

EVANDRO CARVALHO DE ARAGÃO

Professor do Departamento de Engenharia
Agrícola e Solos do Centro de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Piauí.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA
DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAÍBA

por

EVANDRO CARVALHO DE ARAGÃO

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA

ABRIL - 1978 ✧



A659c Aragão, Evandro Carvalho de.
Caracterização física de três solos do município de Areia, Paraíba / Evandro Carvalho de Aragão. - Campina Grande, 1978.
102 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Humanidades, 1978.
"Orientação : Prof. M.Sc. Benjamin Fernandez Medina".
Referências.

1. Solo - Propriedades Físicas. 2. Solos - Areia - PB.
3. Conservação de Solos. 4. Dissertação - Ciências. I. Medina, Benjamin Fernandez. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 631.43(813.3)(043)

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA
DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAIBA

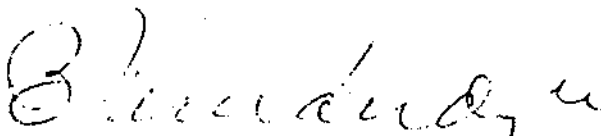
por

EVANDRO CARVALHO DE ARAGÃO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovado por:

COMISSÃO



PRESIDENTE



EXAMINADOR



EXAMINADOR

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAIBA - BRASIL
ABRIL - 1978

À minha esposa MARIA HELENA
pelo constante incentivo,
à nossa filha ANDREA
e a meus pais SILVIO E LETÍCIA.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece:

Ao Prof. M.S. BENJAMIN FERNANDEZ MEDINA, consultor do programa OEA/DAB/CCT/UFpb, seu orientador, pela paciente, objetiva e eficiente orientação no presente trabalho, assim como no desenvolvimento, redação e correção do texto definitivo.

Ao Prof. Laurentino Fernandes Batista, pela assistência na localização das áreas de amostragem, como também pela cuidadosa revisão desta pesquisa.

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade para realização do curso e o apoio financeiro prestado durante o período de aperfeiçoamento.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, especialmente o Departamento de Ciências Agrobiológicas do Campus II de Agronomia (Areia-Pb) pela entu

siástica acolhida que recebemos e pelo apoio básico oferecido durante toda a realização das análises de laboratório e trabalho de campo.

Aos laboratoristas Srs. Carlos José de Assis e José Alves de Lima pela colaboração prestada durante a fase do trabalho de laboratório.

À Senhorita Maria das Mercês Batista dos Santos pela ajuda prestada na parte de datilografia.

Ao Sr. Fernando de Oliveira Pereira pelo eficiente trabalho na composição datilográfica final deste trabalho.

A todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente têm colaborado para o êxito desta pesquisa.

R E S U M O

O objetivo deste trabalho foi caracterizar, em termos de suas propriedades físicas, três solos representativos do município de Areia como uma maneira de contribuir, em parte, ao planejamento racional da agricultura da área e na confecção de planos de conservação de solos tendentes a evitar sua destruição por efeito da erosão hídrica. Os solos estudados correspondem as seguintes associações:

- Solo 1. Podzólico vermelho amarelo, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.
- Solo 2. Latosol vermelho amarelo, textura argilosa, fase floresta sub-caducifólia, relevo forte ondulado.
- Solo 3. Podzólico vermelho amarelo, textura média, cascalhento, fase floresta subperenifólia.

Para atingir os objetivos assinalados, as seguintes determinações foram realizadas: textura, densidade aparen

te, densidade real, porosidade, estabilidade dos agregados, capacidade de campo, umidade equivalente, ponto de murcha, matéria orgânica e reação do solo.

Os resultados obtidos mostram que os três solos estudados apresentam texturas médias nas primeiras profundidades, aumentando o teor de argila e, conseqüentemente, diminuindo o conteúdo da fração areia, a medida que aumenta a profundidade. A estabilidade dos agregados reflete a influência dos processos de formação dos solos como também seu uso e manejo prévio e atual. O maior valor corresponde ao Solo 2 (89,2%) e o menor ao Solo 3 (55,4%). O Solo 1 possui estabilidade de agregados intermediário entre os Solos 1 e 2 (74,4%). Os valores de umidade equivalente e 1/3 de bar (% base peso seco) apresentados pelos três solos são de moderados a ligeiramente baixos, correspondendo os maiores valores ao solo 2. Em geral, a quantidade de água disponível para as plantas é baixa quando calculada na faixa de 0,33 - 15 bares de sucção, aumentando sensivelmente quando se usa 0,1 bar como limite superior da água disponível. Encontrou-se uma alta correlação ($r = 0,83^{**}$) entre umidade equivalente e 0,33 bar, o que sugere que o velho método de centrifugação, que é mais rápido e fácil do que o de 0,33 bares, pode ser usado para estimar capacidade de campo. Analisando a distribuição dos poros pelos seus tamanhos, verifica-se que os três solos possuem proporção de macroporos, e microporos que permitem uma adequada retenção e movimentação de água e difusão de gases para o normal crescimento das

plantas. Os valores de infiltração (teste feito somente no Solo 1), em solo sêco e úmido, indicam que este solo apresenta boas características físicas, o que somado à sua topografia quase plana, faz aconselhável sua incorporação a um regime de agricultura irrigada. Em geral, o conteúdo de matéria orgânica de todos os três solos é baixa e, obviamente, diminui com a profundidade. O teor mais alto é apresentado pelo Solo 1, no entanto os solos 2 e 3 mostram teores muito semelhantes entre se, diminuindo rapidamente a medida que aumenta a profundidade.

Finalmente, à luz destes resultados, pode-se recomendar que os Solos 2 e 3, devido à sua topografia acidentada e erosão passada e presente, sejam submetidos a sistemas culturais que permitam a conservação do solo e a restauração de algumas de suas características que atualmente encontram-se em processo de degradação. O Solo 1, por outro lado, pode ser cultivado sem muitas restrições sempre que tanto os nutrientes quanto o conteúdo de matéria orgânica sejam mantidos a níveis razoáveis. Estima-se de interesse realizar estudos econômicos tendentes a determinar a viabilidade da sua incorporação a um regime de agricultura irrigada.

A B S T R A C T

The objective of this work was to characterize, in terms of their physical properties, three of the most representative soils of Areia, Pb., as a manner of contributing to some degree for a more efficient and rational planning of its agriculture as well as in the establishment of soil conservation practices to minimize erosion hazards.

Soils studied belong to the following associations:

- Soil 1. Red-Yellow Podzolic, heavy texture, sub-deciduous forest phase, nearly flat relief.
- Soil 2. Red-Yellow Latosol, heavy texture, sub-deciduous forest phase, hilly uplands relief.
- Soil 3. Red-Yellow Podsol, medium texture, sub-perennial forest phase, hilly uplands relief.

The results of this study show that all three

soils have medium texture in their surface horizons, increasing the clay content with depth. This increase is more pronounced in Soils 1 and 2, whereas Soil 3 exhibits little variation among horizons. Aggregate stability depends primarily on the genesis of these soils and then on their present and past use and management. The greatest stability is shown by Soil 2 (81,2 %) and the lowest by Soil 3 (55,4 %). Soil 1 exhibits an aggregate stability value intermediate between Soils 2 and 3. Water retained at 0,33 bars suction and moisture equivalent (centrifugation), in dry weight basis, is moderate to slightly low. It was found the existence of a good correlation ($r = 0,83^{**}$) between moisture equivalent and 0,33 bars suction, suggesting that the old method of moisture equivalent, which is easier and more rapid than the one of 0,33 bars, can be used successfully for these soils to assess field capacity. Available moisture is, in general, low when calculated in the range of 0,33 to 15 bars suctions and increases notoriously when 0,1 bar is used as the higher limit of available water. An analysis of the pore-size distribution curves shows that all three soils have proportions of macro and microporos that enable adequate water retention as well as fluid transmission characteristics for plant growth. Infiltration rate values for Soil 1 (infiltrations tests were not in Soils 2 and 3) point out that this soil have good physical properties, which in addition to its near flat relief, makes it suitable for

irrigation. Organic matter for all three soils is low, decreasing with depth.

Finally, it can be suggested that Soils 1 and 3, because of steepness as well as past and present use and management which, in the long run, have determined erosion hazards and consequently a gradual deterioration of their physical properties and organic matter content, should be submitted to cultural systems that enable their conservation and build up some of their characteristics, actually in process of degradation. Soil 1, on the other hand, can be cultivated without much restriction, provided nutrients and organic matter be kept at reasonable levels. It would be interesting to do economical studies to determine the suitability of its incorporation to an agricultural irrigated system.

Í N D I C E

CAPÍTULO I	- INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO II	- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
	1 - Propriedades Físicas do Solo	03
	1.1 - Distribuição dos Tamanhos das Partículas	03
	1.2 - Densidade Aparente	06
	1.3 - Densidade Real	08
	1.4 - Porosidade do Solo	09
	1.5 - Estrutura e Agregação	11
	1.6 - Energia da Água do Solo	16
	1.7 - Infiltração	23
CAPÍTULO III	- MATERIAIS E MÉTODOS	36
	1 - Descrição da Área	36
	1.1 - Localização	36
	1.2 - Clima	37
	1.3 - Vegetação	37
	1.4 - Solos	38
	2 - Caracterização dos Solos Estudados	39
	2.1 - Coleta de Amostragem e Preparação	39
	2.2 - Análises Físicas	39
	2.2.1 - Distribuição do Tamanho das Partículas	39
	2.2.2 - Densidade Aparente	41
	2.2.3 - Densidade Real	41
	2.2.4 - Porosidade Total	41
	2.2.5 - Estabilidade dos Agregados	41
	2.2.6 - Capacidade de Campo	42
	2.2.7 - Umidade Equivalente	42
	2.2.8 - Ponto de Murcha Permanente	42
	2.2.9 - Curva Característica de Umidade	42

2.2.10 - Distribuição dos Poros pelos seus Tamanhos	42
2.2.11 - Velocidade de Infiltração	43
2.3 - Análises Químicas	43
2.3.1 - Matéria Orgânica	43
2.3.2 - Reação do Solo	43
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
1 - Distribuição dos Tamanhos das Partículas	44
2 - Densidade Aparente, Densidade Real e Porosidade Total	46
3 - Estabilidade dos Agregados	49
4 - Umidade Equivalente Sucções de 0,1, 0,33 e 15 bares e Água Disponível	53
5 - Curva de Retenção de Água	59
6 - Distribuição dos Poros pelos seus Tamanhos	66
7 - Velocidade de Infiltração	73
8 - Matéria Orgânica e Reação do Solo	77
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	80
1 - CONCLUSÕES	80
2 - RECOMENDAÇÕES	82
BIBLIOGRAFIA	84
APÊNDICE A	94
APÊNDICE B	101

CAPÍTULO I

I N T R O D U Ç Ã O

A agricultura para alcançar metas de produção que permitam satisfazer as necessidades da população, precisa realizar pesquisas específicas que contribuam para alcançar tais objetivos.

O solo, recurso natural necessário para o crescimento e desenvolvimento das culturas, é um fator de marcante importância em todos aqueles estudos que têm como objetivo essencial e último a obtenção de uma produção agrícola.

A capacidade do solo para produzir culturas não só depende da suplementação de nutrientes, mas também das relações solo-água e solo-ar que fazem possível a utilização mais eficiente dos nutrientes disponíveis para as plantas. Numerosos trabalhos têm destacado a importância da física do solo

nos estudos de problemas agrícolas. As propriedades físicas dos solos determinam, em grande medida, o uso do solo como também as práticas de manejo as quais devem ser submetidos com o propósito de manter ou incrementar sua produtividade agrícola.

O município de Areia apresenta uma topografia acidentada e uma alta pluviometria, particularmente nos meses de março a setembro, o que determina a ocorrência de um processo erosivo de alta intensidade durante esse período do ano. Existem também alguns setores que por suas características de relevo plano e/ou suavemente ondulado poderiam ser incorporados a um regime de agricultura irrigada. Resulta, assim, que do ponto de vista da conservação do solo como também da incorporação de novas áreas à irrigação, o conhecimento das características físicas dos solos pode contribuir, de uma maneira importante, a um mais eficiente e racional uso do recurso solo.

O presente trabalho objetiva a fornecer dados relativos as características físicas de três solos representativos do município de Areia que possam ser de utilidade no planejamento da agricultura da área, bem como na adoção de práticas de conservação de solos. Finalmente, espera-se contribuir aos trabalhos de levantamento dos solos da área, visto que algumas das propriedades físicas estudadas, assim como a metodologia aplicada, enquadram-se com atividades desta natureza.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1 - PROPRIEDADES FISICAS DO SOLO

As propriedades físicas dos solos, além de fornecer antecedentes sobre as relações solo-água-ar, assinalam as condições que um solo apresenta para a penetração, desenvolvimento e sustentação das raízes das plantas, como também determinam em elevado grau o uso e manejo ao qual devem ser submetidos os solos com o objetivo primordial de manter e/ou aumentar sua produtividade.

1.1 - Distribuição do Tamanho das Partículas

A fase sólida do solo é composta pelas partículas primárias do mesmo. Em geral, elas permanecem unidas formando agregados, mas podem ser separadas por processos químicos, mecânicos e biológicos. Possuem uma composição e estrutura variada e diferenciam-se uma das outras em sua forma, tamanho e composição. Por sua vez, podem ser orgânicas, inorgânicas, cristalinas ou amorfas. Os métodos de determinação da distribuição das partículas pelos seus tamanhos, referem-se apenas aos fragmentos cristalinos do solo (partículas inorgânicas).

Segundo DAY (1965), o tamanho das partículas é um parâmetro que possui dimensões de comprimento e é conceituado pelos seguintes critérios padrões:

- a) a largura de um pequeno quadrado, ou diâmetro de um pequeno círculo através do qual a partícula pode passar
- b) o diâmetro de uma esfera cujo volume é igual ao da partícula
- c) o diâmetro de uma esfera cuja densidade e velocidade de sedimentação (em um dado fluido) é igual ao das partículas

Este critérios são válidos apenas para partículas esféricas, mas não se aplicam às partículas anisométricas do solo. Segundo este autor, nas determinações do tamanho das partículas, os resultados sempre devem ser incorporados com a notação do método usado.

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA¹(1965) conceitua a distribuição das partículas do solo pelos seus tamanhos como "a quantidade dos distintos separados numa amostra de solo; comumente expressa-se em percentagem em peso".

A distribuição das partículas primárias pelos seus tamanhos é uma das características mais estáveis do solo, sendo muito pouco modificada pelo cultivo ou outras práticas. Entretanto, seus benefícios indiretos são vários sendo utilizada como base para a classificação textural do solo. DAY (1965) afirma que é um método de pesquisa de enorme valor em casos de segregação de partículas por lixiviação, em agregação, sedimentação e no transporte de partículas pela água e o vento.

