elevada saturação em alumínio.

Dos resultados dos perfis de solos apresentados por JACOMINE (1971, 1973 e 1986), constatou-se que o valor da CTC variou de 1,5 a 7,2 mE/100g de solo. Vale salientar que a CTC do solo determinada em laboratório, segundo BARBER & ROWELL (1972), é sempre superior à das condições naturais de campo, devido ao caráter pH-dependente do colóide do solo. Dada a baixa atividade do colóide mineral, a CTC dos solos desta classe se deve principalmente à matéria orgânica. Disto, pode-se inferir: a. Solos com baixa CTC, quando intensivamente cultivados e sem o aporte de fertilizantes, rapidamente se tornam improdutivos; b. Dada a baixa CTC, a prática de adubação com um ou dois elementos tende a propiciar um desbalanceamento nutricional, e c. Solos com baixa CTC, geralmente, tendem a perder cátions muito facilmente por lixiviação.

A capacidade de troca aniônica dos latossolos, em geral, é elevada principalmente naqueles com o pH ao redor de 4,0. Por sua vez, naqueles contendo teores elevados de sesquióxidos, a adsorção se torna elevada mesmo que o pH esteja ao redor de 5,5 (GEBHARDT & COLEMAN, 1974). Segundo estes autores, a adsorção aniônica obedece à seguinte ordem PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , e aumenta com o abaixamento do pH. Por isto, grandes quantidades de fosfatos são adsorvidos quando

não se pratica a correção da acidez.

f. Fósforo

Os latossolos, de um modo geral, apresentam baixos teores de fósforo total (P-total) e utilizável (P-utilizável), quando comparados com solos menos intemperizados. Dada a grande importância deste elemento para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a sua complexidade no solo, as pesquisas realizadas são em quantidade maior do que para qualquer outro elemento.

No solo, o fósforo é encontrado em duas grandes formas: fósforo orgânico e inorgânico (BLACK, 1968). O fósforo orgânico é encontrado no solo principalmente nas formas de fosfolipídios, ácidos nucleicos e inositol. A quantidade e distribuição do P-orgânico é função da velocidade de aporte e de mineralização da matéria orgânica. A participação desta forma no teor total de fósforo é muito variável. A este respeito UDO & OGUNWALE (1977) relataram que para latossolos da África, sob savana, o P-orgânico representava de 7 a 25% do P-total. Para alguns solos da Região da Ibiapaba, COSTA & CRISOSTOMO (1980) constataram que o P-orgânico representava de 36 a 61% do P-total.

Segundo CHANG & JACKSON (1957), o P-inorgânico está distribuído nas seguintes formas: fósforo ligado ao cálcio (P-Ca), fósforo ligado ao alumínio (P-Al), fósforo ligado ao ferro (P-Fe), fósforo ocluso (P-ocluso) e fósforo extraído

por solução redutora (P-Red). Destas, a forma ligada ao alumínio e o fósforo solúvel em cloreto de amônio normal, são considerados como prontamente utilizáveis pelas plantas.

Segundo observações de TEdFILO (1981), para alguns latossolos do Estado do Ceará, as frações de fósforo obedecem à seguinte escala decrescente: P-Red., P-Fe, P-Al e P-Ca. No entanto, quando tais solos foram incubados com fosfato (100 ppm) por 60 dias, a escala foi substancialmente alterada para: P-Al, P-Red., P-Fe e P-Ca. Foi observado, também, que com o cultivo do solo, a escala foi novamente alterada e obedecia à seguinte ordem decrescente: P-Red., P-Al, P-Fe e P-Ca. Em virtude disto, concluiu-se que há uma estreita relação entre o fósforo absorvido e as frações P-Al/P-Fe combinadas, e que 78% do fósforo aplicados foram recuperados pela planta. Além do mais, foi constatado que a disponibilidade de fosfato era negativamente relacionada com a capacidade máxima de adsorção e que solos com menor capacidade propocionavam maiores colheitas.

g. Potássio

TISDALE & NELSON (1975) recomendam que, na avaliação da disponibilidade de potássio, é necessário conhecer-se: os fatores que influenciam a disponibilidade, as características mineralógicas, o percentual de cada fração textural, a natureza e quantidade dos minerais primários, o tipo e os percentuais dos minerais secundários. Para a classe de solos

em questão e para a região pouco se conhece a respeito do assunto.

BOYER (1974) acredita que os solos tropicais altamente intemperizados, além de apresentarem baixo suprimento de potássio, mostraram baixa capacidade de retenção, permitindo, deste modo, grandes perdas por lixiviação. Tais resultados estão em desacordo com os de RITCHEY et alii (1981), quando afirmaram que o potássio lixiviado da camada superficial, era redistribuído na massa de solo das camadas inferiores, sendo posteriormente absorvido pelas raízes mais profundas, retornando, deste modo, à superfície.

O conteúdo de potássio, segundo JACOMINE (1971, 1973 e 1986), nos Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos varia entre os extremos de 4 a 720 ppm, enquanto que nos Eutróficos estes limites são ligeiramente mais elevados. Foi observado, também, que os latossolos do Piauí sob vegetação do cerrado apresentam o limite inferior bem mais baixo, mesmo no horizonte A.

h. Cálcio e magnésio

Os teores de cálcio e magnésio nos latossolos, via de regra, são bastante diminutos. Isto, em parte, é devido ao material e à baixa capacidade de troca de cátions do solo, aliada à elevada permeabilidade do solo que permite a lixiviação destes elementos por ação das águas de chuva e de irrigação.

A absorção de cálcio e de magnésio pelas plantas não é uma função única de seus teores (trocáveis e solúveis), nos solos, mas da competição com outros cátions. Por exemplo, a deficiência de magnésio induzida por excesso de potássio. No caso dos latossolos, a competição mais importante parece ser, principalmente nos solos com caráter álico, a do alumínio sobre o cálcio. RITCHEY et alii (1982) observaram que, nos latossolos do Brasil Central, o crescimento das plantas era limitado pela deficiência de cálcio e não pela toxidez de alumínio.

i. Micronutrientes

O conteúdo de micronutrientes nos solos, é determinado pelo material de origem e pelo teor de matéria orgânica. Nos solos mais jovens e derivados de rochas ígneas ou metamórficas, o suprimento de micronutrientes é sempre superior aos dos solos mais intemperizados e originados de sedimentos (KOWAL & KASSAN, 1978). Quando sob cultivo de subsistência raramente são observados sintomas de deficiência de micronutrientes, mesmo em solos bastante intemperizados como os latossolos. As desordens nutricionais devidas a deficiência de micronutrientes são frequentemente observadas quando sob o cultivo intenso e com a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes.

Do ponto de vista da química do solo, o comportamento dos micronutrientes é semelhante aos dos

macronutrientes com igual carga elétrica. MENDEL & KIRKBY (1982) verificaram que a velocidade de suprimento de manganês para as plantas depende do pH e do potencial redox do solo.

NOVAIS et alii (1989) relataram que, em latossolos, os sintomas de deficiência de manganês na soja eram diminuídos pela aplicação de gesso e totalmente eliminados pela aplicação de manganês e ácido sulfúrico. GALRÃO (1991), trabalhando com outros latossolos (pH 4,2), observou deficiência de B, Zn e Cu na cultura da soja. BARBOSA FILHO (1990), por sua vez, constatou que o zinco é o micronutriente que mais limita a produção de arroz de sequeiro em latossolos do Centro-Oeste. O autor citado acredita que isto seja devido à baixa disponibilidade de zinco e ao uso excessivo de calcário ou, ainda, ao emprego indiscriminado de misturas desbalanceadas de micronutrientes.