Diversos pesquisadores (BAVER, 1928; BAVAR et alii, 1972; GILL E REAVES, 1956; HARO et alii, 1973; PEREIRA, 1971) têm demonstrado a influência da distribuição das partículas pelos seus tamanhos em propriedades físicas do solo tais como densidade aparente, porosidade total, distribuição dos poros pelos seus tamanhos, superfície específica, capacidade de retenção de água e sucções de 1/3 e 15 bares, infiltrabilidade e condutividade hidráulica. Tem-se ainda destacado o seu efeito sobre a capacidade de troca de cátions, conteúdo de potássio e outros cátions, fixação de fosforo e enxofre e eficiência dos fertilizantes (BATISTA, 1977; BAVAR et alii, 1972; GRIM, 1962; HARO, 1971).

1 Sociedade Americana da Ciência do Solo.

1.2 - Densidade Aparente

De acordo com a SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965), densidade aparente é "a massa de solo seco por unidade de volume aparente. O volume aparente determina-se secando o solo a 105°C".

Segundo BLAKE (1965), densidade aparente é a relação que existe entre a massa do solo (seco a 105°C) e o volume das partículas mais os espaços porosos numa amostra dada de solo. A massa é determinada depois de sacar o solo a 105°C, e o volume é o que tem a amostra no momento de extrai-la em condições de campo.

Os valores da densidade aparente são de vastíssimo emprego. Usam-se na conversão das percentagens de umidade em peso seco a percentagens em volume, no cálculo da porosidade quando se conhece a densidade real, na estimação da quantidade de solo em uma grande extensão de terreno a uma dada profundidade e na construção das curvas de retenção de umidade, quando o teor de água é expresso em volume.

BLAKE (1965) diz que a densidade aparente do solo é um parâmetro variável. Varia com a condição estrutural, a textura, a compactação, o manejo e o tipos de culturas. Frequentemente, a densidade aparente é usada como um índice da estrutura do solo. UHLAND (1949) comprovou que a densidade aparente de um solo argilo-limoso foi reduzida de 1,3 a 1,0 g/cm³

durante um período de 10 anos sob rotação de leguminosa e gramíneas. Uma igual redução foi observada quando uma mistura de gramíneas, ocupou o solo por 12 anos. BAVER (1956) mostra que o tipo de cultivo e o manejo empregado afetam a densidade aparente, principalmente nas camadas superiores. O cultivo de pastos perenes tende a baixar os valores da densidade aparente.

De acordo com ROMANS (1959), encontra-se grandes diferenças na densidade aparente em um perfil de solo. A medida que aumenta a profundidade, a densidade tende a aumentar. BLAKE (1965) diz que isto se deve ao mais baixo conteúdo de matéria orgânica das camadas inferiores, à menor agregação e penetração das raízes e a compactação causada pelo peso das camadas superiores.

SHAW, citado por FOX e PAGE-HANIFY (1959), divide os métodos de determinação de densidade em dois grupos: a) os que empregam solo destorreado em laboratório; b) aqueles que usam o solo no seu estado natural de campo. Considera que as determinações feitas com métodos do primeiro grupo têm restritas aplicações.

BLAKE (1965) distingue os métodos do torrão, do cilindro, da escavação e da radiação. Os três primeiros diferem, em principal, pela maneira como é obtida a amostra do solo. O último é um método "in situ".

1.3 - Densidade Real

Segundo a SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965), densidade real é "a massa por unidade de volume das partículas do solo". Em trabalhos técnicos comumente expressa-se em g/cm^3 .

A densidade real é um parametro largamente utilizado na maioria das expressões que descrevem os fenômenos físicos do solo. Assim, interrelações de porosidade, densidade aparente e sedimentação de partículas em fluídos, dependem da densidade real. Inúmeros cálculos que implicam o movimento de partículas pelo vento e água, assim também como em análises do tamanho das partículas baseado em sua taxa de sedimentação em fluídos, precisam da informação da densidade real.

Existem vários métodos para determinar a densidade das partículas do solo entre os que, por seu maior emprego, se destacam o método do picnômetro de água (BLAKE, 1965) e o do picnômetro de ar. Este ultimo é um método indireto de avaliação da densidade real (RUSSEL, 1949).

A matéria orgânica tem grande influência na densidade real do solo. Verifica-se que a densidade de um solo será tanto menor quanto maior for o conteúdo de matéria orgânica. DAY (1953) estabeleceu que, de um modo geral, os solos com baixo teor de matéria orgânica são aceitos universalmente com densidade real de $2,65 \text{ g/cm}^3$.

Alguns pesquisadores (AGREN, 1967; BLAKE; 1965)

comprovaram que em solos vulcânicos as partículas finas possuem uma natureza porosa e pequenos canais internos, tornando-se difícil que o líquido deslocante ocupe os espaços. BLAKE (1965) comprovou que usando água como líquido deslocante se obtém um aumento de 0,01 a 0,03 na densidade real. Por outro lado, se o solo é de natureza fina (argiloso) o incremento é então de 0,1 a 0,3 em relação aos outros líquidos utilizados tais como tolueno, xileno e tetraclore de carbono.

1.4 - Porosidade do Solo

VOMOCIL (1965) afirma que a geometria do sistema poroso do solo é tão complexa como a da fase sólida. Desta maneira, ao variar as partículas do solo em tamanho, forma e regularidade, os poros também variam consideravelmente em forma, dimensão lateral, largura, tortuosidade, continuidade e outras características geométricas. Contudo, a descrição do sistema poroso tende a simplificar-se mediante o uso de termos como porosidade total, percentagem em volume de poros grandes, ou distribuição do tamanho dos poros. Lembra ainda este autor que as caracterizações dos sistemas porosos são importantes nas pesquisas do armazenamento e movimento da água e ar, nos estudos do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, e no fluxo e retenção do calor no solo. Para os propósitos mencionados,

a simples determinação da porosidade total fornece uma informação de limitada utilidade. É mais importante a determinação da distribuição relativa do tamanho dos poros num volume dado de solo.

De acordo com a SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) define-se porosidade total como "a percentagem do volume aparente total do solo não ocupado por partículas sólidas. BAVER (1956) a define como o volume de espaços porosos dividido pelo volume total do solo.

Alguns pesquisadores (VERMA e TOOGOOD, 1969) mencionam que solos sob pastagem possuem uma maior percentagem de poros que solos nus ou sob cultivo de cereais, explicando ser o grande desenvolvimento do sistema radicular dos pastos o responsável pelo fenómeno. Na mesma linha de pesquisa, UHLAND (1949) demonstrou que as raízes profundas das leguminosas, tais como alfafa e kudzu, aumentam a percentagem de poros no solo. Nos terrenos cultivados com alfafa o volume de poros foi significativamente maior do que nos cultivados anualmente com algodão. O mencionado pesquisador vai, além, assinalando que o volume de poros drenado sob tensão foi maior nas áreas submetidas a pastagens. Por outro lado, MACHENRY (1950) assinala que a idade de uma pradaria não implica diferenças significativas na percentagem da porosidade do solo.

O princípio no qual se baseiam os distintos métodos de determinação de porosidade é simples. O volume aparen-

te ocupado por uma dada massa de solo pode ser dividido em várias "classes" de espaços. Considera-se primeiro o volume aparente de um solo seco a 105º e a peso constante. Como somente uma parte do volume aparente é ocupado por partículas sólidas, o resto estará ocupado por ar (VOMOCIL, 1965).

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) conceitua a distribuição do tamanho dos poros como "o volume dos distintos tamanhos de poros do solo. Expressa-se em percentagem do volume aparente (solo mais espaço poroso)".

Segundo VOMOCIL (1965), do ponto de vista prático é bem mais importante o conhecimento da distribuição do tamanho dos poros do que seu volume total. Uma distribuição deficiente dos diferentes tamanhos dos poros pode incidir num lento movimento da água e do ar através do solo ou, pelo contrario, pode proporcionar uma ótima difusão do ar como também pode produzir um aumento da velocidade da infiltração da água, além dos limites aceitáveis.

1.5 - Estrutura e Agregação

Existem várias funções que dependem fundamentalmente da estrutura do solo. A capacidade dos solos para reter água e ar, e seus movimentos através dele, são exemplos. Daí deriva sua extraordinária importancia no crescimento das plan

tas, na germinação das sementes e na vida microbiana pela qual se torna possível a decomposição da matéria orgânica do solo e a conseqüente produção de nitratos (BAVER, 1972).

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) conceitua a es trutura do solo como sendo "a combinação ou arranjo das partí culas primárias em partículas secundárias ou agregados. Estas unidades secundárias podem ser, ainda que comumente não sejam, arra hadas no perfil do solo de uma maneira tal que lhe confe rem um padrão característico. Os agregados são caracterizados ou classificados em base a seus tamanhos, formas e grau de co esão em classes, tipos e graus, respectivamente".

MARTIN et alii (1955) definem um agregado do solo como a união natural de um grupo de partículas do solo, no qual as forças que mantem as partículas juntas são muito mais fortes que as forças entre agregados vizinhos. Por outro lado, de finem agregado como sendo "uma unidade formada por processos na turais (em contraste com o torrão que é formado artificialmente)".

A agregação do solo, é um reflexo do efeito combi nado de agentes físicos, biológicos e químicos. HARRIS et alii (1966) mencionam que a ênfase posta à influência das culturas na agregação tem-se concentrado no papel da grande massa de raízes que penetram no solo. Segundo MAZURAK et alii (1962), a penetração das raízes nos grandes agregados pode provocar a se paração destes em agregados menores. Por outro lado, as partí

culas primarias (areia, limo e argila) podem ser presas e comprimidas em agregados mediante o crescimento das raízes. KOLODNY e NEAL (1941) assinalam que efeito da absorção da água pelas raízes é também importante na constituição e estabilização dos agregados, pois origina a redução do volume do solo e sua desidratação. HARRIS et alii (1966) dizem que a mineralização das raízes mortas não produz um incremento permanente da agregação do solo, visto que o humus a proporção que é produzido é fortemente decomposto. Isto vai indicar que a quantidade de humus presente e sua influência no incremento da agregação estão determinadas, primeiramente, pela extensão do período vegetativo da planta. Subsequentemente, esta estabilidade dos agregados é aumetada com pradarias permanentes, enquanto que os cultivos anuais e continuadas causam a mineralização do humus formado e a destruição dos agregados do solo.

OLMSTEAD (1946) mostrou que os solos, de uma maneira generalizada, submetidos a todos os tipos de culturas, incluindo plantas de pequeno grão, cultivos em fileiras e rotações de culturas que incluem barbecho, perdem 80%, aproximadamente, da agregação inicial na superfície ou zona de cultivo. Conclui ainda, que a percentagem de agregação foi aumentada em dobro, em cinco anos, usando-se gramíneas. JABLONSKI (1957) observou que a consorciação de leguminosas com gramíneas tem um maior efeito na formação de agregados do que somente o estabelecimento de leguminosas. A agregação foi mais intensa em so-

los cultivados com leguminosas perenes ou quando consorciado com gramíneas do que com leguminosas anuais. Outros autores (STRICKLING, 1950; VAN BABEL e SHALLER, 1950; KULAKOV, 1960) e fetuaram pesquisas comparativas do efeito de diferentes sistemas de culturas e rotações na agregação e mostraram que os cereais e cultivos olerícolas são geralmente os que menos efeito produzem no sentido de manter uma adequada agregação do solo. MARTIN et alii (1955) afirmaram que a agregação das camadas superficiais de muitos solos é, predominantemente, função da ação microbiológica sobre a matéria orgânica na formação e destruição de materiais cimentantes do solo. Há evidencia que, em presença de uma adequada fonte de energia, certos fungos *Streptomyces* e bactérias produzem a cimentação das partículas do solo em agregados estáveis. MARTIN et alii (1955) e HARRIS et alii (1966) mostram que diversos constituintes orgânicos e inorgânicos do solo como polímeros, óxidos de Fe, Al e Mn, e argila coloidal cimentam as partículas do solo em agregados estáveis à água. Concordantemente com estes dados, SAINI et alii (1966) afirmam que os óxidos de Fe, Al e Mn são as substâncias agregantes mais importante nas camadas subsuperficiais dos solos latossólicos e, com um certo grau, nas camadas superficiais de outros. Substâncias cimentantes de origem orgânica, em grande parte, são responsáveis pela estabilização dos agregados superficiais.

Com respeito ao cultivo do solo, HARRIS et alii

(1966) assinalam que os tratos culturais podem incrementar a agregação quando os implementos agrícolas usados e o conteúdo de umidade do solo são manejados adequadamente. Outros pesquisadores (TANCHANDRPHONGS e DAVIDSON, 1970) afirmam que a agregação de um solo, sob rotação de alfafa-trigo sem inversão, foi significativamente superior a agregação de um outro solo submetido a práticas intensivas de cultivo.

Tanto o clima quanto as variáveis ambientais afetam diretamente a formação e destruição dos agregados do solo. E do clima que depende a resistência dos agregados à água, isto é, o conteúdo de água do solo e a temperatura influenciam a intemperização e acumulação de matéria orgânica (SAVVINOV, citado por KONONOVA, 1961; BAVER et alii, 1972). WILSON et alii (1947) afirmam que as variações estacionais refletem os efeitos combinados do clima na agregação do solo. Na primavera a agregação aumenta atingindo um máximo no verão e logo decresce, chegando a um mínimo no inverno..

A estabilidade representa a resistência dos agregados aos efeitos desintegrantes da água e manipulações mecânicas. Uma análise dos agregados mede a percentagem de partículas secundárias do solo estáveis à água e a magnitude à qual os separados mecânicos mais finos encontram-se agregados em frações maiores. As técnicas mais usadas na avaliação da estrutura do solo são:

- . Peneiramento em seco e em água
- . Elutriação
- . Sedimentação

A técnica de peneiramento em água de TIULIN (1928) é, talvez, a mais conhecida e empregada. Segundo esse método o solo é lentamente molhado por capilaridade durante 30 minutos e logo transferido a um conjunto de peneiras imersas em água. O peso de solo em cada peneira é determinado. A peneira do fundo tem uma abertura de 0,25 mm. YODER (1936) e KEMPER (1965) tem desenvolvido equipamentos mecânicos para subir e baixar as peneiras dentro da água.

Existem várias maneiras para expressar a agregação do solo. BAVER et alii (1972) tem sugerido o termo "estado de agregação" para designar a percentagem de agregados maiores que certo tamanho especificado num peso dado de solo. VAN BAVEL (1949) introduziu o "diâmetro-peso médio" (DPM) dos agregados do solo como um índice da agregação. Finalmente, MAZURAK (1950) tem proposto o termo diâmetro-médio geométrico.

1.6 - Energia da Água do Solo

Numerosas forças atuam sobre a água num material poroso como é o solo. O campo gravitacional da terra a pucha

verticalmente. Campos de força originados pela atração das su perfícies sólidas pela água a pucham em várias direções. O pe so da água e, em vezes, o peso adicional das partículas sólidas, que não formam parte da matriz do solo, também atuam sobre a água que está abaixo devido a atração de gravidade. Os ions dissolvidos na água têm uma força atrativa pela água e se opõem no seu afastamento. Ainda mais, há uma importante força especial na superfície da água que está associada com a atração mutua das moléculas do fluído e o desbalanço dessas forças que existem numa interface ar-água (BAVER, et alii 1972).

A variedade de forças e as direções nas quais elas atuam fazem difícil a descrição das forças líquidas que atuam na água do solo. Porém, é possível estimar a energia potencial associada com um incremento de água como consequência das forças que atuam sobre ela. Segundo BAVER (1972), as diferenças em energia potencial entre pontos em sistemas isotérmicos determinam a direção do fluxo mesmo assim como a quantidade de trabalho disponível para causar fluxo, ou a quantidade de trabalho que deve se fazer desde fora para provocar fluxo.

BUCKINGHAN, citado por RICHARDS (1965), em 1907, denominou potencial matricial ao trabalho que é preciso fazer para remover uma quantidade dada de água do solo. Quando expresso como trabalho por unidade de volume têm as dimensões ff sicas de pressão. Essa pressão equivalente, quando medida em

atmosfera, é negativa e têm sido chamada tensão da água ou sucção do solo.

A retenção de água no solo é uma propriedade intrínseca que está relacionada com forças superficiais que determinam o nível de energia da água no solo. RICHARDS (1956) diz que os valores de retenção de água no solo são dependentes da textura, estrutura, temperatura e relações energéticas na interfase sólido-líquido-gás que são influenciados pela composição química. Em virtude dos fenômenos de histerese, os valores de retenção dependem tanto da sorção e desorção quanto da direção e grandeza das mudanças que ocorrem no conteúdo de água do solo (RICHARD, 1956).

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) conceitua curva de retenção de umidade como "um gráfico que mostra a percentagem de água do solo (em peso ou volume) versus a tensão ou pressão aplicada. Os pontos no gráfico obtêm-se comumente aumentando (ou diminuindo) a tensão ou pressão aplicada sobre uma faixa especificada".

As curvas características de umidade possuem uma notável importância teórico-prática, em especial para o conhecimento das relações solo-água-plantas, assim como das características físicas dos solos. Dois fatores de considerável importância nas relações solo-água são a quantidade de água existente nos poros dos solos e o potencial ou atividade da água.

Segundo vários autores (ALJIBURY et alii, 1961),

as respostas das plantas parecem estar mais intimamente relacionado à sucção (potencial) do que à taxa de movimento da água para a superfície das raízes, embora que esta última seja, também, de importância considerável.

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) define capacidade de campo como: "a percentagem de água que permanece no solo 2 ou 3 dias após ter sido saturado e depois que a drenagem livre praticamente tem cessado. A percentagem pode ser expressa nas bases de peso ou volume". Agrega que é um termo absoleto em trabalhos técnicos. De maneira quase similar, HADAS (1973) diz que capacidade de campo é comumente definida como a quantidade de água retida no solo após o excesso dela ter sido drenado e cessado seu movimento descendente. Isto ocorre a proximadamente de 2 a 5 dias após o término da chuva ou irrigação.

A capacidade de campo é uma constante hídrica do solo muito usada já que representa praticamente o limite superior da água disponível armazenada para uso das plantas. Quando as plantas estão transpirando a redistribuição de água no perfil é tão lento após 2 a 3 dias (capacidade de campo) que é desprezível comparada com a quantidade dela que é absorvida pelos vegetais. BAVER et alii (1972) assinala que, frequentemente, o período de tempo necessário para chegar a uma taxa de drenagem desprezível tem sido arbitrariamente tomado como dois dias. Porém, para muitos solos não há um tempo exato (ponto ú-

nico) onde uma taxa de drenagem única possa ser escolhida (BAVER et alii, 1972). Segundo HADAS (1973), aceita-se comumente que capacidade de campo não é um valor de equilíbrio e deverá se considerar um valor transitório na distribuição água do solo-tempo-profundidade no qual a taxa de mudança é muito pequena. Em acordo com esses conceitos, não resulta possível uma simples definição de capacidade de campo. Porém, poderia-se determinar arbitrariamente uma taxa de drenagem que se estime desprezível e medir o conteúdo de água do solo ao qual dita de drenagem é atingida (BAVER et alii, 1972).

Na prática, geralmente relaciona-se capacidade de campo com a quantidade de água retida a um potencial matricial particular (frequentemente - 1/3 bar), ou o teor de água retida por uma amostra de solo molhado quando submetida a uma força centrífuga 1000 vezes a gravidade (umidade equivalente), que corresponde aproximadamente a 1/3 bar. Vários autores (PETER, 1965; CAVAZZA et alii, 1973) questionam a validade prática desses métodos devido a que, como já foi expresso, capacidade de campo não é um valor de equilíbrio senão que, pelo contrário, um valor mutante da função de drenagem interno de um solo no qual existe uma condutividade hidráulica muito baixa. Mais ainda, a retenção de água num perfil de solo depende das propriedades transmissoras de todo o perfil e dos gradientes hidráulicos bem mais que são do estágio de energia num ponto particular do perfil.

Observando as mudanças no conteúdo de água num perfil de solo irrigado e onde plantas vegetam, nota-se que o conteúdo de água correspondente a capacidade de campo será rapidamente atingido. Embora, devido à presença de plantas, a água do solo continuará diminuindo a uma taxa apreciável em virtude da evapotranspiração. Após alguns dias, as plantas tendem a apresentar sinais de "stress" e ocorrerá a murcha, evidenciando-se os primeiros sintomas nas partes (folhas) mais velhas e logo na planta toda. Neste estágio, as plantas podem recuperar a sua turgidez se colocadas numa atmosfera saturada de água, mas a medida que o conteúdo de água continua diminuindo as folhas murcham-se permanentemente não sendo capaz de recuperar numa atmosfera saturada (as folhas novas recuperam-se). Para GAIRON (1973), o conteúdo de água neste estágio é o "ponto de murcha incipiente". Se a observação continua até que toda a planta fique permanente murcha, o conteúdo de água do solo nesse momento é a "percentagem de murchamento permanente, ou ponto de murchamento permanente".

A experiência tem demonstrado que o crescimento da planta cessa no ponto de murcha incipiente e o conteúdo de água no solo não varia mais em função da absorção pelas plantas. Porém, pode existir uma apreciável (ainda que pequena em valores absolutos) mudança no conteúdo de água entre ambos pontos, especialmente para solos de textura fina. PETER (1965), numa tentativa destinada a aclarar conceitos nessa linha de conhe-

cimento, tem dado as seguintes definições: "PONTO DE MURCHA INCIPIENTE" é o conteúdo de água no qual as duas folhas inferiores verdadeiras de um tipo particular de planta, num estágio particular de desenvolvimento, murcham-se e não se recuperam numa atmosfera saturada. A alongação das plantas cessa, aproximadamente, a igual conteúdo de umidade. Por outro lado, "PONTO DE MURCHA PERMANENTE" é o conteúdo de água do solo quando as plantas que crescem nesse solo são primeiro reduzidas a uma condição de murchamento da qual não se podem recuperar numa atmosfera saturada.

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) define percentagem de água a 15 atmosferas como "a percentagem de água contida num solo, previamente saturado, sujeito a, e em equilíbrio com, uma pressão aplicada de 15 atmosferas. (A pressão é aplicada numa membrana a pressão ou num equipamento de placa a pressão. Comumente expressa-se como percentagem em peso, mas também como percentagem em volume. Aproximadamente igual a percentagem a 15 bares)".

GAIRON (1973) descreve uma completa metodologia para determinar percentagem de murchamento permanente usando plantas de girassol nanico (Helianthus annuus). O mesmo autor assinala que o ponto de murcha é, geralmente, uma característica bem reproduzível, embora que não é uma propriedade intrínseca do solo. A razão disso é que o conteúdo de água muda muito lentamente a medida que o potencial de água se aproxima à faixa

de murchamento. A experiência têm demonstrado que para muitos solos o ponto de murcha está representado aproximadamente pela percentagem de água retida a 15 bares. LEHANE e STAPLE (1960) encontraram uma regressão linear entre o ponto de murcha permanente obtido com girassol nanico e aquele determinado a 15 atmosferas de pressão. Segundo o anterior, ponto de murcha é o conteúdo de água ao qual as plantas não podem extrair mais água do solo para o seu crescimento e, portanto, é o limite inferior de água disponível para as plantas. A faixa de conteúdo de água entre ponto de murchamento permanente e capacidade de campo é, em vezes, denominada "capacidade de água do solo prontamente disponível" (CAPD). Esta CAPD varia de um solo para outro, principalmente em função da textura e da estrutura.

A capacidade que têm as plantas para remover a água do solo varia significativamente com a espécie e a condição da planta e do solo (SYKES e LOOMIS, 1967).

1.7 - Infiltração

A infiltração desempenha papel de suma importancia no ciclo hidrológico. Particularmente marcante é seu papel na zona superficial do solo, onde ocorre a interação da água atmosférica e a litosfera. É neste ponto, também, onde a complexa separação entre chuva (ou irrigação), infiltração, escoamen

to superficial, evapotranspiração e percolação profunda é iniciada e mantida. A água adicionada mediante chuva ou irrigação pode infiltrar, acumular sobre a superfície do solo ou escoar. A água disponível para escoamento está, obviamente, determinada pelo processo da infiltração. A água infiltrada eventualmente divide-se em evaporação e percolação; uma parte dessa última emerge como fluxo de água e o restante chega ao lençol freático como água subterrânea de recarga.

VERMA (1969) diz que a infiltração deve ser considerada na estimação do perigo de erosão provocada pelo escoamento superficial, como também para avaliar o ganho de água aproveitável e seu armazenamento. Daí a grande importância que tem a infiltração, razão pela qual deve ser conhecida por engenheiros, cientistas do solo e hidrólogos, na preparação de projetos de irrigação e nas pesquisas de utilização de uma determinada área.

A infiltração pode ser definida como o processo mediante o qual a água penetra no solo através de sua superfície (SWARTZENDRUBER et alii, 1973). HORTON (1940) a tem definido como a máxima taxa à qual um solo dado numa condição dada pode absorver água de chuva a medida que ela cai.

A SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1965) define os seguintes termos: INFILTRAÇÃO é a penetração, para abaixo, da água no solo; TAXA DE INFILTRAÇÃO é uma característica do solo que descreve a máxima taxa a qual a água pode penetrar no so-

lo sob condições específicas, incluindo a presença de um excesso de água. Possui as dimensões da velocidade (LT^{-1}); VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO é a taxa atual em que a água está entrando no solo em um dado tempo. Pode ser menor que a máxima taxa de infiltração, devido a um limitado fornecimento de água (chuva ou irrigação). Tem dimensões idênticas à taxa de infiltração (LT^{-1}); PERCOLAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO é o movimento de água para abaixo, através do perfil do solo. No fluxo de água para abaixo, em solos saturados ou quase saturados, o gradiente hidráulico é da ordem de 1,0 ou menos.

CHILDS (1969) tem sugerido que uma das formas de abordar o processo da infiltração é considerá-lo como uma consequência de condutividade hidráulica e o gradiente na superfície do solo. Para a condição especial na qual a chuva está sendo absorvida por um solo, a uma taxa máxima possível, HORTON (1940) sugeriu o termo "capacidade de infiltração". RICHARDS (1952) propôs "taxa de infiltração", em lugar de capacidade de infiltração". Mais recentemente, HILLEL (1971) tem acunhado o termo "infiltrabilidade" para designar o fluxo de infiltração que resulta quando se aplica água livremente disponível, à pressão atmosférica, na superfície do solo.

Devido a que a penetração de água no solo é causada por forças matriciais, mesmo assim como gravitacionais, essa penetração pode ocorrer nas direções lateral como também para cima e para baixo. Durante os primeiros estágios da pene-

tração de água no solo às forças matriciais predominam sobre as gravitacionais mas, a medida que passa o tempo, as primeiras vão perdendo proeminência em favor das forças gravitacionais que são as que finalmente dominam todo o processo. Resulta, então, que ao início do processo de infiltração existe um alto gradiente de potencial total entre a camada superficial do solo (potencial praticamente zero) e aquela além da frente de molhamento. Embora, com o tempo, a medida que avança a frente de molhamento o gradiente de potencial diminui, consequentemente aproximando-se a um que corresponde a infiltração básica ou final (REICHARDT, 1975; SWARTZENDRUBER & HILLEL, 1973).

Para VERMA (1969) a infiltração é mais uma variável que um fator constante. O grau de infiltração da água num solo é governado pelas suas propriedades físicas e químicas bem como pela cobertura vegetal que em conjunto modificam a efetividade das forças gravitacionais e capilares que concorrem na entrada de água no solo. De acordo com outros autores (FERNANDEZ, 1963; KULINICHENKO, 1959) a penetração de água através do solo diminui com o tempo, fenômeno que se manifesta com maior intensidade no período inicial. Em geral, esta regra é válida para todos os solos, justificando-se pelas seguintes razões: quanto mais água penetra no solo e a profundidades cada vez maiores, o gradiente do potencial (do qual depende diretamente o grau de penetração da água), que no início era de maior grandeza, torna-se cada vez menor aproximando-se a zero na

parte próxima a superfície do solo; por outro lado, a medida que a água penetra pelos poros do solo a taxa de infiltração diminui em virtude das mudanças físicas que ocorrem no mesmo.

Dentre os fatores mais importantes que afetam a infiltração de água destacam-se a porosidade, a agregação, o conteúdo de matéria orgânica, o conteúdo inicial de umidade do solo, a hidratação dos colóides e as culturas.