Em virtude das grandes áreas cultivadas com cajueiro ou outras perenes e da inexistência ou raridade de dados sobre oligoelementos, as pesquisas com micronutrientes em latossolos do Nordeste serão de grande valia para a região.

2.3 - Podzólicos Vermelho Amarelos

a. Generalidades

Sobre os solos podzólicos estão assentados grandes plantios comerciais de cajueiro, principalmente no litoral

norte do Estado do Ceará. Destes solos, merecem destaque as classes, Podzólico Vermelho Amarelo Tb Distrófico e Podzólico Acinzentado Tb Distrófico.

Segundo THORP & SMITH (1949), os Podzólicos Vermelho Amarelos são definidos como: Um grupo de solos bem desenvolvidos, bem drenados, ácidos, com um subhorizonte A pouco espesso sobre um E de coloração clara e assentados sobre um horizonte B argiloso de coloração vermelha, amarela ou vermelho-amarelado.

De acordo com JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), compreendem solos com horizonte B_t, não hidromórfico e com argila de atividade baixa. Os perfis apresentam horizontes bem diferenciados, com sequência A, B_t e C, em geral profundos, podendo apresentar mudança textural abrupta do A para o B_t. A textura do horizonte A é arenosa ou média, raramente argilosa, enquanto a do B_t pode variar de média a argilosa. A coloração varia do vermelho-amarelado ao bruno acinzentado, no horizonte A e do vermelho a bruno forte, no B_t.

Conforme JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), os solos desta classe são derivados de sedimentos argilo-arenosos do Grupo Barreiras do Terciário e de arenitos da Formação Açu do Cretáceo superior.

A fração areia no horizonte A destes solos é constituída principalmente de quartzo leitoso ou hialino, por vezes com aderências ferruginosas, algum feldspato potássico (menos de 1%), traços de ilmenita e de turmalina. No

horizonte B_e, há predominância de quartzo leitoso, podendo apresentar especialmente traços de feldspatos potássicos, turmalina, mica muscovita e ilmenita.

A mineralogia da fração argila nesta classe para a área em estudo é pouco conhecida. Para outros Podzólicos Vermelho Amarelos (PVA's), McCaleb (1967) mostrou que a caulinita era o mineral mais importante. Resultados semelhantes foram obtidos por RIBEIRO et alii (1991), para PVA's do Sertão de Pernambuco. Tomando-se como referência a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ destes solos, pode-se inferir a presença de minerais do grupo da caulinita (1:1) e de óxidos de ferro e de alumínio.

O uso agrícola dos solos desta classe é limitado pela baixa fertilidade natural, pela acidez por vezes elevada e, ainda, pela elevada saturação em alumínio. Por outro lado, devido a textura e ao relevo - plano ou suave ondulado, estes solos oferecem excelentes condições para utilização de máquinas agrícolas.

b. Matéria orgânica

O conteúdo de matéria orgânica, em qualquer solo, é o produto de diversos fatores, atuando sobre o aporte e decomposição de restos orgânicos por um determinado período de tempo. As taxas anuais de aporte e de decomposição, para solos sob condições de vegetação nativa, estão relacionadas com o tipo de vegetação, ciclo de crescimento e atividade microbiana do solo. Ocorrendo o desmatamento e o cultivo, o conteúdo de matéria orgânica, no horizonte superficial, tende a declinar, por ação do fogo e do manejo inadequado do solo.

Para qualquer solo e, em particular para os podzólicos do semi-árido nordestino, a matéria orgânica desempenha papel de relevante importância, dada a baixa atividade da fração argila.) Esta importância se torna maior quando se pratica uma agricultura sem o uso de corretivos e de fertilizantes. Nesta classe de solos, mesmo nos não cultivados, o conteúdo de matéria orgânica é relativamente baixo no horizonte superficial quanto no subsuperficial (JACOMINE et alii, 1971, 1973 e 1986).

As pesquisas concernentes à avaliação dos teores de matéria orgânica e dos fatores que os afetam são pouco expressivas na literatura nacional e, muito menos, para o semi-árido nordestino. Para solos do Rio Grande do Sul, CATELAN & VIDOR (1990) constataram que a atividade microbiana e a flutuação da biomassa foram negativamente influenciados por altas temperaturas e baixa umidade do solo. // Nas

condições do semi-árido, é de se esperar que as altas temperaturas e a unidade do solo, por ocasião da estação chuvosa, favoreçam a atividade microbiana, com conseqüente elevação da velocidade de decomposição dos restos culturais e da vegetação nativa.))

c. Nitrogênio

O nitrogênio naturalmente encontrado no solo é produto especialmente da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Por conseguinte, cerca de 98 a 99% do nitrogênio, estão ligados aos compostos orgânicos.) A este respeito, DOBE-REINER (1972) concluiu que várias espécies tropicais cultivadas e forrageiras estimulam a fixação do nitrogênio em suas rizosferas. Embora isto seja verdadeiro, maior ênfase tem sido dada à associação rizóbio/leguminosa. Como o nitrogênio na forma orgânica não é prontamente utilizado pelas plantas, necessário se faz a sua transformação. Sob a forma orgânica, boa parte do nitrogênio fixado pode ser perdida. Assim, VIDAL & FAUCH (1962) estimaram que 20 a 40 kg de N/ha/ano, são perdidos devido às queimadas nas savanas da África.

Perdas de nitrogênio mineral, devidas à lixiviação e volatilização, têm sido relatadas. LAWTON et alii (1978) verificaram que, em colunas de solos saturadas, boa parte do nitrogênio aplicado era lixiviado, quando o solo era mantido sem cobertura vegetal. Em condições de campo, as perdas devidas à lixiviação dependem da velocidade de mineralização

e nitrificação, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da quantidade e intensidade das chuvas. JONES & WILD (1975) consideram que o nitrogênio nítrico ($N-NO_3$), lixiviado para as camadas mais profundas do solo, não é tido como perda nos solos com horizonte B_t, uma vez que pode ser recuperado pelas raízes mais profundas de algumas plantas.

d. Enxofre

À semelhança do nitrogênio, grande parte do enxofre do solo é encontrado ligado à matéria orgânica (TABATABAI & BREMNER, 1972) e (FASSBENDER & BORNEMIZA, 1987).

A literatura referente ao enxofre no solo, na sua grande maioria, refere-se a solos de regiões temperadas e subtropicais. Para alguns solos do Rio Grande do Sul, NASCIMENTO & MORELLI (1980) constataram que, em média, 60% do enxofre total do solo deviam-se à fração orgânica. Para os solos do Nordeste, as informações são escassas. Contudo, partindo-se do princípio de que grande parte do enxofre está ligado à matéria orgânica e que o teor desta nos podzólicos é baixa, pode-se inferir que, o teor do elemento, também é baixo.

e. pH, soma de bases e capacidade de troca de cátions

O valor do pH nos solos desta classe, para a região, e no horizonte A, situa-se ao redor de 5,5, com limites superior e inferior de 4,3 e 5,8, respectivamente. No horizonte B_t, em geral, o pH é ligeiramente inferior ao do A.

Uma das características destes solos é a baixa atividade de suas argilas e o baixo teor em matéria orgânica, o que lhe confere baixa capacidade de troca de cátions e baixa soma de bases. Embora alguns representantes da classe possam apresentar um valor de CTC mais elevado, de um modo geral, mais de 50% deste valor é ocupado pelo hidrogênio e alumínio trocáveis.

Dado os baixos valores de pH, S e CTC, estes solos, quando submetidos ao cultivo intensivo, rapidamente se tornam improdutivos. Por outro lado, quando adubados com um ou dois dos macronutrientes, verifica-se freqüentemente um desbalanceamento nutricional nas plantas. A prática da agricultura nestes solos requer, de início, a correção da acidez e adubações com fórmulas equilibradas, tanto em macro, quanto em micronutrientes.

f. Fósforo

A química do fósforo em qualquer solo é sempre a mesma. Contudo, observam-se variações quanto ao conteúdo de cada forma e das frações do fósforo.

De acordo com os dados publicados por JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), os teores totais de fósforo nesta classe de solos são relativamente baixos, com extremos entre 43 e 400 ppm. Quanto ao fósforo utilizável, os teores também são baixos, raramente ultrapassando 5 ppm, mesmo naqueles com teores mais elevados de fósforo total.

A quantidade e distribuição do fósforo orgânico nos solos depende da velocidade de aporte e de mineralização da matéria orgânica. Por sua vez, a participação desta forma sobre o fósforo total varia dentro de amplos limites. Segundo BLACK & CORING (1953), o teor de P-orgânico, em solo de regiões temperadas, varia entre os limites de 2,6 a 73% do P-total. Estes valores, segundo BORNEMIZA & IGUE (1967), podem ser bem diferentes para os solos de regiões tropicais.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Solos e análises

Utilizaram-se, para as análises respectivas, amostras de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro, nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. A amostragem foi realizada nas profundidades de 0-25, 25-50 e 50-75 cm, porque estimou-se que 75% do sistema radicular do cajueiro localiza-se nestas profundidades. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar e tamisadas (2 mm), para posterior utilização.

Na TABELA 1 são apresentadas as informações pertinentes a classificação, formação geológica, material originário e localização de cada unidade de solo.

As análises físicas e químicas para caracterização dos solos foram efetuadas segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1979). As análises químicas para quantificação dos teores totais de potássio, ferro, cobre, zinco e manganês foram realizadas em extratos obtidos por digestão com ácido fluorídrico segundo PRATT (1965). O fósforo total foi extraído e determinado conforme a metodologia descrita por JACKSON (1958). Os teores solúveis de ferro, cobre, zinco e

TABELA 1 - Classificação, formação geológica, material de origem e localização de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Unidade de solo	Classificação	Formação geológica	Material originário	Localização
01	Areia Quartzosa Distrófica	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Serra do Mel - R.G.Norte
02	Areia Quartzosa Distrófica	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Serra do Mel - R.G.Norte
03	Areia Quartzosa Distrófica	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Fazenda MAISA-R.G.Norte
04	Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Fazenda MAISA-R.G.Norte
05	Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Fazenda MAISA-R.G.Norte
06	Areia Quartzosa Eutrófica	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Fazenda COPAN-Ceará
07	Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	Faz. CAPESSÉ, Russas-Ceará
08	Latossolo Amarelo Distrófico, Álico	Form. Serra Grande	Arenito	Faz. CAPISA, Pio IX-Piauí
09	Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos	CEP/EMBRAPA Pacajús-Ceará
10	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Álico	Formação Sambaíba	Arenito	Faz. Itaueira, Itaueira-Piauí

FONTE: JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986)

manganês foram determinados em extratos obtidos com uma solução de $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$ (extrator de Mehlich) e dosados por espectrofotometria de absorção atômica. A análise mineralógica das frações areias (grossa e fina separadamente), foi conduzida no Laboratório de Solos do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, segundo metodologia da EMBRAPA (1979).

3.2 - Lixiviação dos nutrientes

Foram utilizados, como lisímetros tubos de PVC com 71,3 mm de diâmetro interno por 850 mm de comprimento, tendo em uma das extremidades um tampão de PVC perfurado para drenagem e recolhimento do lixiviado. Duplicatas de colunas de solos foram preparadas, colocando-se cada camada em sua respectiva posição, seguida de compactação por vibração, de modo a simular ao solo a densidade aparente original. As colunas foram saturadas com água destilada até o início da drenagem. Aos 10 cm superficiais de cada coluna de solo adicionou-se e homogeneizou-se: 200mg de N (sulfato de amônio), 200 mg de potássio (cloreto de potássio), 400 mg de cálcio (carbonato de cálcio), 200 mg de magnésio (carbonato de magnésio) e 155 mg de fósforo (fosfato monoácido de sódio). Outra duplicata de lisímetro foi preparada sem a

adição de nutrientes, para servir de testemunha. Após 15 dias de incubação, iniciou-se a aplicação de água destilada em porções iguais e equivalentes a 52,3 mm de chuva cada vez, por um período de três semanas e equivalente a 263 mm de chuva. O lixiviado foi coletado em frascos contendo tolueno, para evitar o desenvolvimento de microrganismos, e óleo mineral para evitar a evaporação. Finda a drenagem, o percolado foi medido, determinando-se, em seguida, os teores de N, P, K, Ca e Mg lixiviado para avaliação das perdas.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Formação geológica e material de origem

As informações pertinentes à classificação, formação geológica, material de origem e localização de cada unidade de solo estão apresentadas na TABELA 1. Destas informações, constata-se que todos os solos foram derivados de sedimentos argilo-arenosos do Grupo Barreiras e arenitos das Formações Serra Grande e Sambaíba. Os solos formados desses materiais, em geral, tendem a ser profundos, bem drenados, textura leve principalmente no horizonte superficial, baixa saturação de bases e capacidade de troca de cátions. Por outro lado, nos solos onde o agente cimentante é a sílica são rasos devido a baixa solubilidade de cimento.

4.2 - Granulometria e mineralogia

Os resultados concernentes à granulometria e mineralogia da fração areia estão apresentados na TABELA 2. Da análise desses resultados observa-se que a areia (grossa e

TABELA 2 - Composição granulométrica e mineralógica (areias) de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio grande do Norte.

Solo Nº	Prof.	Areias	Silte	Argilas	Mineralogia (areias)
	cm	%			
01	0-25	93	3	4	100% quartzo, traços de nódulos de ferro, turmalina, distênio, ilmenita, rutilo.
	25-50	88	5	7	
	50-75	88	3	9	
02	0-25	95	2	3	100% quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, distênio, estaurolita
	25-50	91	3	6	
	50-75	86	3	11	
03	0-25	94	2	4	100% de quartzo, traços de turmalina, estaurolita, distênio, ilmenita.
	25-50	89	4	7	
	50-75	86	3	11	
04	0-25	50	25	25	100% quartzo, traços de nódulos ferruginosos, rutilo, distênio, epidoto, ilmenita.
	25-50	46	32	22	
	50-75	41	36	23	
05	0-25	76	10	14	100% quartzo, traços de turmalina, distênio, feldspato, zircão, ilmenita.
	25-50	66	9	25	
	50-75	55	23	22	
06	0-25	94	1	5	100% quartzo, traços de nódulos ferruginosos, turmalina, rutilo, ilmenita, distênio.
	25-50	94	1	5	
	50-75	94	1	5	
07	0-25	94	1	5	100% quartzo, traços de turmalina, estaurolita, rutilo, mica muscovita, ilmenita.
	25-50	90	3	7	
	50-75	80	3	11	
08	0-25	79	5	16	100% quartzo, traços de turmalina, zircão, rutilo, ilmenita, estaurolita.
	25-50	66	8	26	
	50-75	71	7	22	
09	0-25	92	5	3	100% quartzo, traços de turmalina, mica muscovita, zircão, estaurolita, ilmenita.
	25-50	85	5	10	
	50-75	87	5	8	
10	0-25	70	8	22	99% quartzo, 1% de nódulos argilo-ferruginosos, traços de turmalina, rutilo, zircão.
	25-50	62	13	25	
	50-75	61	13	26	