Varios autores (CARREKER et alii, 1968; FREE et alii, 1940) encontraram associação entre o grau de infiltração e a porosidade total e uma correlação altamente significativa entre a infiltração e a quantidade de poros não capilares do solo. VERMA & TOOGOOD (1969) afirmam que a medida que o sistema radicular da planta se desenvolve, aumenta a percentagem de poros do perfil do solo e, portanto, o grau de infiltração. Existem abundantes evidências na literatura sobre o efeito da agregação do solo na taxa de infiltração. Assim, CLARKE et alii (1966) expressam que em alguns casos a capacidade de infiltração aumenta linearmente com a agregação (2 mm). FREE et alii (1940) encontraram correlação entre o grau de agregação de um solo e sua taxa de infiltração. Porém, nas camadas inferiores do solo tal correlação é perturbada. Por outros lado, FERNANDEZ (1963) afirma que a estabilidade dos agregados exerceria sua maior influência no processo de infiltração somente após os primeiros 30 minutos de ter-se aplicado água ao solo. Um grande número de pesquisadores (FREE et alii, 1940; SMITH

et alii, 1937; WISCHMEIR, 1965) tem encontrado uma decisiva influência da matéria orgânica na taxa de infiltração, principalmente devido a seus efeitos na estabilidade dos agregados e na porosidade total. Um dos fatores que não somente influencia a taxa de infiltração, mas também a quantidade de água que o solo pode absorver é o conteúdo inicial de umidade do solo. PHILIP (1957) diz que no início da infiltração um elevado conteúdo de umidade inicial reduz a taxa de infiltração, mas incrementa a velocidade de avanço da frente de molhamento. Embora, a medida que o tempo decorre a umidade inicial deixa de ter sua importante influência na taxa de infiltração e passa a ter uma maior incidência no avanço da frente de molhamento. HAMILTON et alii (1975), numa pesquisa sobre as implicações agrônômica do efeito da umidade inicial na capacidade de infiltração do solo, concluíram que do ponto de vista de irrigação quanto maior o conteúdo de água disponível no momento de aplicação, menor será a velocidade de infiltração e consequentemente maior o tempo de irrigação. Um dos efeitos que comunte ocorrem quando começa a entrar água num solo que se encontra seco, ou parcialmente seco, é o intumescimento das partículas coloidais que provoca uma redução no espaço poroso disponível para o fluxo de água e para a saída do ar. Este efeito, especialmente importante nos solos que possuem uma alta proporção de colóides, produz diminuição nas dimensões dos poros não capilares e capilares que em casos extremos podem se

fechar e impedir a passagem de água (FREE et alii, 1940; HORTON, 1940). Na realização de um estudo sobre o efeito da rotação de culturas na infiltração, FERNANDEZ (1963) assinala que o valor de equilíbrio da velocidade de infiltração em um solo, após sete anos cultivado com Apropyron desertorum, foi o dobro do valor encontrado para o mesmo solo cultivado com milho no período de dois anos.

Vários pesquisadores (GREEN & AMPT, 1911; HOLTAN, 1961; HORTON, 1940; KOSTIAKOV, 1932; PHILIP, 1957) têm proposto equações para descrever matematicamente o processo da infiltração. Uma equação de infiltração expressa a infiltrabilidade como uma função, quer do tempo quer da quantidade total de água infiltrada no solo. Em continuação apresentam-se as equações mais comuns na ordem histórica na qual foram desenvolvidas.

- Equação de Green e Ampt. GREEN & AMPT (1911) foram os primeiros a derivar uma equação de infiltração que expressaram como segue:

$$i = i_c + b/I \quad (1)$$

onde:

$i = \frac{dI}{dt}$ = Infiltração instantânea

i_c = Constante característica

b = Constante característica

I = Infiltração acumulada num tempo t .

Na equação (1) i_c é a infiltração básica assintótica obtida quando t (e portanto I) é grande. Neste sentido i_c identifica-se com a condutividade próxima a saturação, isto é, com aquela que está levemente abaixo da condutividade hidráulica saturada (SWARTZENDRUBER, 1973). Ao tempo zero (t_0) I também é zero, de maneira que na equação (1) i é infinito inicialmente, mas decresce assintoticamente para seu valor eventual (ou final) i_c . A equação (1) pode-se integrar para entregar uma relação entre I e t , mas não vice-versa. Assim, não é possível expressar i na equação (1) como uma função explícita do tempo.

- Equação de Kostiakov. KOSTIAKOV (1932) propôs a seguinte equação:

$$i = Bt^{-N} \quad (2)$$

onde:

i = Infiltração instantânea

B e N = Constantes

Segundo SWARTZENDRUBER (1973), a forma estritamente empírica dá uma infiltração instantânea inicial i , mas faz que i aproxime a zero a medida que t aumenta.

- Equação de Horton. HORTON (1940) desenvolveu uma equação que considerava que a redução na taxa de infiltração com o tempo é marcadamente controlada por fatores que atuam na superfície do solo. Esses fatores incluem intumescimento dos colóides, e fechamento das pequenas rachaduras que progressivamente impermeabilizam a superfície do solo. A equação escreve-se como segue:

$$i = i_c + (i_0 - i_c) e^{-Kt} \quad (3)$$

onde:

i_c , i_0 e K = Constantes características.

para $t = 0$ a infiltrabilidade não é finita, mas adota o valor finito i . A constante K determina a rapidez com a qual i mudará de i_0 a i_c . A equação é também integrável e dá I como função explícita de t , mas não vice-versa.

- Equação de Philip. PHILIP (1957) tem proposto a seguinte equação:

$$i = i_c + S/2t^{1/2} \quad (4)$$

onde:

i_c e S = Constantes características.

Aquí novamente a infiltrabilidade é infinita ao tempo zero e sō duas constantes sãõ requeridas. A equação (4) pode se integrar para entregar seja I como uma função explícita de t , ou t como uma função explícita de I .

- Equação de Holtan. Finalmente, HOLTAN (1961) desenvolveu uma equação que tem quatro constantes:

$$i = i_c + a (M - I)^n \quad (5)$$

onde:

i_c , a , M e n = Constantes.

M foi futuramente especificado como o potencial de água armazenada no solo acima do primeiro estrato impermeável (porosidade total menos a umidade inicial, expressa em unidades de comprimento). Embora, o significado de M para um solo que não tem uma camada impermeável não ficou claro. Ainda mais, ela sō pode se usar para a faixa $0 \leq I \leq M$, devido a que $i = i_c$ somente pode se produzir ao único ponto $I = M$. Quando I ultrapassa M , então a grandeza $(M - I)^n$ torna-se seja positiva e aumentando, seja negativa e decrescendo, ou imaginária, dependendo de se n é par, ímpar ou fracional, respectivamente. Assim, além de se precisar a condição $0 \leq I \leq M$ deverar-se estabelecer que:

$$i = i_c \quad \text{para} \quad I = M \quad (6)$$

Devido a que não há razão para supor que a infiltração deverá se interromper quando $I = M$, em lugar de uma só equação boa para todos os $I > 0$ a expressão de HOLTAN deve se reconhecer como composta das duas-formas de especificação matemática representadas pelas equações (5) e (6).

Existem diversos métodos para determinar a infiltração da água no solo. Em muitos casos eles tem sido desenvolvidos para preencher necessidades específicas e por isso não são amplamente adaptáveis. PARR e BERTRAND (1960) tem apresentado a grande diversidade de métodos existentes, assinalando que nenhum método até agora desenvolvido reúne todas necessidades. Posteriormente, BERTRAND (1965) fez uma descrição dos métodos e equipamento empregados para determinar infiltração, destacando os seguintes:

- a) método da chuva artificial
- b) método de inundação, que inclui o dos cilindros infiltrômetros simples e duplos
- c) método das bacias hidrográficas

Os dados de infiltração podem se registrar e apresentar numa variedade de formas. No caso de infiltrômetros de

chuva usados no terreno, onde a taxa de aplicação de água é conhecida, as medições originais são feitas comumente na forma de volume de escoamento obtido a tempos sucessivos de medição. O mesmo se faz para infiltrômetros de sulco ou de taças, usando o princípio de entrada-saída de água. Quando se usam cilindros infiltrômetros as medidas são feitas na forma de abaixamento de água no cilindro (ou no tanque de abastecimento quando se usa equipamento de carga constante). As medições em sistemas de entrada-saída de água são usualmente plotadas como taxa de escoamento versus o tempo. Precisa-se um grande número de dados-pontos para obter uma curva suave, realística. A diferença entre taxa de escoamento superficial, em profundidade ou altura de água por unidade de tempo, e a taxa de aplicação, em idênticas unidades, é a taxa de infiltração ao tempo dado.

Com cilindros infiltrômetros um plotado da infiltração acumulada versus o tempo deverá dar como resultado uma curva suave, cuja pendente é igual à taxa de infiltração. Plotando a taxa de entrada de água no solo contra o tempo resulta uma curva que mostra a mudança na tendência do solo para absorver água com o tempo. A área baixo a curva representa a capacidade do solo para absorver água até o tempo em questão. Essa curva de "capacidade de infiltração" é normalmente o resultado final.

CHANDUVI (1970) tem desenvolvido uma forma simpli

ficada, baseada em relações matemáticas, para analisar os testes de infiltração. O autor preparou um programa para o computador (UNIVAC 1108) que permitiu obter uma série de tabelas em que se encontram cada um dos elementos das equações de infiltração (equações de KOSTIAKOV, 1932). Aliás, apresenta-se o valor da velocidade de infiltração básica.

As tabelas de CHANDUVI são de grande valor prático, posto que permitem processar e analisar um considerável número de testes e, conseqüentemente, de dados de infiltração, num tempo relativamente curto.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E METODOS

O presente estudo foi conduzido no Departamento de Ciências Agrobiológicas do Campus II do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Pb, durante o período compreendido entre Julho de 1977 e Março de 1978.

1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA

1.1 - Localização

O Município de Areia está localizado a 6950'12" de latitude sul e 35942'15" de longitude oeste e possui uma superfície de 14.300 hectares.

1.2 - Clima

Segundo THORNTHWAITTE (1948), a classificação climática é B₁ r A' a', que corresponde a clima úmido com pouca deficiência de umidade, megatérmico, com pequena variação de temperatura. KOEPPEN (1936), por outro lado, o classifica como AS', isto é, clima tropical, semi-úmido, com estação chuvosa no período de outono-inverno.

A precipitação média anual é de 1470,3 mm, da qual mais de 50% cai nos meses de março a agosto. A estação seca pode durar de 4 a 6 meses o que implica que os solos têm alternativas entre temperato-cálido e seco por um período de 4 a 6 meses e fresco e úmido por todo o resto do ano. O mês mais seco é novembro (23,4 mm) e o mais úmido é julho (253 mm).

A temperatura média anual é de 23,24°C. Geralmente, as variações nas temperaturas mensais médias são mínimas. O valor mais alto corresponde a fevereiro (24,68°C) e o mais baixo a julho (21,63°C).

A umidade relativa do ar é alta, variando entre 75% no mês de novembro e 87% nos meses de junho e julho. A média é da ordem de 80%.

1.3 - Vegetação

O brejo paraibano está constituído por uma flores

ta perenifolia e subperenifolia. As espécies mais proeminentes são:

- . Tryrsidium salzianum Benth (cupiuba preta)
- . Bowdichia virgilioides HBK (sucupira)
- . Byrsonima sericea DC (murici)
- . Hynenaea martiana HAYNE (jatobá)
- . Tecoma chrysotricha Mart (pau d'arco)

1.4 - Solos

Segundo MA/EPE - SUDENE/DRN (1972), os solos mais representativos de Areia correspondem à Associação Podzólico Vermelho Amarelo equivalente Eutrófico com A proeminente, textura argilosa, relevo fortemente ondulado, e solos Litólicos Eutróficos com A proeminente, textura média, fase pedregosa, floresta perenifolia e subperenifolia, relevo ondulado e montanhoso e substrato de granito e gnaiss. As citadas associações apresentam-se com floresta subcaducifolia. Às vezes os solos litólicos têm horizonte A moderado, de textura média. Em menor escala existem Latossóis e terras roxas.

Os solos selecionados no presente estudo correspondem aos mais importantes e representativos da área. A localização das trincheiras e descrição dos perfis, apresentam-se no Apêndice A.

Em continuação, no quadro 01, apresentam-se os solos selecionados, as profundidades de amostragem, bem como seu uso atual e anterior.

2 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ESTUDADOS

2.1 - Coleta de Amostragem e Preparação

As amostras foram coletadas em três lugares correspondente aos três solos selecionados no presente estudo. A localização das trincheiras e descrição dos perfis apresentam-se no Apêndice A. No quadro 01, assinalam-se os solos selecionados, as profundidades de amostragem, bem como seu uso atual e anterior.

As amostras foram coletadas em sacos plásticos colocando anotações e etiquetas no interior e exterior dos mesmos, respectivamente. No laboratório as amostras foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm e submetidas a análises físicas e químicas. Cada determinação foi feita em número de três repetições.

2.2 - Análises Físicas

2.2.1 - Distribuição do Tamanho das Partículas

QUADRO Nº 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SOLOS SELECIONADOS, PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM E USO ATUAL E ANTERIOR

SOLO	ASSOCIAÇÃO	PROF. DE AMOSTRAGEM	USO ATUAL	USO ANTERIOR
Nº		cm		
1.	Podzol Vermelho Amarelo, textura argilosa, fase floresta subcaducifolia, relevo quase plano	0 - 20 20 - 42 42 - 74 74 - 108	Feijão e mandioca	Agave e 10 anos com vegetação nativa
2.	Latosol Vermelho Amarelo, textura argilosa fase floresta subcaducifolia, relevo forte ondulado	0 - 15 15 - 35 35 - 50 50 - 65	Capim nos últimos 4 anos	Agave e cana-de-açúcar
3.	Podzol Vermelho Amarelo, textura média, fase floresta subperenifolia, relevo forte ondulado	0 - 12 12 - 27 27 - 64 64 - 120	Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar (últimos 20 anos).

Foi feita através do método do hidrometro segundo o procedimento modificado por BOUYOUCOS (1951), usando 50 ml de NaOH 1 N como agente dispersante.

2.2.2 - Densidade Aparente

Usou-se o método do torrão seguindo o procedimento descrito por BLAKE (1965).

2.2.3 - Densidade Real

Foi determinada segundo a metodologia citada por FORSYTHE (1971) que usa água para medir o volume deslocado por uma massa de solo conhecida em um frasco volumétrico de 250ml.

2.2.4 - Porosidade Total

No seu cálculo empregou-se a equação que relaciona a porosidade total e densidades aparente e real:

$$\left[\text{Porosidade total}(\%) = \left(1 - \frac{\text{densidade aparente}}{\text{densidade real}} \right) 100 \right]$$

2.2.5 - Estabilidade dos Agregados

Foi determinada nos primeiros 10 cm superficiais do solo pelo método de tamizagem em água seguindo o método descrito por CONAWAY e STRICKLING (1962), com a seguinte modificação: em lugar de 20 oscilações por minuto durante dois minu

tos, usaram-se 30 oscilações por minutos durante os mesmos dois minutos.

2.2.6 - Capacidade de Campo

Obteve-se em panela à pressão de acordo ao método descrito por RICHARDS (1965).

2.2.7 - Umidade Equivalente

Foi determinada por centrifugação de amostras saturadas de solo, segundo o procedimento citado por PETER (1965).

2.2.8 - Ponto de Murcha Permanente

Método da panela à pressão seguindo o procedimento descrito por RICHARDS (1965).