fina) é a fração textural dominante em todos esses solos, exceto no solo número 04. A fração silte em termos percentuais, em quase todos os solos estudados, é de pequena relevância e inferior à fração argila. Segundo JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), a fração silte nos latossolos e areias quartzosas apresenta-se em percentuais inferiores aos (das argilas, corroborando, desse modo, com os resultados ora obtidos. A fração argila, juntamente com a fração orgânica, embora em baixos percentuais (TABELAS 2 e 3), são os constituintes mais importantes destes solos, tanto do ponto de vista químico, quanto da fertilidade do solo.

A análise mineralógica da fração areia revelou que em todos os solos o quartzo é o mineral dominante (99 a 100%). Dos minerais classificados como traços, foram identificados: turmalina (boro, silicato de alumínio com teores variáveis de magnésio, ferro e potássio), ilmenita (óxido de ferro e de titânio), zircão (óxido de zircônio), distênio (silicato de alumínio), estauroлита (silicato de alumínio e ferro) e rutilo (óxido de titânio). Todos esses minerais são de pouca ou nenhuma importância do ponto de vista da química e da fertilidade do solo, em virtude de suas composições químicas e pela elevada resistência à ação do intemperismo. Portanto, pouco ou nenhuma é a importância da fração areia, nestes solos, no que concerne à reserva de nutrientes a longo prazo. Em alguns solos, a fração silte, dependendo da quantidade, da mineralogia e da composição química, pode ter grande importância como reserva

TABELA 3 - Algumas características químicas de dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Solo Nº	Prof.	pH	C	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	P
	-cm-		---	---							ppm
01	0-25	5,3	0,2	0,09	0,3	0,1	0,14	0,10	0,20	0,30	1
01	25-50	4,6	0,3	0,06	0,3	0,1	0,15	0,10	0,20	0,40	1
01	50-75	4,5	0,1	0,03	0,3	0,1	0,04	0,10	0,20	0,40	1
02	0-25	4,6	0,2	0,04	0,4	0,2	0,04	0,12	0,20	0,40	1
02	25-50	4,4	0,1	0,04	0,3	0,1	0,03	0,11	0,30	0,70	1
02	50-75	4,1	0,1	0,04	0,3	0,1	0,03	0,11	0,40	0,70	1
03	0-25	4,6	0,3	0,04	0,3	0,1	0,05	0,11	0,20	0,40	1
03	25-50	4,3	0,2	0,04	0,2	-	0,04	0,10	0,20	0,50	1
03	50-75	4,6	0,3	0,03	0,3	0,1	0,07	0,10	0,30	0,40	1
04	0-25	6,6	1,5	0,24	8,5	1,2	0,79	0,12	--	--	2
04	25-50	7,2	0,5	0,12	6,8	2,4	0,80	0,15	--	--	1
04	50-75	7,2	0,4	0,11	8,4	0,6	0,79	0,14	--	--	1
05	0-25	6,2	0,7	0,11	2,4	0,9	0,51	0,14	--	--	121
05	25-50	4,8	0,5	0,10	1,4	0,8	0,82	0,10	0,20	0,90	107
05	50-75	5,0	0,3	0,07	1,3	0,7	0,67	0,19	0,10	0,80	3
06	0-25	4,5	0,4	0,07	0,6	0,4	0,09	0,10	0,20	0,80	4
06	25-50	4,4	0,1	0,04	0,5	0,2	0,07	0,10	0,20	0,40	4
06	50-75	4,5	0,1	0,03	0,4	0,1	0,07	0,10	0,10	0,20	1
07	0-25	5,1	0,3	0,03	0,4	0,2	0,07	0,10	--	0,40	1
07	25-50	4,9	0,4	0,02	0,3	0,1	0,09	0,12	0,10	0,30	1
07	50-75	4,9	0,1	0,01	0,2	0,1	0,08	0,15	0,20	0,50	1
08	0-25	4,0	0,6	0,07	-	0,4	0,08	0,15	0,50	1,60	3
08	25-50	4,4	0,4	0,04	-	0,3	0,06	0,15	0,50	1,10	2
08	50-75	4,2	0,4	0,03	-	0,5	0,15	0,16	0,60	1,10	2
09	0-25	5,9	0,4	0,04	1,1	0,7	0,12	0,15	--	0,20	4
09	25-50	5,0	0,3	0,03	0,2	0,5	0,24	0,16	0,30	1,10	1
09	50-75	4,8	0,2	0,02	0,1	0,5	0,20	0,16	0,40	1,00	2
10	0-25	4,2	1,1	0,05	0,1	0,4	0,08	0,12	0,60	1,60	2
10	25-50	4,0	0,6	0,06	-	0,1	0,14	0,13	0,70	1,30	1
10	50-75	4,1	0,4	0,03	-	0,3	0,06	0,13	0,60	0,80	1

de nutrientes a longo prazo, por ocasião de sua meteorização.

Para a mineralogia da fração argila tomou-se como base os resultados das análises químicas publicadas por JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986). Dessas análises deduz-se que os minerais presentes são do grupo 1:1 e de óxidos hidratados de ferro e alumínio.

Em virtude da qualidade da fração argila e do percentual de matéria orgânica, de um modo geral, esses solos apresentam baixa soma de bases, baixa capacidade de troca de cátions e elevada capacidade de troca aniônica. Tais afirmativas são corroboradas por BABER & ROWELL (1972), com relação a solos semelhantes da Nigéria.

4.3 - Matéria orgânica

Os solos em estudo, de um modo geral, apresentam baixos teores de matéria orgânica (carbono orgânico), tanto na camada superficial, quanto nas subsuperficiais. Estes baixos teores de matéria orgânica (TABELA 3) podem ser atribuídos à cobertura florística, consequência da baixa fertilidade natural do solo e ao rigor do clima que propicia uma rápida oxidação da matéria orgânica do solo. Em áreas cultivadas, há ainda a interferência do homem, pelo emprego

de práticas agrícolas nem sempre recomendáveis. Nos cajueirais da Serra do Mel (Rio Grande do Norte), é frequente a prática de limpeza dos restos vegetais sob a copa das árvores, seguida de enleiramento nas entrelinhas de plantas, para posterior queimada. Tal prática, segundo os produtores, é a maneira mais econômica e fácil de limpar o terreno, para colheita dos frutos caídos. Em outras áreas a limpeza consiste apenas na remoção dos restolhos sob a copa e enleiramento fora desta, seguida ou não de incorporação.

A pesquisa sobre matéria orgânica em solos cultivados com cajueiros é de pouca ou nenhuma monta. Portanto, são desconhecidas as quantidades anuais aportadas e, ainda, a influência que os fatores bióticos e do clima exercem sobre o material aportado - balanço da matéria orgânica no solo.

A fração orgânica exerce papel de relevante importância, tanto sobre as propriedades químicas, quanto sobre as físicas. Para os solos em estudo, dado o baixo percentual e a qualidade da fração argila, presume-se que grande parte da capacidade de troca de cátions seja devida à matéria orgânica. No tocante as propriedades físicas, WILKSON (1975) relatou que a estabilidade dos agregados nos latossolos estava estreitamente relacionada com o percentual de matéria orgânica. A este respeito, observou-se que alguns latossolos do Estado do Piauí tornam-se mais susceptíveis à erosão hídrica, à medida em que são mantidos desprovidos de vegetação, com subsequente redução no teor de matéria orgânica.

(Sabendo-se que 98 a 99% do nitrogênio do solo estão ligados à matéria orgânica) e que o teor deste nos solos em estudo, é baixo, teores mais elevados de nitrogênio, jamais poderiam ser esperados. Os resultados contidos na TABELA 3 confirmam a expectativa e são corroborados por JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986).

Com relação à fixação biológica e mineralização do nitrogênio orgânico, para estes solos, a literatura é muito restrita. VASCONCELOS et alii (1976) observaram que o feijão-de-corda não respondia satisfatoriamente à inoculação ou à adubação nitrogenada em duas microregiões homogêneas do Ceará. Disto foi concluído que a população rizobiana nativa era elevada (boa nodulação) e eficiente, ou que as condições, por ocasião da inoculação e semeadura, eram desfavoráveis ao inóculo. Dado o largo espaçamento geralmente adotado, nos grandes plantios comerciais, recomendável seria o cultivo de leguminosas nas entrelinhas de plantas. Tal prática não só melhoraria o suprimento de matéria orgânica, como também poderia diminuir a quantidade de fertilizante nitrogenado comercial a ser aplicado.

Devido às características físicas e químicas desses solos, aliadas às precipitações pluviais, presume-se que boa parte do nitrogênio mineralizado, ou aplicado, seja perdido por lixiviação, para as camadas mais profundas do solo.

Dos resultados constantes na TABELA 5, observa-se que boa parte do nitrogênio aplicado foi lixiviado (10 a 60%), confirmando, deste modo, os resultados obtidos por

LAWTON et alii (1978).

Para o nitrogênio nativo, as perdas variaram de 16 a 231 kg/ha, não observando-se nenhuma relação entre os teores de N-total, carbono orgânico e percentagem de argila. LAWTON et alii (1978) também constataram que as perdas de N-total eram elevadas e variavam com a quantidade de água adicionada às colunas de solo.

4.4 - Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

Os teores de cálcio e de magnésio trocáveis nos solos estudados (TABELA 3), em geral, são inferiores a 1,0 mEq/100g de solo, exceto nos solos 04 e 05. Tais resultados estão em concordância com aqueles relatados por JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986). Estes baixos valores podem ser atribuídos ao material de origem e à baixa capacidade de troca de cátions dos solos. Dado a isto e a outros fatores, presume-se que boa parte do cálcio e do magnésio solubilizados, por ação do intemperismo, tenha sido lixiviada para as camadas mais profundas do solo e posteriormente para o lençol freático. CHARREAU (1972), analisando alguns solos sob savana, na Nigéria, constatou perdas de cálcio que chegavam a 107 kg/ha/ano, enquanto as de magnésio foram de 24 kg/ha/ano.

As perdas de cálcio e de magnésio observadas em

colunas de solo, em tubos de percolação foram relativamente elevadas (TABELA 3), quando comparadas com aquelas obtidas por CHARREAU (1972). Acredita-se que tais perdas foram devidas ao rigor da simulação e ausência de vegetação sobre o solo no decorrer do ensaio. Em condições de campo, RAIJ et alii (1972) relataram perdas que chegavam a 600 kg/ha/ano para o cálcio e 620 kg/ha/ano para o magnésio, quando da aplicação de nove toneladas de calcário. Para solos sob cultivo e em condições de campo as perdas deverão ser bem menores. Assim sendo, é recomendável que o assunto seja mais profundamente investigado.

Os teores absolutos de alumínio trocável nos solos estudados são relativamente baixos (TABELA 3) e concordantes com os obtidos por JACOMINE et alii (1971, 1973 e 1986), para os solos dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. Contudo, dado os baixos teores em bases, a saturação em alumínio assume proporções indesejáveis, principalmente nos latossolos do cerrado no Piauí. Em observações realizadas em campo de cajueirais cultivados no solo 08, constatou-se que o sistema radicular das plantas apresentavam crescimento e desenvolvimento inferiores ao de plantas da mesma idade cultivadas em solos com baixa saturação em alumínio. Disto aventou-se a hipótese de toxidez devida ao alumínio induzida por deficiência de cálcio. COLEMAN et alii (1959) verificaram que a toxidez devida ao alumínio estava relacionada à saturação (%Al) e não com o teor absoluto do elemento na forma trocável. Para alguns latossolos do Brasil

Central, RITCHEY et alii (1982) mostraram que o crescimento das plantas era limitado pela deficiência de cálcio e não pela toxidez de alumínio.

Portanto, a calagem deve ser tratada como de extrema necessidade, tanto para corrigir a deficiência de cálcio como para reduzir a atividade do alumínio trocável.

4.5 - Potássio

Analisando-se os resultados contidos na TABELA 4, observa-se que os teores de potássio total são bem inferiores àqueles relatados por MIELNICZUK (1977), para solos semelhantes de outras regiões do Brasil. A este respeito, salienta-se que os materiais de origem daqueles solos são bem diferentes (basalto e granito) dos solos em estudo (sedimento argilo-arenosos e arenito). Devido a isto, presume-se que, a longo prazo, a reserva de potássio nos solos estudados seja esgotada. Trabalhando com solos semelhantes, CRISOSTOMO & CASTRO (1970) concluíram que o poder de suprimento de potássio de alguns podzólicos e areias quartzosas era relativamente baixo, não suportando dois cultivos sucessivos. Quanto ao potássio trocável, os teores determinados (TABELA 3), estão bem abaixo do nível crítico proposto por RAIJ (1974), para solos e culturas do Estado de São Paulo.

Além dos baixos teores de potássio (total e

trocável), observou-se, ainda, que as perdas por lixiviação podem assumir valores bastantes expressivos (TABELA 5). A partir de colunas de solo saturadas e submetidas a 263 mm de chuva, observou-se perdas para o K-nativo que variaram de 14 a 271kg/ha/75cm e para o K-nativo + K-aplicado de 41 a 370 kg/ha/75cm. Dada a baixa retenção tanto do potássio nativo quanto do aplicado, recomenda-se o fracionamento da adubação potássica, objetivando-se diminuir quaisquer perdas. Os resultados observados estão em concordância com aqueles descritos por ATAGA (1973). SOUZA et alii (1979) consideram que o potássio lixiviado das camadas superficiais dos solos não é totalmente perdido, pois boa parte pode ser absorvida pelo sistema radicular mais profundo, retornando deste modo à superfície, quando da decomposição dos restos vegetais.