2.2.9 - Curva Característica de Umidade

Foi determinada mediante o uso de placas porosas e panela a pressão seguindo o procedimento descrito por RICHARDS (1965). Usaram-se tensões de 0,1, 0,33, 1, 3, 5, 10 e 15 bares.

2.2.10 - Distribuição dos Poros pelos seus Tamanhos

Foi obtido a partir da curva característica de umidade, seguindo a metodologia descrita por PEREIRA (1971).

2.2.11 - Velocidade de Infiltração

Usou-se o método dos cilindros infiltrômetro duplo, seguindo a metodologia descrita por BERTRAN (1965). Esta determinação foi feita somente no solo I, tendo em vista a dificuldade no transporte de água, devido ao relevo ser bastante acidentado nos demais solos.

2.3 - Análises Químicas

2.3.1 - Matéria Orgânica

Foi determinada pelo método do carbono orgânico, seguindo a metodologia descrita por VETTORI (1969).

2.3.2 - Reação do Solo

Usou-se o método citado por VETTORI (1969).

CAPITULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - DISTRIBUIÇÃO DOS TAMANHOS DAS PARTÍCULAS

No quadro nº 2 apresenta-se os resultados percentuais das análises de distribuição dos tamanhos das partículas primárias com suas respectivas classificações texturais, de acordo aos sistemas Americano e Internacional.

Os resultados mostram que, em geral, os solos têm texturas médias nas primeiras profundidades, aumentando o teor de argila a medida que aumenta a profundidade indicando uma intensa migração de materiais finos dos horizontes superficiais para abaixo, com a conseqüente acumulação nas camadas mais profundas do solo. Este fenômeno é muito mais pronunciado nos solos 1 e 2, nos quais se verificam aumentos do conteúdo de

QUADRO Nº 02 - VALORES MÉDIOS (3 REPETIÇÕES) DA PERCENTAGEM DE AREIA, LIMO E ARGILA DE TRÊS SOLOS DE AREIA, PB. SISTEMAS AMERICANO E INTERNACIONAL.

SOLO	PROF.	SIST.	AREIA	LIMO	ARGILA	CLASSE TEXTURAL	
	cm		%				
1.	0 - 20	Améric.	57,2	14,5	28,3	Franco Arg. Arenoso	
		Internac.	64,4	7,3	28,3	Argilo Arenoso	
	20 - 42	Améric.	50,6	8,3	41,1	Argilo Arenoso	
		Internac.	54,2	4,7	41,1	Argilo Arenoso	
	42 - 72	Améric.	49,8	3,3	46,9	Argilo Arenoso	
		Internac.	51,8	1,3	46,9	Argila Densa	
	74 - 108	Améric.	32,7	14,7	52,6	Argilosos	
		Internac.	35,5	12,0	52,5	Argila Densa	
2.	0 - 15	Améric.	63,2	9,5	27,3	Franco Arg. Arenoso	
		Internac.	65,7	7,0	27,3	Argilo Arenoso	
	15 - 35	Améric.	47,6	7,7	44,7	Argilo Arenoso	
		Internac.	50,2	5,1	44,7	Argila Pouco Densa	
	35 - 50	Améric.	31,2	4,6	64,2	Argiloso	
		Internac.	33,1	2,6	64,3	Argila Densa	
	50 - 65	Améric.	32,2	7,8	60,0	Argiloso	
		Internac.	33,5	6,5	60,0	Argila Densa	
	3.	0 - 12	Améric.	67,5	12,6	19,9	Franco Arenoso
			Internac.	79,1	10,0	19,9	Franco Arg. Arenoso
		12 - 27	Améric.	62,8	12,8	24,4	Franco Arg. Arenoso
			Internac.	67,9	7,7	24,4	Franco Arg. Arenoso
27 - 64		Améric.	60,4	16,6	23,0	Franco Arg. Arenoso	
		Internac.	66,9	10,2	22,9	Franco Arg. Arenoso	
64 - 120		Améric.	55,0	18,3	26,7	Argilo Arenoso	
		Internac.	62,2	11,1	26,7	Franco Arg. Arenoso	

de argila, em profundidade, de 85,4 e 135,3 %, respectivamente, em relação ao primeiro horizonte de ambos solos. No solo 3, entretanto, o incremento do teor de argila é muito menor, variando 19,9 %, no primeiro horizonte a 26,7 % no último, o que significa um aumento de somente 39,5%.

2 - DENSIDADE APARENTE, DENSIDADE REAL E POROSIDADE TOTAL

Os valores da densidade aparente, densidade real e porosidade total se mostram no quadro nº 3.

Os resultados das determinações da densidade aparente, que se apresentam no quadro 3, assinalam que, com exceção do solo 3, os valores aumentam com o aumento da profundidade, o que está em concordância com seus teores decrescentes de matéria orgânica e aumento de argila. Aliás, as camadas mais superficiais do solo exercem pressão sobre as que se encontram a maior profundidade, determinando uma redução na razão de vãos e, portanto, incrementando os valores de densidade aparente. No solo 3, porém, não se observa uma tendência bem definida. A primeira camada apresenta um valor maior que as segunda e terceira, sendo superada, apenas, pela quarta profundidade. A razão desse comportamento poderia dever-se a compactação da camada superficial, devido ao cultivo intensivo a que

QUADRO Nº 3 - VALORES MÉDIOS (3 REPETIÇÕES) DA DENSIDADE APARENTE, DENSIDADE REAL E POROSIDADE TOTAL DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB.

SOLOS	PROF.	Da ¹	Dr ²	POROSIDADE TOTAL
	cm	g/cm ³	g/cm ³	%
1.	0 - 20	1,30	2,60	50,00
	20 - 42	1,27	2,64	49,00
	42 - 74	1,35	2,62	52,00
	74 - 108	1,35	2,63	49,00
2.	0 - 15	1,18	2,63	55,00
	15 - 35	1,28	2,68	52,00
	35 - 50	1,44	2,68	46,00
	50 - 65	1,47	2,73	46,00
3.	0 - 12	1,44	2,61	45,00
	12 - 27	1,39	2,60	47,00
	27 - 64	1,38	2,61	47,00
	64 - 120	1,46	2,61	45,00

1. Da = Densidade Aparente

2. Dr = Densidade Real

tem sido submetido esse solo durante os últimos 20 anos (cultivo contínuo com cana-de-açúcar).

Feita a associação entre matéria orgânica e densidade aparente, encontrou-se uma correção de 0,6 ($r = 0,6$), o que demonstra mais uma vez a influencia da matéria orgânica nas propriedades estruturais do solo e, conseqüentemente, na densidade aparente.

Os valores da densidade real estão em torno de $2,65 \text{ g/cm}^3$ sendo, portanto, concordantes com o padrão universal de solos do mundo. Aprecia-se, também, que há uma tendência, ainda que não bem marcante, a aumentar com a profundidade devido a diminuição da matéria orgânica e ao aumento de argila nessa direção. No solo 3, porém, os valores são muito semelhantes nas quatro profundidades, não se verificando efeito da matéria orgânica na camada superficial. A razão desse comportamento poderia dever-se a diferenças na composição mineralógica entre o horizonte superficial e aqueles que ficam mais abaixo, que estariam mascarando a influencia da matéria orgânica na primeira camada.

Em geral, os valores da porosidade total para os três solos mostram que se trata de solos bem aerados e, provavelmente, com uma boa difusão de gases e movimento de água. Porém, será preciso conhecer a distribuição dos poros pelos seus tamanhos para reafirmar a tese anterior. Mais adiante será discutido esse aspecto. Devido a que a porosidade total é uma con

sequencia física e matemática da densidade aparente, o dito pa
ra esta é válida também para a porosidade.

3 - ESTABILIDADE DOS AGREGADOS

Objetivando conhecer a habilidade dos grânulos ou agregados da camada mais superficial dos diferentes solos para resistir a destruição pelo impacto dos implementos agrícolas, gotas de chuva ou escoamento superficial, determinou-se a estabilidade desses agregados mediante o método assinalado no capítulo Materiais e Métodos. Os resultados desta análise se apresentam no quadro 4.

Os dados apresentados (quadro 4) indicam que todos os solos estudados possuem agregados estáveis em água em graus moderados a altos. Os maiores valores correspondem ao solo 2 (latossol Vermelho Amarelo) e os menores ao solo 3 (Podzol Vermelho Amarelo).

Uma análise dos resultados, em termos daqueles fatores que influenciam a agregação do solo e a estabilidade dos agregados em água indicam que os maiores valores encontrados no solo 2 (89,2 %) devem-se, em primeiro lugar, ao processo de formação desse solo (latolização) que gera uma grande quantidade de óxidos de ferro e alumínio que atuam como agregantes das partículas primárias do solo e estabilizantes das unidades

QUADRO Nº 4 - ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).

S O L O	ESTABILIDADE
SOLO - 1	[%] 74,4
SOLO - 2	89,2
SOLO - 3	55,4

estruturais já formadas. Esta seria também uma das razões da alta correlação ($r = 0,82^{**}$) que foi detectada, para todos os solos, entre conteúdo de argila e estabilidade dos agregados, já que uma grande proporção desses compostos correspondem a partículas menores de 2 micra. Logo, e em segundo termo, está o uso atual e passado do solo que, segundo antecedentes coletados, têm permanecido (ainda permanece) um longo período de tempo sob pradaria contínua. Assim, as raízes das gramíneas (ação mecânica), bem como os produtos de síntese microbiana que são liberados no processo da decomposição da matéria orgânica proveniente das inúmeras raízes mortas das plantas, poderiam ter induzido um efeito cimentante e estabilizante das partículas primárias e secundárias do solo. Finalmente, caberia destacar que a ação desintegrante dos labores do solo foi nula, visto que durante os últimos anos tem permanecido sob regime de pradaria permanente.

O Solo 1, apesar de apresentar valores de estabilidade dos agregados menores do que o solo 2, mostra também uma alta agregação estável em água (74,4 %). A topografia quase plana deste solo, além do fato de ter permanecido durante os últimos dez anos sob vegetação nativa (foi incorporado ao cultivo somente em 1977), poderiam ter-se traduzido numa agregação estável ainda maior que o solo 2. Porém, neste caso, como no anterior, resulta decisiva a gênese do solo. Com efeito, tratando-se de um processo de podzolização, ainda que incipi-

ente, tem havido uma lixiviação de bases e materiais fino dos horizontes mais superficiais para os mais profundos o que tem resultado numa menor agregação das partículas primárias deste solo; comparado com o solo 2. Finalmente, o menor valor de estabilidade dos agregados apresentados pelo solo 3 (55,4 %) deve-se, fundamentalmente, a seu uso e manejo prēvio e atual (aproximadamente 20 anos com cana-de-açúcar), o que tem levado a uma gradual deterioração na sua agregação. Além disso, possui um menor conteúdo de argila no horizonte superficial que, como se sabe, é um agente cimentante de primordial importância.

Para determinar a influencia da matéria orgânica e o teor de argila sobre a estabilidade dos agregados, calcularam-se os respectivos coeficientes de correlação. Os resultados encontrados evidenciam que há uma estreita correlação entre conteúdo de argila e estabilidade dos agregados ($r = 0,82^{**}$). Os resultados apresentados estão em perfeita concordancia com os encontrados por EMERSON (1959), EMERSON (1960), HENIN (1938), MEYER (1937) e RUSSEL (1934) que tem demonstrado o efeito das argilas na agregação do solo.

Em relação a matéria orgânica, os resultados mostraram que não existe nenhuma correlação entre este parâmetro e a estabilidade de agregados, demonstrando mais uma vez que o processo de formação do solo, sua composição mineralógica, seu uso e manejo e outros fatores, seriam os responsáveis pela agregação destes solos. Resultados análogos são apresenta-

dos por BAVER et alii (1972), CONAWAY et alii (1962) e SAVVINOV, citado por KONONOVA (1961), em solos de clima temperado.

4 - UMIDADE EQUIVALENTE, SUCCÕES DE 0,1, 0,33 e 15 BARES E Á GUA DISPONÍVEL

Os valores de umidade equivalente, conteúdo de umi X
dade ã succões de 0,1, 0,33 e 15 bares e ãgua disponível, em peso seco e volume, apresentam-se nos quadros 5 e 6, respectivamente.

Os resultados apresentados no quadro 5 mostram que, de um modo geral, os valores de umidade equivalente e ãgua retida a 0,33 bares, são de moredados a ligeiramente baixos. Os maiores valores correspondem ao solo 2 que é também aquele que contem os maiores teores de argila no perfil. Os solos 1 e 3 mostram valores muito similares entre se e bem menores do que os do solo 2. A correlação estatística entre conteúdo de argi
la e ãgua retida a 0,33 bares deu um alto índice de associação ($r = 0,73^{**}$). Porém, fatores tais como conteúdo de matéria orgânica e estrutura, poderiam estar induzindo diferenças e/ou semelhanças entre os diferentes solos e profundidades o que e
videntemente não são de responsabilidade do teor de argila.

Uma análise separada dos dados de umidade equiva- X
lente e 1/3 de bar permite observar, em primeiro lugar, que e

QUADRO Nº 5 - VALORES DE UMIDADE EQUIVALENTE, ÁGUA DISPONÍVEL, CONTEÚDO DE UMIDADE A 0,1; 0,33 e 15 BARES (BASE PESO SECO) DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIAS DE TRÊS REPTIÇÕES).

SOLO	PROF.	U.EQUIV.	SUCÇÃO EM BARES			ÁGUA DISPONÍVEL	
			0,1	0,33	15	0,1-15b.	0,33-15b.
	cm	%		%		%	
1.	0 - 20	17,8	22,4	17,1	12,7	9,7	4,4
	20 - 42	23,1	29,7	22,2	16,8	12,9	5,4
	42 - 74	20,5	27,9	19,7	15,6	12,3	4,1
	74 - 108	22,1	31,8	22,6	16,1	15,7	6,5
2.	0 - 15	20,9	27,7	18,2	11,9	15,8	6,3
	15 - 35	24,5	31,1	22,4	16,3	14,8	6,1
	35 - 50	30,4	30,6	27,8	20,5	10,1	7,3
	50 - 65	29,1	29,2	27,2	22,6	6,6	4,6
3.	0 - 12	19,7	28,5	22,4	11,4	17,1	11,0
	12 - 27	18,6	26,9	21,0	10,2	16,7	10,8
	27 - 64	18,1	28,8	19,3	10,6	18,2	8,7
	64 - 120	17,8	30,1	19,8	11,2	18,9	8,6

QUADRO Nº 6 - UMIDADE EQUIVALENTE, CONTEÚDO DE UMIDADE A 0,1; 0,33; 15 BARES E ÁGUA DISPONÍVEL, EM VOLUME DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIAS DE TRÊS REPETIÇÕES).