4.6 - Fósforo

Nos solos estudados, os teores de fósforo (total e utilizável) são relativamente baixos (TABELA 5), exceto nos solos 04 e 05. Analisando-se os resultados obtidos por JACOMINE et alii (1971 e 1973), constatou-se estreita concordância com os encontrados no presente estudo. Resultados semelhantes também foram relatados por COSTA & CRISOSTOMO (1980) e TEÓFILO (1981) para algumas unidades de

solo da Região da Ibiapaba. Além dos baixos teores de fósforo total e disponível, tais solos, relatados por VIANA (1981), são capazes de fixar boa parte do fertilizante fosfatado aplicado. Face a isto, conclui-se que colheitas satisfatórias somente serão conseguidas, quando se fizer adubação fosfatada.

4.7 - Ferro

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre (+/- 5%) e invariavelmente presente em todos os solos (KRAUSKOPF, 1972). Embora o conteúdo de ferro total na maioria dos solos seja elevado, o teor solúvel é relativamente baixo e inclui as formas: Fe^{3+} , $Fe(OH)_2^{+}$ e Fe^{2+} . As quantidades de ferro utilizável variam com as condições do solo e com o extrator utilizado. Em solos bem arejados, neutros ou alcalinos, são extraídas pequenas quantidades. Contudo, em solos bem arejados e ácidos, grandes quantidades podem ser obtidas (OLSON, 1965). Devido a isto, a metodologia existente não tem tido ampla aceitação.

Na TABELA 4 são encontrados os valores relativos ao ferro total e ao extraído pelo método de Mehlich. Quanto ao ferro total os resultados obtidos estão em concordância com os relatados por KRAUSKOPF (1972). No entanto, com relação os pertinentes ao utilizável, acredita-se que as quantidades

extraídas tenham sido superestimadas, devido à acidez do própria do extrator, bem como à acidez e à aeração do solo. Quanto ao nível crítico, este é bastante variável dada a diversidade e aceitação dos extratores químicos. Por isto, necessário se faz, que a pesquisa defina o nível crítico do ferro no solo e na planta.

Face à acidez e aeração do solo e de outros fatores, acredita-se que o ferro, no presente estágio da agricultura praticada, não seja fator limitante da produção nas áreas estudadas.

4.8 - Manganês

No que concerne à sua ocorrência, geoquímica e química, o manganês em muito se assemelha ao ferro. Dentre as diferenças químicas, citam-se a natureza eletroquímica do elemento e a maior solubilidade de seus compostos.

Os teores de Mn-total no solo variaram de menos de 20 a mais de 6000 ppm, não mostrando nenhuma correlação com o material de origem. Contudo, em solos derivados de rochas ígneas, os teores de manganês, em geral, são mais elevados do que naqueles derivados de rochas sedimentares.

Quanto ao nível crítico de Mn solúvel, COX & KAMPRATH (1972) relataram valores entre 5 e 9 ppm de Mn,

extraído pelo método de Mehlich. Levando-se em conta os valores acima, a maioria dos solos seria considerada deficiente neste elemento (TABELA 4). HOROWITZ & DANTAS (1966) constataram que os solos do sertão de Pernambuco apresentavam teores mais elevados de Mn do que os da zona da Mata, tendo como explicação o fato de que estes são mais sujeitos à lixiviação. GALRÃO (1991) observou que a soja cultivada em um latossolo, com 4,0 ppm de Mn, não respondia à aplicação deste elemento. Isto levou o autor a concluir que o nível crítico para a soja é inferior a 4,0 ppm.

4.9 - Zinco

Segundo BARBOSA FILHO (1990), o zinco é o elemento que mais limita a produção do arroz de sequeiro, quer pela baixa disponibilidade, quer pelo uso de fórmulas desbalanceadas e, também, pelo emprego exagerado de calcário. Para a soja, GALRÃO (1991) observou resposta à aplicação de Zn em solos contendo 0,8 ppm do elemento extraído pelo método de Mehlich. Contudo a partir da análise dos resultados observados na TABELA 4, não seria previsível (pelo menos a curto prazo) a deficiência de zinco em cajueiro. Para os latossolos do Estado do Piauí, levando-se em conta a elevada acidez e saturação de alumínio e os baixos teores de cálcio e de magnésio, a calagem é prática de extrema necessidade. Com

isto, acredita-se que ocorrerá uma diminuição na disponibilidade de zinco para as plantas.

4.10 - Cobre

Os teores de cobre total e solúvel nos solos variaram de 3 a 30 e de 0,1 a 6,8 ppm, respectivamente (TABELA 4). Para COX & KAMPRATH (1972), o nível crítico para cobre no solo é função do extrator utilizado (0,2 ppm para o acetato de amônio N pH 4,8, 0,75 ppm para o EDTA 0,5N e 3 a 4 ppm para o ácido nítrico 0,43 N). Para o extrator utilizado (Mehlich) não foram encontradas referências na literatura pesquisada. Todavia, acredita-se que seja muito próximo ao do ácido nítrico 0,43 N. GALRÃO (1991) observou que a soja não respondia à aplicação de cobre, no primeiro cultivo, embora o teor extraído pelo extrator de Mehlich fosse de apenas 0,1 ppm, concluindo que a falta de resposta era devida à capacidade do solo em liberar quantidades suficientes de cobre para a planta. Dado aos poucos resultados da pesquisa para os solos e cultura em questão, é recomendável uma abordagem mais profunda em que se procure relacionar o teor no solo com o teor na planta, e tentando-se relacionar a aplicação do elemento ao solo x via foliar.

TABELA 4 - Teores totais e solúveis de potássio, cobre, ferro, manganês, zinco e cobre em dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Solo Nº	Prof.	K		Cu		Fe		Mn		Zn		P	
		T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
	-cm-	-ppm-											
01	0-25	400	55	6	0,3	4035	70,0	29	5,7	27	11,5	105	1
	25-50	400	59	6	0,3	5070	88,5	36	2,2	142	11,4	100	1
	50-75	500	16	6	3,4	5610	88,5	32	1,8	52	8,8	105	1
02	0-25	300	16	5	0,3	8175	76,0	41	2,5	36	5,1	130	1
	25-50	300	11	5	0,4	9825	108,4	50	1,3	33	7,7	134	1
	50-75	400	11	5	0,2	10455	92,9	55	1,2	34	3,9	161	1
03	0-25	300	20	6	0,3	3355	61,2	31	5,1	30	4,5	72	1
	25-50	200	16	6	0,3	4500	98,2	40	1,6	30	5,6	76	1
	50-75	400	28	6	0,3	5580	98,0	43	1,5	31	6,2	93	1
04	0-25	3700	309	30	3,1	32100	96,0	353	335,1	76	8,1	1621	2
	25-50	3700	312	30	2,4	33800	77,2	342	149,7	67	4,7	524	1
	50-75	4400	309	32	1,8	38400	86,5	310	83,4	73	8,7	1992	1
05	0-25	1700	199	21	6,8	16300	77,0	274	222,4	47	10,4	20381	21
	25-50	1500	321	19	3,3	21300	85,1	306	121,2	51	11,8	67310	7
	50-75	1500	262	22	1,3	26900	112,6	293	64,9	59	3,2	1352	3
06	0-25	1300	35	7	0,3	3315	4,1	68	14,4	26	8,5	115	4
	25-50	1500	27	4	0,3	3780	110,6	68	10,4	21	10,9	96	4
	50-75	1200	27	5	0,2	3885	796,6	69	6,0	26	4,1	83	1
07	0-25	1000	27	3	0,1	1995	26,5	35	12,6	22	5,1	75	1
	25-50	1300	35	4	0,2	2940	56,0	41	2,6	20	7,1	70	1
	50-75	1400	31	5	0,2	3810	68,6	38	2,3	22	8,2	75	1
08	0-25	300	31	6	0,3	10365	70,8	29	1,9	24	3,5	207	3
	25-50	300	23	5	0,4	14400	115,7	45	1,6	32	4,4	239	2
	50-75	300	59	6	0,3	13750	95,1	45	1,6	28	3,4	239	2
09	0-25	300	47	3	0,2	1965	50,1	36	14,0	23	6,1	84	4
	25-50	500	94	4	0,4	3195	65,6	30	2,7	19	2,3	88	1
	50-75	800	78	3	0,4	3330	87,8	38	1,9	28	5,6	77	2
10	0-25	400	31	6	0,3	18200	92,9	40	3,9	46	6,5	277	2
	25-50	450	35	5	0,3	19600	139,3	43	1,8	36	7,1	261	1
	50-75	400	23	5	0,3	19200	120,9	48	1,3	34	10,8	389	1

TABELA 5 - Nutrientes lixiviados de dez unidades de solo dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, em colunas de solos, com (c) e sem (s) aplicação de Ca, Mg, K e N, e água equivalente a 263mm de chuva.

Solo Nº	Ca		Mg		K		N	
	C	S	C	S	C	S	C	S
	kg/ha/75cm							
01	172	77	132	41	190	15	120	19
02	325	63	200	29	224	15	234	16
03	312	110	168	82	186	26	211	24
04	472	101	101	44	31	20	135	46
05	745	422	367	172	370	271	297	231
06	573	138	240	42	263	90	394	93
07	667	27	257	27	72	15	101	16
08	101	22	86	22	41	14	121	27
09	485	79	528	42	339	133	155	55
10	159	118	67	39	39	29	113	76

5 - CONCLUSÕES

1. O quartzo se apresenta como o mineral dominante (100%) na fração areia, devido ao elevado estágio de intemperização em que se encontram os solos;

2. Há dominância de minerais do grupo 1:1 e de óxidos de ferro e de alumínio na fração argila;

3. A elevada saturação de alumínio dos latossolos do Estado do Piauí, propicia um baixo desenvolvimento do sistema radicular do cajueiro;

4. Os teores de fósforo e de potássio (totais) são insuficientes à manutenção, na forma utilizável, de um adequado suprimento destes elementos;

5. Razoáveis colheitas somente serão conseguidas quando empregadas a calagem e uma adubação racional dos solos;

6. Nos latossolos do Estado do Piauí, as deficiências de cobre, zinco e manganês serão acentuadas quando da realização de calagem e de adubação com NPK;

7. Materiais genéticos de qualidade superior deixarão de mostrar seu real potencial de produção, quando cultivados em solos de baixa fertilidade natural e de elevada saturação de alumínio, e

8. A fertilidade natural dos solos é baixa devido aos baixos percentuais e atividade das argilas e ao baixo teor de matéria orgânica.

6 - LITERATURA CITADA

ACQUAYE, D.K. Factores determining the potassium supplying power of soils in Ghana. In: Potassium in tropical crops and soils. Abidjan, Ivory Coast, 10th colloquium. Int. Potash Institute, Berne. 1973. p.51-69.

ATAGA, D.O. Release and fixation of potassium in some soils supporting oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. In: Potassium in tropical crops and soils. Abidjan, Ivory Coast, 10th colloquium. Int. Potash Institute, Berne, 1973. p.131-141.

BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F. & ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre com efeito residual para o milho. R. bras. Ci. Solo, 14: 333-338, 1990.

BENNEMA, J. The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. In: Drew, J.V. ed. Selected papers in soils formation and classification. Madison, Soil Science Society of America, 1967. p.72-82.

- BLACK, C.A. Soil-plant relationships. New York, John Wiley, 1968. 782p.
- BLACK, C.A. & GORING, C.A.L. Organic phosphorus in soils. Agronomy 4:123-152, 1953.
- BARBER, R.G. & ROWELL, D.L. Charge distribution and the cation exchange capacity of an iron-rich kaolinit soil. J. Soil Sci., 23:135-146, 1972.
- BORNEMIZA, E. & IGUE, K. Comparision of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. Soil Sci. 103:347-353, 1967.
- BOYER, J. Comportament du potassium dans les sols tropicaux cultivés. In: Le potassium dans les cultures et les sols tropicaux. Institute International de la Potasse. Abidijan, Replublic de Côte d'Ivoire, 1974, p.83-102.
- BROMFIELD, A.R. Sulphur in northern Nigerian soils. J. agric. Sci., 78:465-470, 1972.
- CASAGRANDE, J.C.; SOUZA, O.C. de & SHUNKLE, R.M. Avaliação da fertilidade de quatro solos do Estado do Mato Grosso do Sul: Enxofre e micronutrientes. Pesq. agroec. bras., 17:381-384, 1982.

- CATELAN, A.J. & VIDOR, C. Flutuação na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função das variações ambientais. R. bras. Ci. Solo, 14:133-142, 1990.
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., 84:133-144, 1957.
- CHARREAU, C. Bilans minéraux étudiés en cases lysimétriques sur 3 sols du Sénégal. IRAT, Sénégal, Arch. Agropédologie. 1972. 35 p.
- CHARREAU, C. & TOURTE, R. Le rôle des facteurs biologiques dans l'amélioration du profil cultural dans les systèmes d'agriculture traditionnel du zone tropicale sèche. Colloque sur la fertilité de sols tropicaux, 2, 1498-1517 Tananarive, 1967.
- COLEMAN, N.T.; WEED, S.B. & McCRAKEN, R.J. Cation-exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North Carolina. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23: 146-149, 1959.
- COSTA, R.I. da & CRISOSTOMO, L.A. Fracionamento do fósforo da camada arável de seis perfis das unidades de solos mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil. Ciênc. Agron., 10:99-104, 1980.

COX, F.R. & KANPRATH, E.J. Micronutrient soil test. In: MONTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. eds. Micronutrients in agriculture. 2nd. ed. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 289-317.

CRISOSTOMO, L.A. & CASTRO, A.F. de. Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil. Iurrialha, Costa Rica, 20:425-433, 1970.

DOBEREINER, J.; DAY, J.M. & DART, P.J. Nitrogenase activity and oxygen sensitivity of the Paspalum notatum - Azobacter paspali association. J. gen. Microbiol., 71:103-116, 1972.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1979, 73p. (mimeografado).

FASSBENDER H.W. & BORNEMIZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San Juan, Costa Rica, 1987, 420p.

FERRARI, R.A.A.; BRAGA, J.M.; SEDIYAMA, C.S. & OLIVEIRA, L.M. de. Resposta do cultivar de trigo "Santa Rosa" à aplicação de PK e calcário em latossolos do Triângulo Mineiro: I - Produção e características agronômicas. Revista Ceres,

23:11-20, 1976.

FOX, R.L. Responses to sulphur by crops growing in highly weathered soils. Sulphur in Agriculture, 4:16-22, 1980.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes e cobalto no rendimento da soja em solo do cerrado. R. bras. Ci. Solo, 15:117-120, 1991.

GARMAN, W.L. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21:52-58. 1957.