SOLO	PROF.	U.EQUIV.	TENSÃO EM BARES			ÁGUA DISPONÍVEL	
			0,1	0,33	15	0,1-15 b.	0,33-15b.
	cm	%	%			%	
1.	0 - 20	23,1	29,1	22,3	16,6	12,5	5,7
	20 - 42	29,3	37,7	28,2	21,4	16,3	6,8
	42 - 74	27,7	37,2	26,6	21,0	16,2	5,6
	74 -108	29,9	42,7	30,6	21,7	21,0	8,9
2.	0 - 15	24,6	32,7	21,5	14,0	18,7	7,5
	15 - 35	31,3	39,9	28,7	20,9	19,0	7,8
	35 - 50	43,7	44,0	40,0	29,5	14,5	10,5
	50 - 65	42,8	42,9	40,1	33,2	9,7	6,9
3.	0 - 12	28,4	41,0	32,2	13,4	27,6	18,8
	12 - 27	26,0	37,4	29,2	14,2	23,2	15,0
	27 - 64	24,9	39,7	26,6	14,6	25,1	12,0
	64 -120	27,7	43,5	30,9	17,5	26,0	13,4

les são muito similares. A tendência geral, porém, é que os valores de água retida a 0,33 bares sejam levemente menores do que os de umidade equivalente. Faz exceção ao anterior o solo 3, onde observam-se maiores conteúdos percentuais de água a 0,33 bares. A figura 1 mostra a correlação entre umidade equivalente e capacidade de campo. Nessa figura observa-se que existe correlação elevada ($r = 0,83^{**}$) entre ambas variáveis, com uma equação de regressão em que $y = 9,52 + 0,52x$. Trabalhando na mesma linha de raciocínio, CAVAZZA et alii (1973) evidenciam que a centrifugação de amostras de solo, seguindo o método de PETER (1965), fornece resultados semelhantes a 0,33 bares.

Segundo vários pesquisadores (PETER, 1965; KUTILEK, 1973) "capacidade de campo" não é um valor de equilíbrio, mas somente um valor cambiante da função de drenagem interna de um solo, na qual existe uma condutividade hidráulica muito baixa. Na maioria dos casos, a determinação da capacidade de campo é feita medindo-se o conteúdo de água de uma amostra de solo em equilíbrio com uma sucção de 1/3 de bar. Porém, o valor absoluto do conteúdo de água no qual a mudança da taxa de fluxo de água é desprezível, pode ser diferente para os diferentes solos e história de molhado do mesmo. PETER (1965) tem proposto valores tais como 0,2 ou 0,1 atmosfera. KUTILEK (1973), por outro lado, diz que a "capacidade de água disponível" é comumente considerada como aquele conteúdo de água do solo que

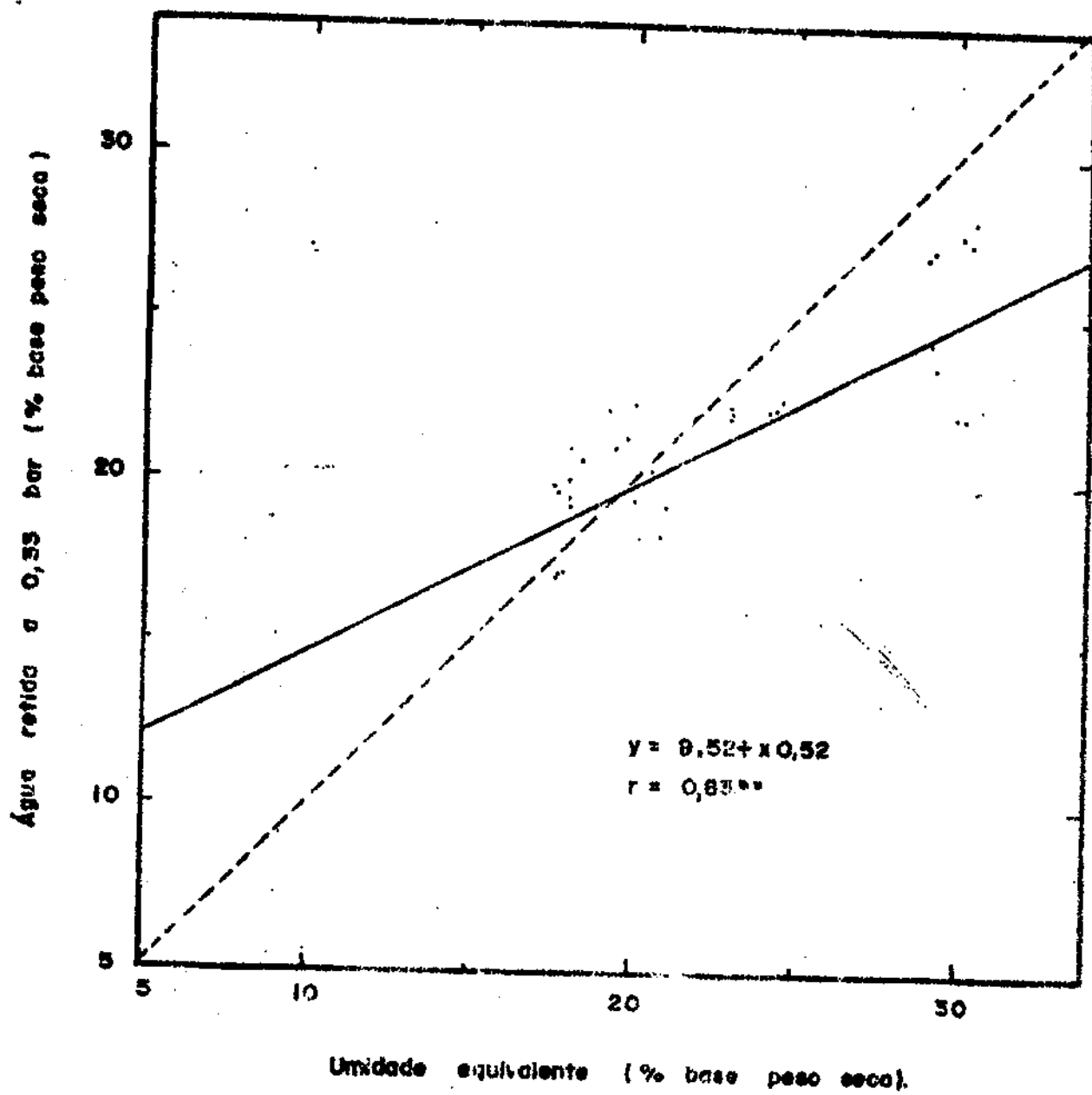


Fig. 1. Relação entre água retida a 0,33 bar e unidade equivalente.

se encontram na faixa de 0,1 a 0,5 bares de sucção (dependendo da textura do solo) a 15 bares (ponto de murcha).

Baseado nas considerações precedentes, calculou-se "água disponível" nas faixas compreendidas entre 0,1 e 15 bares e 0,33 e 15 bares (quadro 5). A análise desses dados permite destacar que a quantidade de água que estaria disponível para as plantas é em geral baixa quando se calcula usando sucções de 0,33 e 15 bares. Os menores valores correspondem aos solos 1 e 2, com percentagens que variam entre 4,1 e 7,3% e os maiores ao solo 3 com um mínimo de 8,7 %, para o último horizonte, e um máximo de 11,0 %, para o primeiro. Quando a estimativa de água disponível foi feita aplicando sucções de 0,1 e 15 bares, os valores resultam bem maiores, especialmente para o solo 3, com pequenas diferenças através do perfil.

Os resultados apresentados precedentemente não permitem afirmar, com certo grau de aproximação, qual das duas sucções usadas (0,1 e 0,33 bares) representa capacidade de campo para cada um dos solos estudados e as suas respectivas profundidades. Ainda mais, não se descarta a possibilidade de que exista um outro valor de sucção que reflète em forma mais realista o conceito dinâmico que implica capacidade de campo nos solos sob consideração. Segundo HADAS (1973), devido às implicações que a determinação de capacidade de campo tem para propósitos práticos, sua medição deverá ser feita "in situ" através de métodos baseados em princípios dinâmicos.

Por último, observa-se que a percentagem de água retida a 15 bares é, em geral, de média a alta. Os maiores valores correspondem ao solo 2 e os menores ao solo 3. O solo 1, por outro lado, mostra valores intermediários e leves variações através do perfil. Existe uma estreita associação entre conteúdo de argila e percentagem de água retida a sucção de 15 bares. Com efeito, a análise da associação entre conteúdo de argila e água retida a 15 bares revela uma alta correlação ($r = 0,94$) entre ambas variáveis, o que demonstra, mais uma vez, o fato de que uma alta proporção da água retida a 15 bares encontra-se adsorvida na superfície das partículas e nos poros pequenos do solo. Quando se comparam os resultados da análise granulométrica e percentagem de água retida a 15 bares para os três solos, observa-se claramente a íntima correlação que existe entre ambos parâmetros. Por outro lado, não se encontrou correlação entre conteúdo de matéria orgânica e água retida a 15 bares, devido ao baixo conteúdo da primeira nos três solos estudados, que não foi suficiente para manifestar sua ação.

5 - CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA

A função que relaciona o potencial matricial do solo e o conteúdo de água se denomina curva de retenção de água

ou "curva característica de umidade do solo". Devido a que a curva de retenção de água depende da distribuição dos poros pelo seus tamanhos, qualquer mudança na mencionada distribuição, originada por modificações na estrutura do solo, provocará, por sua vez, mudanças na curva de retenção.

Nos quadros 7 e 8 apresentam-se as percentagens de água retida a diferentes tensões, expressas em peso e volume, respectivamente, que foram utilizados para confeccionar as curvas de retenção de água (figuras 2, 3 e 4) para os diferentes solos e profundidades.

Uma análise dos quadros 7 e 8 permite observar que existem variações, em vezes bastantes acentuadas, na capacidade dos diferentes solos às diferentes profundidades para reter água às diversas tensões usadas. Esse fato resulta mais evidente quando se estuda o comportamento das curvas nas figuras 2, 3 e 4. Com efeito, nelas se aprecia que os solos 1 e 2 exibem curvas mais pronunciadas do que o solo 3, a que determina menores conteúdos de água aproveitável ou disponível. O anterior seria só um reflexo da diferente distribuição do tamanho dos poros entre os solos 1 e 2, por um lado, e o solo 3, pelo outro. Esse aspecto será discutido ao analisar as curvas de distribuição dos poros pelos seus tamanhos. Idênticas considerações podem ser feitas em relação as variações observadas entre profundidades para um mesmo solo, especialmente no caso do solo 2 onde esse fenômeno é mais acentuado determinando um

QUADRO Nº 7- PERCENTAGENS DE UMIDADE RETIDA, EXPRESSA EM BASE PESO SECO, A DIFERENTES TENSÕES, DE TRÊS SOLOS DO MUNICIPIO DE AREIA, PB. (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).

SOLO	PROF. cm	TENSÕES EM ATMOSFERA						
		0,1	0,33	1	3	5	10	15
1.	0 - 20	22,4	17,1	16,0	14,6	14,1	13,4	12,7
	20 - 42	29,7	22,0	21,0	19,3	18,9	18,1	16,8
	42 - 74	27,9	19,7	19,0	18,3	17,3	16,7	15,6
	74 -108	31,7	22,6	21,4	19,4	18,0	17,2	16,1
2.	0 - 15	27,7	18,2	17,8	15,4	14,6	13,0	11,9
	15 - 35	31,2	22,4	21,5	19,3	18,2	17,9	16,3
	35 - 50	30,6	27,8	26,4	24,9	23,6	22,1	20,5
	50 - 65	29,2	27,2	26,3	25,6	24,7	23,6	22,6
3.	0 - 12	28,8	22,4	18,0	15,0	14,4	12,3	11,4
	12 - 27	26,9	21,0	16,2	14,1	13,6	12,1	10,2
	27 - 64	28,8	19,3	16,2	13,5	12,6	12,3	10,6
	64 -120	27,9	19,8	15,3	13,0	12,5	11,7	11,2

QUADRO Nº 8 - PERCENTAGEM DE UMIDADE RETIDA, EXPRESSA EM VOLUME, A DIFERENTES TENSÕES, DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIAS DE TRÊS REPETIÇÕES).

SOLOS	PROF. cm	TENSÕES EM ATMOSFERA						
		0,1	0,33	1	3	5	10	15
1.	0 - 20	29,1	22,3	20,6	18,3	18,3	17,4	16,6
	20 - 42	37,7	28,2	26,8	24,5	24,1	23,0	21,4
	42 - 74	37,1	26,6	25,6	25,6	23,3	22,5	21,0
	74 - 108	42,7	30,6	28,9	26,2	24,3	23,3	21,7
2.	0 - 15	32,7	21,5	20,9	19,4	17,7	15,4	14,0
	15 - 35	39,9	28,7	27,5	24,7	23,3	23,0	20,9
	35 - 50	44,0	40,0	38,1	35,7	34,0	31,8	29,5
	50 - 65	42,9	40,1	38,6	37,6	36,3	34,7	33,2
3.	0 - 12	41,0	32,2	25,9	21,6	20,8	17,7	16,4
	12 - 27	37,4	29,2	22,6	19,7	18,9	16,8	14,2
	27 - 64	39,7	26,6	22,3	18,6	17,4	17,0	14,6
	64 - 120	40,7	28,9	22,4	19,1	18,2	17,0	16,4