GEBHARDT, A. & COLEMAN, N.T. Anion adsorption by allophanic tropical soils: III Phosphate adsorption. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 38:263-266, 1974.

GUAZZELLI, R.J.; MENDES, J.F.; BRAWIN, G.R. & MILLER, S.F. Efeitos agronômicos e econômicos do calcário, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos de soja, feijão e arroz em Uberaba, Minas Gerais. Pesq. agropec. bras., 8:29-37, 1973.

HOROWITZ, A. & DANTAS, H. da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I - Manganês na zona da Mata e do Sertão. Pesq. agropec. bras., 3:383-390, 1966.

_____ & _____. Geoquímica dos elementos menores nos

solos de Pernambuco. III - Cobre na zona Litoral-Mata. Pesq. agropec. bras., 8:189-196, 1973a.

_____ & _____. Boro disponível nos solos da zona Litoral-Mata de Pernambuco. Pesq. agropec. bras., 8:163-168, 1973b.

_____ & _____. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. IV - Zinco na zona Litoral-Mata. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15. Santa Catarina, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1979, p.214-241.

_____ & _____. A geoquímica do molibdênio nos solos da zona Litoral-Mata de Pernambuco. Pesq. agropec. bras., 13:73-91, 1978.

JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 1958. p.134-182.

JACOMINE, P.K.T.; SILVA, F.B.R.; FORMIGA, R.A.; ALMEIDA, J.C.; BELTÃO, V. de A.; PESSOA, S.C.P. & FERREIRA, R.C. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, Convênio MA/DNEPEA-SUDENE/DRN, 1971. 531p.

_____; ALMEIDA, J.C. & MEDEIROS, L.A.R.

Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, Convênio MA/DNPEA/DRN, 1973, 2v, 809 p.

-----; CAVALCANTE, A.C.; PESSOA, S.C.P.; BURGOS, N.; MÉLO FILHO, H.F.R. de; LOPES, O.F & MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro. Convênio EMBRAPA/SNLCS/SUDENE-DRN. 1986. 2v, 782 p.

JENNY, H. Factores of soil formation. New York, McGraw-Hill. 1941, 281 p.

JONES, M.J. & WILD, A. Soils of the West african savanna. Tech. Commun. Commonw. Bur. Soils 55, 1975, 246 p.

JONES, M.B. Sulfur fertilization of Brazil's campos cerrados soils. Sulphur Institute Journal, 3:2-4, 1967.

KOWAL, J.M. & KASSAN, A.R. Agricultural ecology of Savanna. A study of West Africa. Oxford, Clarendon Press, 1978, p. 403 p.

KRAUSKOPF, K. Geochemistry of micronutrients In: MONTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L.eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 17-23.

- LAWTON, K.; COELHO, M.A. & CRISOSTOMO, L.A. Movimento e perdas por lixiviação de nutrientes solúveis aplicados a solos do estado do Ceará, Brasil. Ciênc. Agron. 8:9-18, 1978.
- LIMA, V. de P.M. dos S. Origem e distribuição geográfica. In: Lima, V.P.M. dos S. Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza, BNB/ETENE, 1988, p.1-10.
- LIMA, F.A.M.; CRISOSTOMO, L.A. & SILVA, F.J. Levantamento detalhado de solos das fazendas Belém e Lagoa do Mato (Aracati-CE). Ciênc. Agronon., 10:57-63, 1980.
- McCALEB, S. The genesis of the Red-Yellow Podzolic soils. In: DREW, J.V. ed. Selected papers in soil formation and classification. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1967, p.61-71.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Berne, International Potash Institute, 1982, 655p.
- MEREDITH, R.M. The effect of planting density and manuring on the yield of buck-type groundnuts. Emp. J. Exp. Agric., 32:136-140, 1964.
- MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. Bras. Ci. Solo, 1: 55-61, 1977.

NASCIMENTO, J.A.L. & MORELLI, M. Enxofre em solos do Rio Grande do Sul. I. Formas no solo. Rev. bras. ci. solo, 4:131-135, 1980.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. & SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solos do cerrado. R. bras. Ci. Solo, 13:199-204, 1989.

OLSON, R.V. Iron. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis, Part 2. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.963-973.

PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. & VARGAS, M.A.T. Estabelecimento de Bradyrhizobium japonicum num solo de cerrado pela inoculação de sementes de arroz. R. bras. Ci. Solo, 13:35-39, 1989.

PRATT, P.F. Digestion with hydrofluoric and perchloric acids for total potassium and sodium. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis, Part. 2. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1019-1021.

RAIJ, B. van Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. Ciência e Cultura, São Paulo, 26:575-579, 1974.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P. & SOARES, E.
Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em um
ensaio de calagem. R. bras. Ci. Solo, 6:33-37, 1982.

RIBEIRO, M.R; SANTOS, M.C.D. & FERREIRA, M. da G. de V.X.
Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do
Sertão de Pernambuco. R. bras. Ci. Solo, 15:75-81. 1991.

RICCI, M.S.F.; DEFELIPE, B.V.; COSTA, L.M. & REZENDE, S.B. As
frações granulométricas do solo como reserva de potássio
pelas plantas. R. bras. Ci. Solo, 13:181-186, 1989.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, V.F. Calcium deficiency
in clayey B horizons of Savanna Oxisols. Soil Sci.,
133:378-388, 1982.

SOUZA, D.M.G; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E. & GOEDERT, W.J.
Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. R. bras.
Ci. Solo, 3:33-39, 1979.

TABATABAI, M.A. & BREMNER, J. M. Distribution of total and
available sulfur in selected soils and soil profiles.
Agron. J., 64:40-44, 1972.

TEÓFILO, F.H.P. Estudo das diversas formas de fósforo em
solos da região da Ibiapaba, Ceará, Tese de Mestrado,
Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1981. 69p.

THORP, J. & SMITH, G.D. Higher categories of soil classification: order, suborder, and great soil group. Soil Sci., 67:117-126, 1949.

TISDALE, S.I.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York, Macmillan, 1975, 694p.

TOURTE, R.; VIDAL, P.; JACQUINOT, L.; FAUCH, J. & NICOU, R. Bilan d'une rotation sur sole régénération on Sénégal. Agron. Trop., 19:1033-1072, 1964.

UDO, E.J. & OGUNWALE, J.A. Phosphorus fractions in selected Nigerian soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 41:1141-1146, 1977.

VASCONCELOS, I.; PAIVA, J.B.; CRISOSTOMO, L.A. & OLIVEIRA, F.J. de. Confronto entre a inoculação artificial de rizóbios e a adubação nitrogenada em feijão-de-corda, Vigna sinensis (L.) Saví, em duas microregiões-homogêneas do Estado do Ceará, Brasil. Ciênc. Agron., 6:105-108, 1976.

VIANA, M.F. Adsorção de fósforo em solos da região da Ibiapaba, Estado do Ceará, tese de Mestrado, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 1981, 77p.

VIDAL, P. & FAUCHE, J. Quelques aspects de la dynamique des éléments minéraux d'une soi dior soumis a différentes jacheres. Premiers résultats. Agron. Trop., 17:828-840, 1962.

WILD, A. The potassium status of soils in the Savanna zone of Nigeria. Exp. Agric., 7:257-270, 1971.

WILKSON, G.E. Effect of grass fallow rotation on the infiltration of water into a Savanna zone soil of northern Nigeria. Trop. Agric. Trinidad, 52:97-103, 1975.