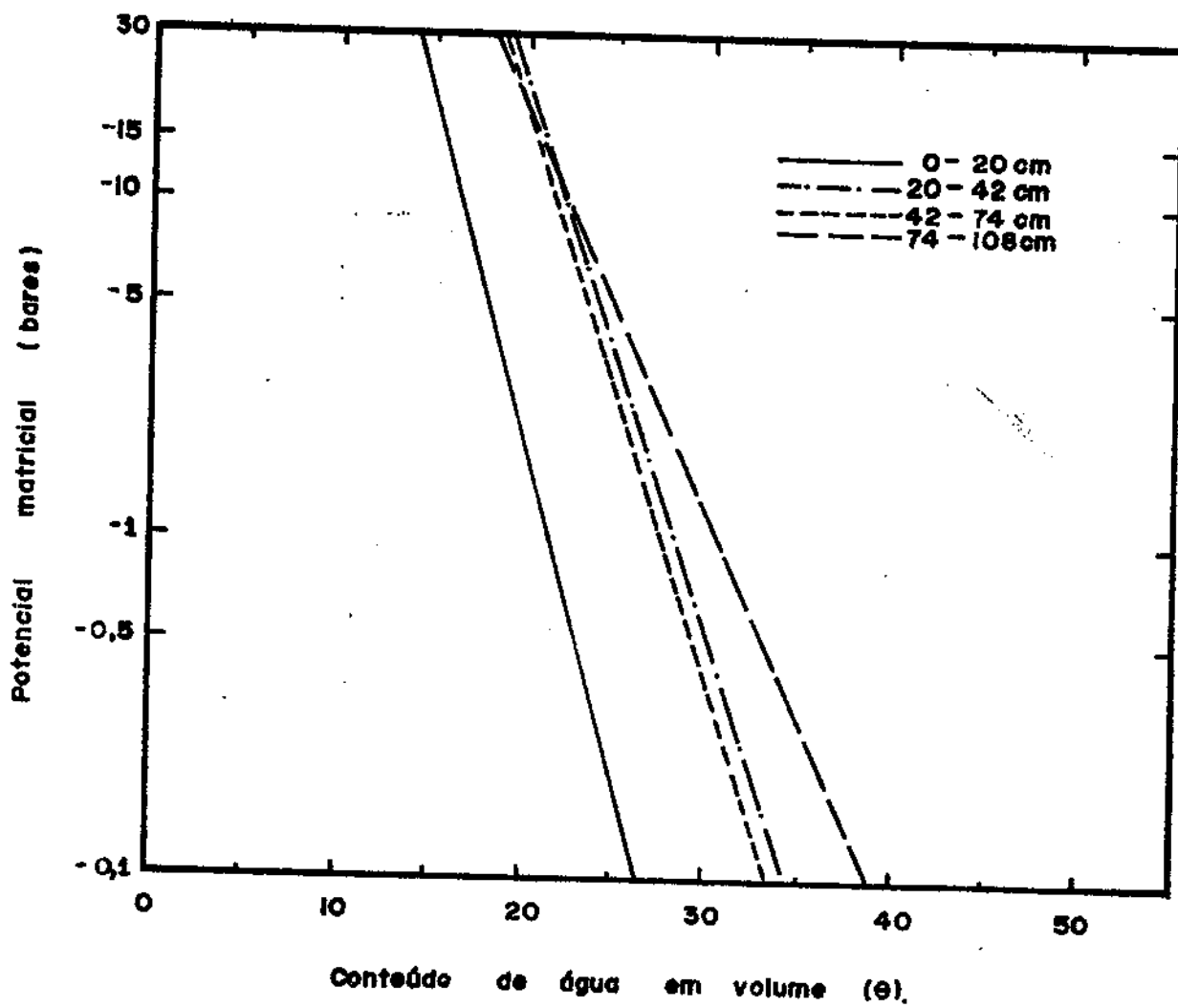


Fig. 2. Curvas de retenção de água para diferentes profundidades do solo 1.

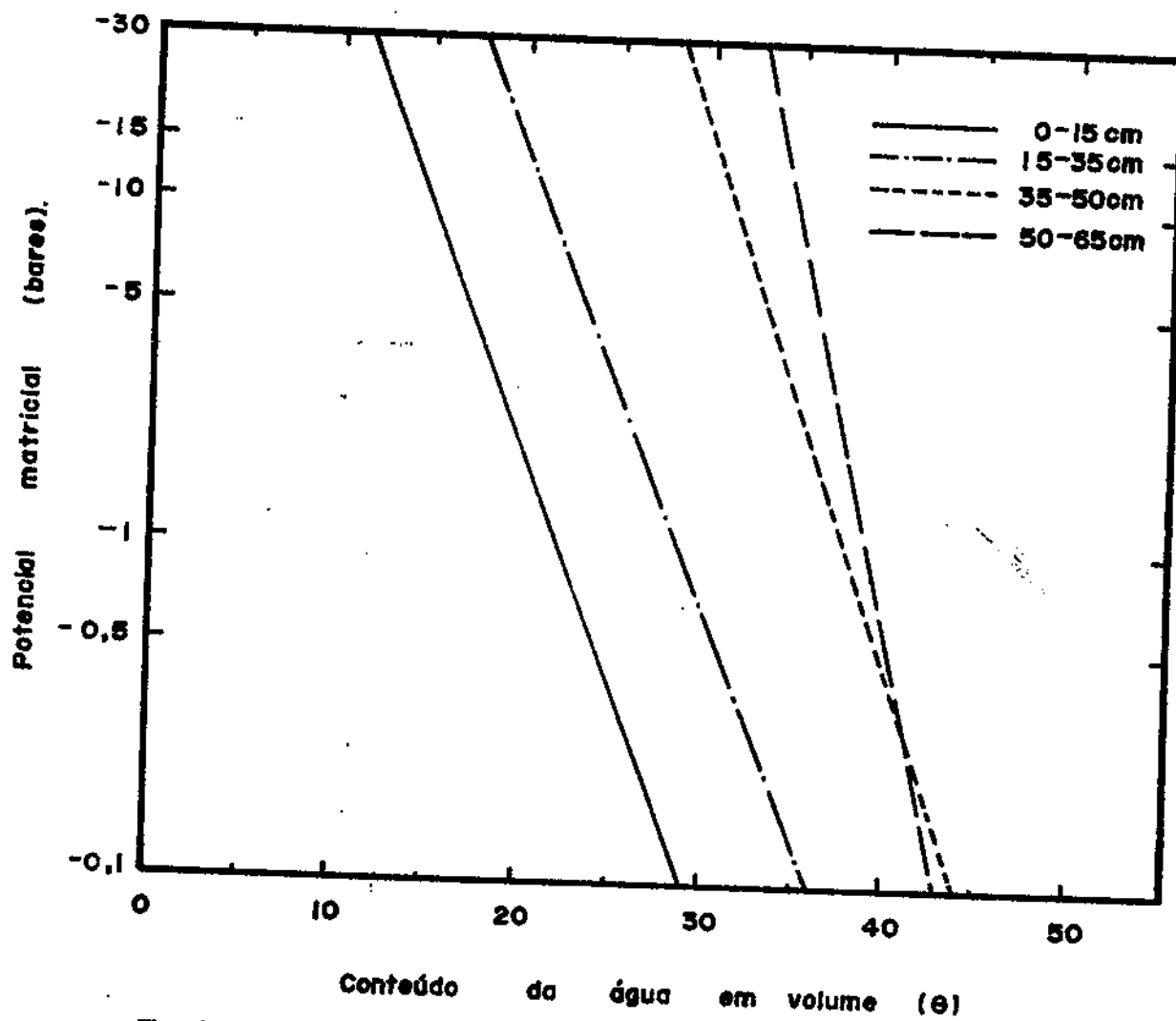


Fig. 3. Curvas de retenção de água para diferentes profundidades do solo 2.

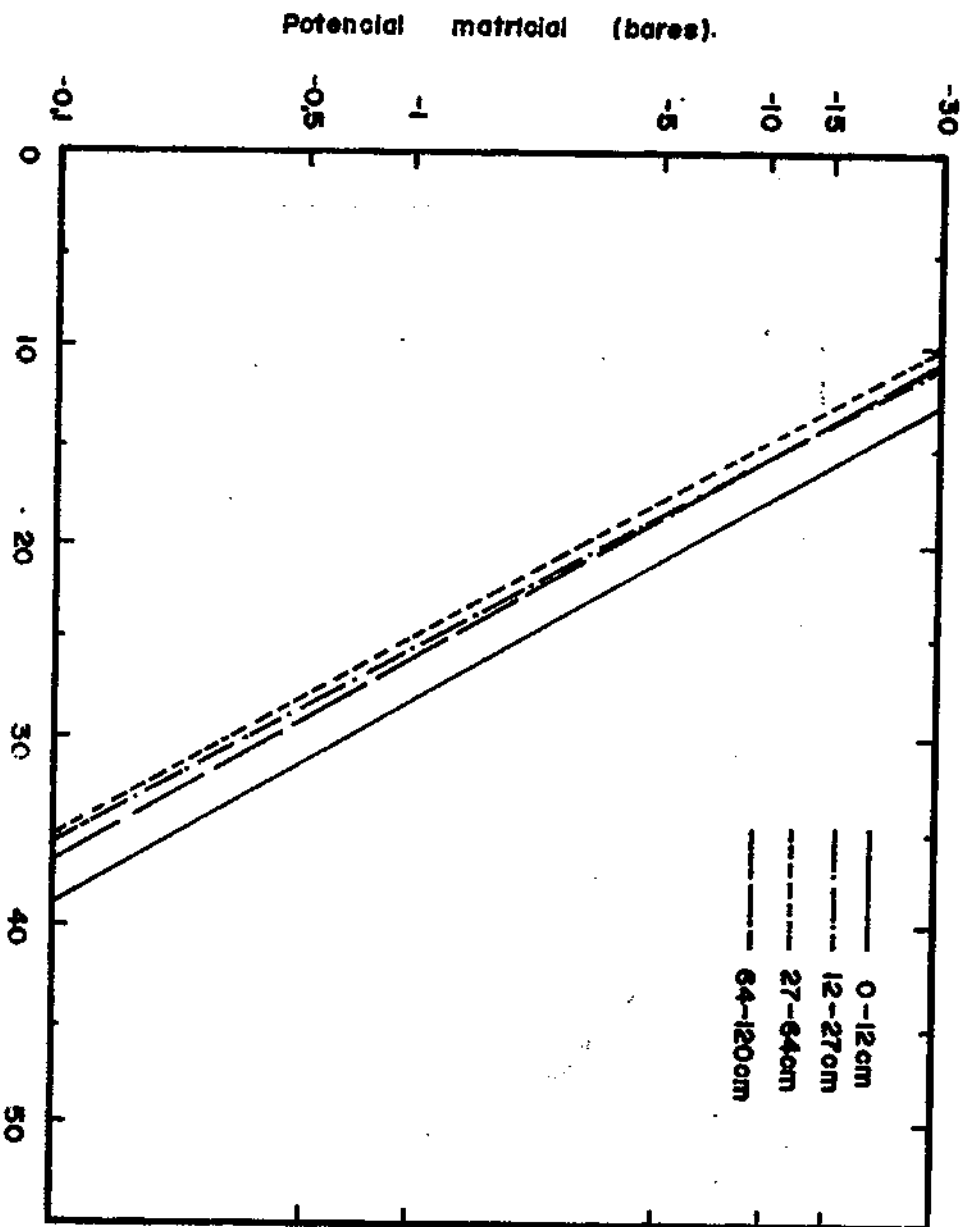


Fig. 4. Curvas de retenção de água para as diferentes profundidades do solo 3.

maior grau de afastamento das curvas correspondentes a cada profundidade. A razão desse comportamento tem sua origem nas diferenças em textura, compactação (densidade aparente) que existem entre camadas ou horizontes, que afetam tanto a sua porosidade total quanto a distribuição dos poros pelos seus tamanhos.

6 - DISTRIBUIÇÃO DOS TAMANHOS DOS POROS

Nos quadros 9 e 10 apresentam-se os valores de D (diâmetros dos poros, em micra, que retêm água controlada por poros de diâmetros equivalentes menores que aqueles que drenam a uma tensão especificada) e de F (porosidade à água controlada por poros com diâmetros equivalentes menores que aqueles que drenam a uma tensão especificada), respectivamente, correspondentes aos três solos e as suas respectivas profundidades.

Baseado nos dados precedentes desenhou-se as curvas de distribuição percentual dos poros pelos seus tamanhos. Observa-se, em primeiro lugar, que todos os solos, com exceção das duas últimas profundidades do solo 2, apresentam uma adequada distribuição dos poros segundo seus tamanhos. Mostra-se também que no solo 1 os microporos (poros capilares mais poros de força) e os macroporos (poros não capilares), variam en

QUADRO Nº 9 - VALORES DE D PARA AS DISTINTAS TENSÕES UTILIZADAS,
DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB.

TENSÃO	VALORES DE D
Atmosfera	Micra
0,1	29,735
0,33	9,014
1	2,975
3	0,992
5	0,595
10	0,297
15	0,198

QUADRO Nº 10 - VALORES DE F, A DIFERENTES SUÇÇÕES, PARA TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIAS DE TRÊS REPETIÇÕES).

SOLO	PROF. cm	TENSÕES EM ATMOSFERA						
		0,1	0,33	1	3	5	10	15
1.	0 - 20	58,3	44,2	41,2	37,5	36,6	34,9	33,1
	20 - 42	76,9	57,5	54,6	50,1	49,1	47,0	43,7
	42 - 74	71,5	51,1	49,2	49,2	44,9	43,9	40,5
	74 - 108	87,2	62,4	50,0	53,5	49,6	47,5	44,4
2.	0 - 15	59,4	39,1	38,1	35,2	32,2	28,0	25,5
	15 - 35	76,7	55,2	52,8	47,5	44,9	44,2	40,1
	35 - 50	95,7	86,9	82,6	77,6	73,8	69,2	64,1
	50 - 65	93,3	86,8	84,0	81,8	79,0	75,4	72,1
3.	0 - 12	91,2	71,6	57,6	48,0	46,2	39,4	36,4
	12 - 27	79,6	62,2	48,0	41,8	40,3	35,8	30,2
	27 - 64	84,6	56,5	47,5	39,5	37,0	36,1	31,1
	64 - 120	90,4	64,4	49,7	42,4	40,7	37,9	36,4

tre 62 e 44 %, e 38 e 56 %, respectivamente. O solo 2, por outro lado, mostra duas tendências mais ou menos definidas. Assim, as duas primeiras profundidades (0 - 15 e 15 - 35 cm), apresentam valores de distribuição do tamanho dos poros que flutuam entre 39,1 % e 55,2 % para poros capilares e de força e 60,9 e 49,8 % para não capilares, no entanto as duas últimas camadras (35 - 50 e 50 - 65 cm) mostram porosidade capilar de 87 % e não capilar de 13 %, para ambas profundidades. O comportamento das duas curvas correspondentes a essas profundidades deve-se a seus maiores conteúdos de argila (64,2 e 59,9 %) que determinam a presença de uma grande proporção de poros capilares e de força e, portanto, uma pequena quantidade de volume de poros não capilares.

O solo 3, finalmente, mostra um comportamento levemente diferente ao solo 1 e 2 com valores de porosidade capilar e de força que ficam em posições intermediárias entre todas as profundidades do solo 1 e as duas últimas do solo 2. As flutuações são da ordem de 71,5 a 56,5 % para porosidade capilares e de força o que estaria assinalando que, apesar de que seria desejável uma maior proporção de poros não capilares em alguns de seus horizontes, não oferecem problemas para movimentação da água e difusão de gases.

À luz do analisado precedentemente, pode-se dizer, então, que os três solos, em todas suas profundidades, com exceção das já mencionadas, possuem propriedades transmissoras

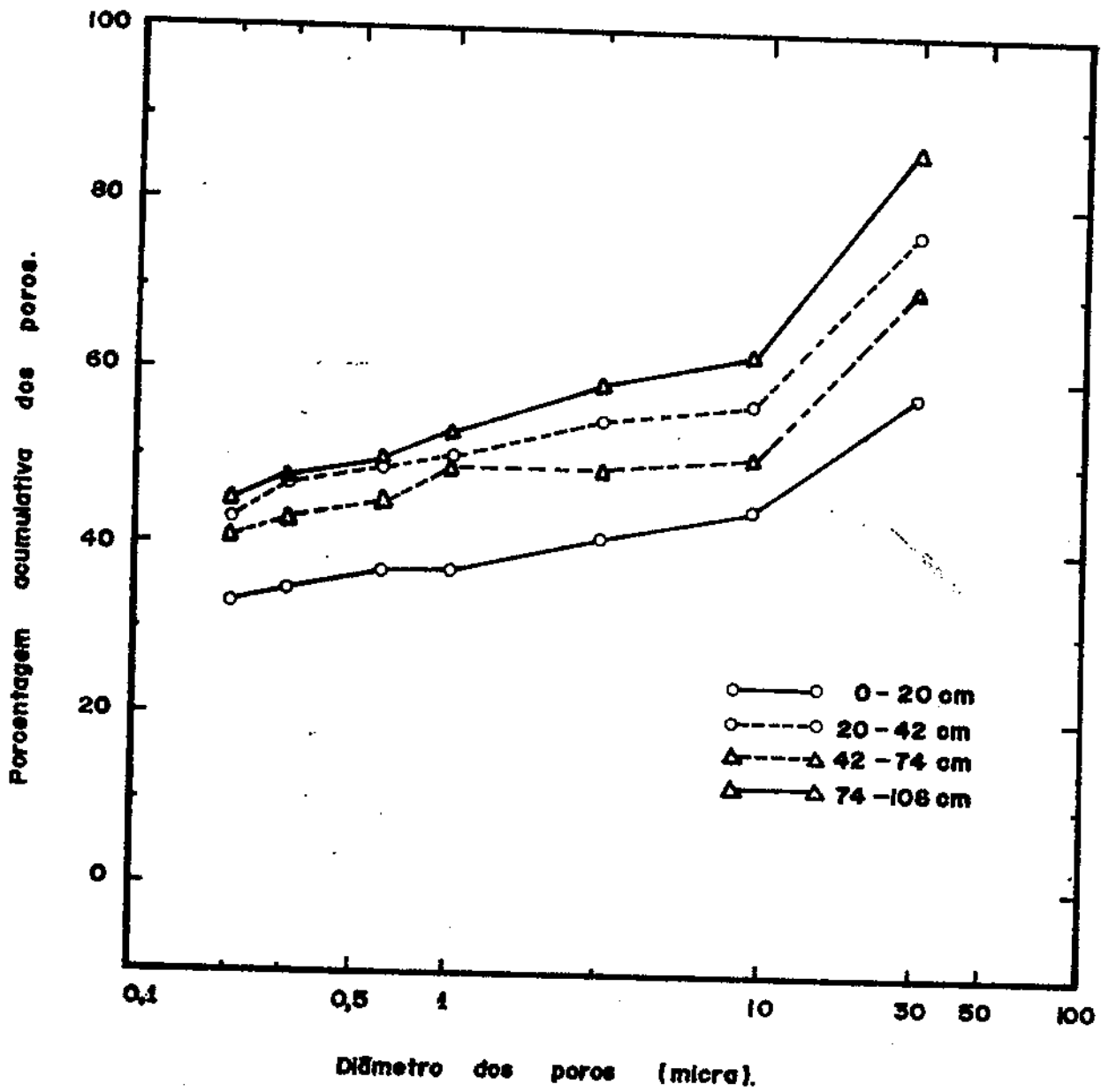


Fig. 5. Curvas de distribuição dos poros pelos seus tamanhos para o solo 1.

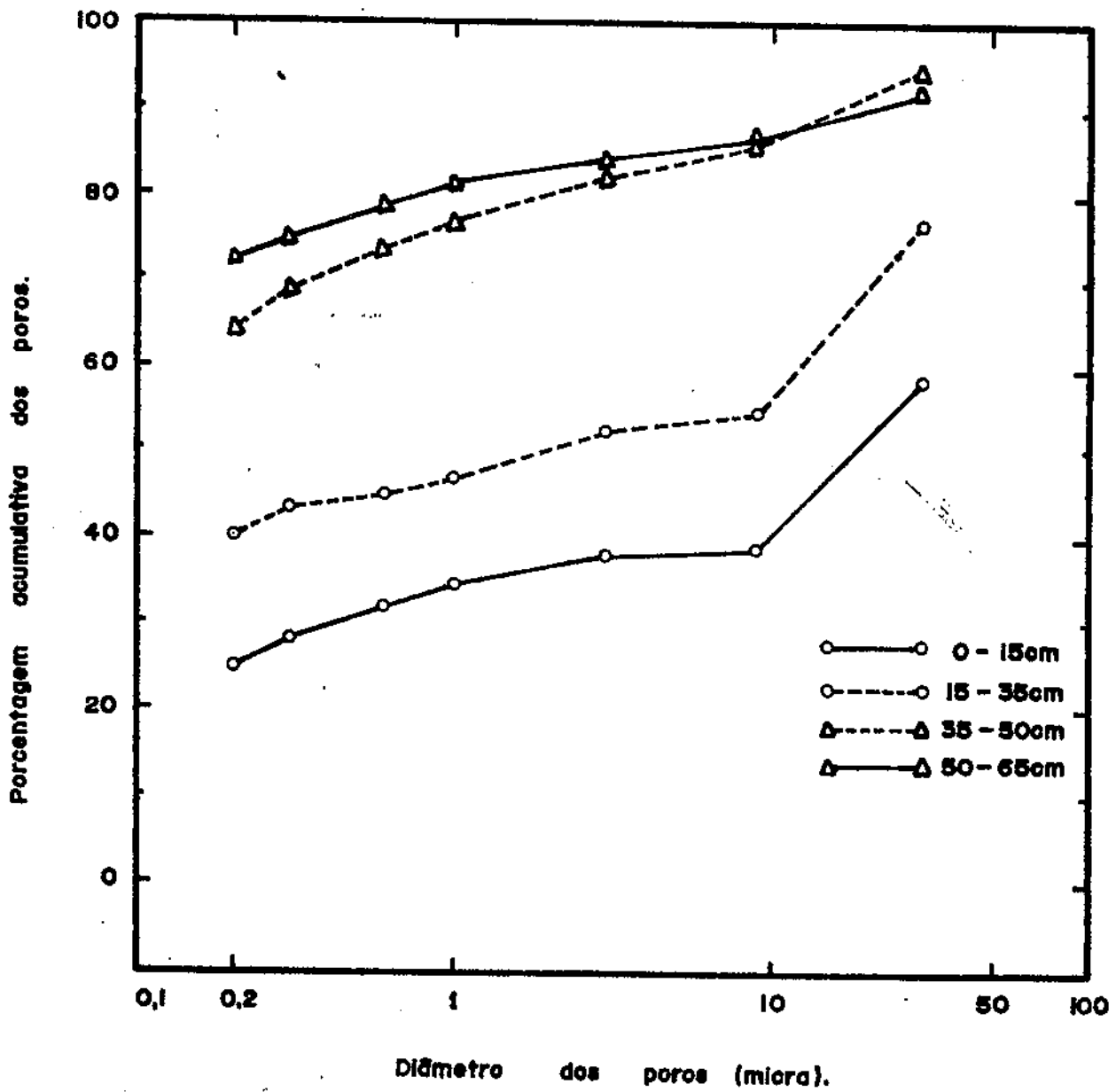


Fig. 6. Curvas de distribuição dos poros pelos seus tamanhos para o solo 2.

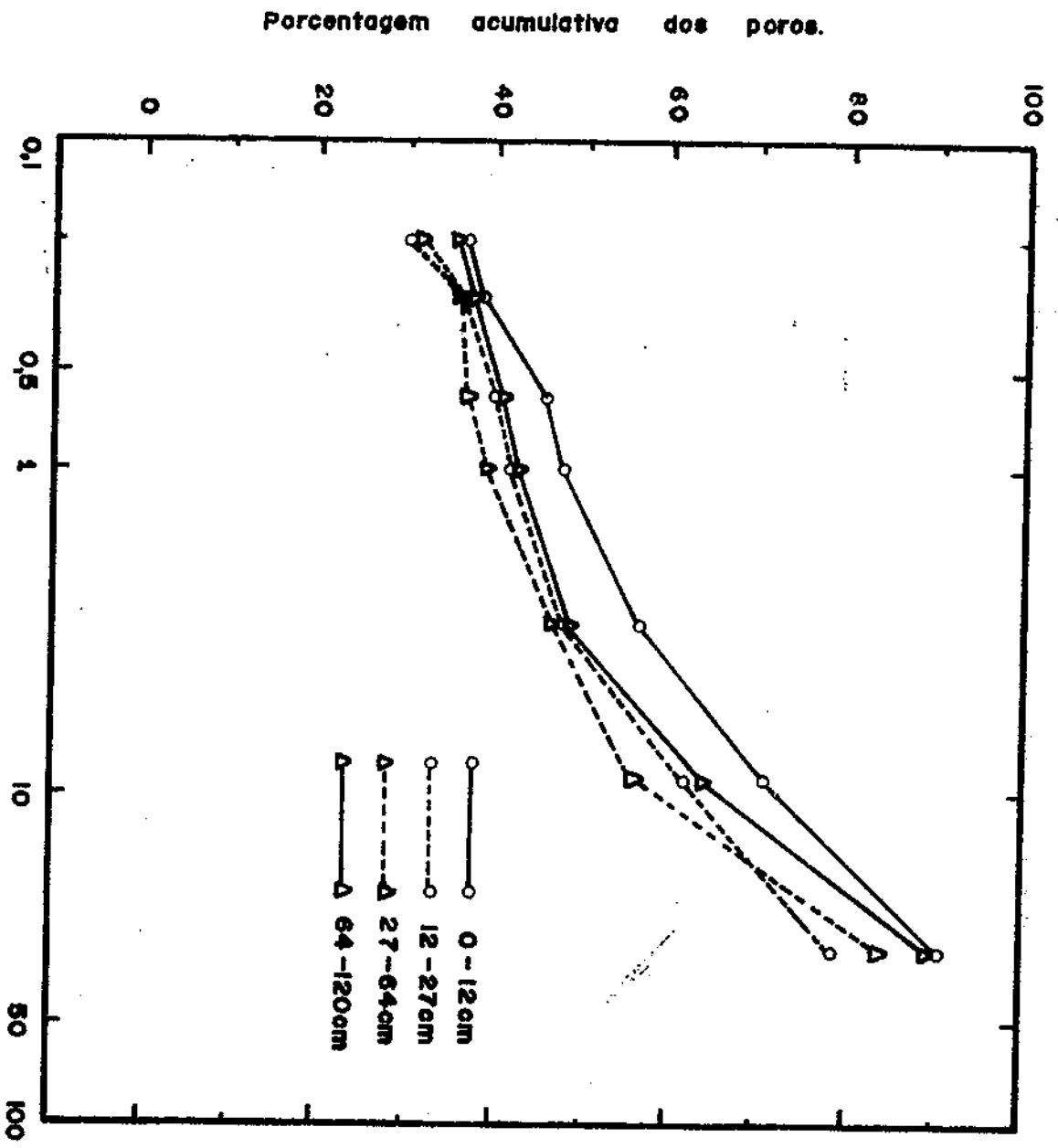


Fig. 7. CURVAS de distribuição dos poros pelos seus tamanhos para o solo 3.

de água e ar favoráveis e capacidades de retenção de água moderadas. Verifica-se também que as duas últimas profundidades do solo 2, ao contrário, devido a sua baixa proporção de poros não capilares, que são os que transmitem a água gravitacional, apresentam alguns problemas de drenagem e de difusão de gases que, apesar de não se refletir na morfologia do perfil, poderiam em algumas ocasiões tornar-se de certa gravidade.

7 - VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO

No quadro nº 11. encontram-se os valores da velocidade de infiltração (cm/h), infiltração acumulada (cm) e ^{com duas repetições para cada tipo de solo e condição} infiltração básica (cm/h), para o solo 1, em estado seco e úmido (24 horas após o teste seco).

As infiltrações básicas foram tirada da curva de velocidade de infiltração aos 318 minutos ($0,53 \times 600$) e 288 minutos ($0,48 \times 600$) para solo seco e molhado, respectivamente.

Os valores de capacidade de infiltração apresentados no quadro 11 para o solo 1 foram determinados em solo seco (condições naturais de umidade) e molhado (repetindo o teste 24 horas após efetuada a determinação em seco).

Analisando o quadro acima mencionado, pode-se observar que no início do processo a infiltração é rápida, tan-

QUADRO Nº 11 - VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO ACUMULADA E INFILTRAÇÃO BÁSICA DO SOLO I (MÉDIA DE TRÊS DETERMINAÇÕES).

T E M P O		VELOCIDADE DE	INFILTRAÇÃO	INFILTRAÇÃO
PARCIAL	ACUMULADO	INFILTRAÇÃO	ACUMULADA	BÁSICA
min		cm/h	cm	cm/h
		<u>SOLO SECO</u>		
0	0	-	-	
2	2	103,00	3,43	
5	7	28,40	5,80	
5	12	20,80	7,40	
10	22	18,60	7,50	
15	37	15,87	8,47	
30	67	14,27	15,60	
60	127	12,77	22,97	
				5,40
		<u>SOLO MOLHADO</u>		
0	-	-	-	
2	2	45,00	1,50	
5	7	9,20	2,27	
5	12	10,00	3,10	
10	22	7,80	4,40	
15	37	7,07	6,17	
30	67	6,50	9,50	
60	127	5,40	12,17	
				2,50

to em solo seco quanto em úmido, sendo maior no primeiro, e de cresce até um valor mais ou menos constante (infiltração básica).

Os valores relativamente altos da infiltração, tanto instantânea como básica e acumulada, que mostra este solo em sua condição seca, estaria associado à presença de alta proporção de poros não capilares na superfície do solo (55 %) e a características texturais e estruturais do perfil que induzem uma boa transmissão de água. Além disso, o baixo conteúdo inicial de água do solo superficial (12 %) têm determinado uma rápida infiltração durante os primeiros minutos do teste em solo seco, devido a um alto valor do gradiente hidráulico ou diferenças de potenciais que existiam entre a camada mais superficial do solo (praticamente zero) e aquela que estava além da frente de molhamento. A influência do conteúdo inicial de umidade do solo têm sido estudado por numerosos pesquisadores (HAMILTON et alii, 1975; COLLIS-GEORGE e LAL, 1971) que demonstraram que quanto maior é o conteúdo de água do solo no momento do teste de infiltração, mais perto de zero e o potencial no solo além da frente de molhamento e o gradiente de potencial é, portanto, menor. Apesar da frente de molhamento avançar a maior velocidade em solo úmido que em solo seco, a infiltração é menor. Essa é, também, a razão pela qual a infiltração instantânea, como a básica e acumulada sejam menores em solo úmido do que seco.

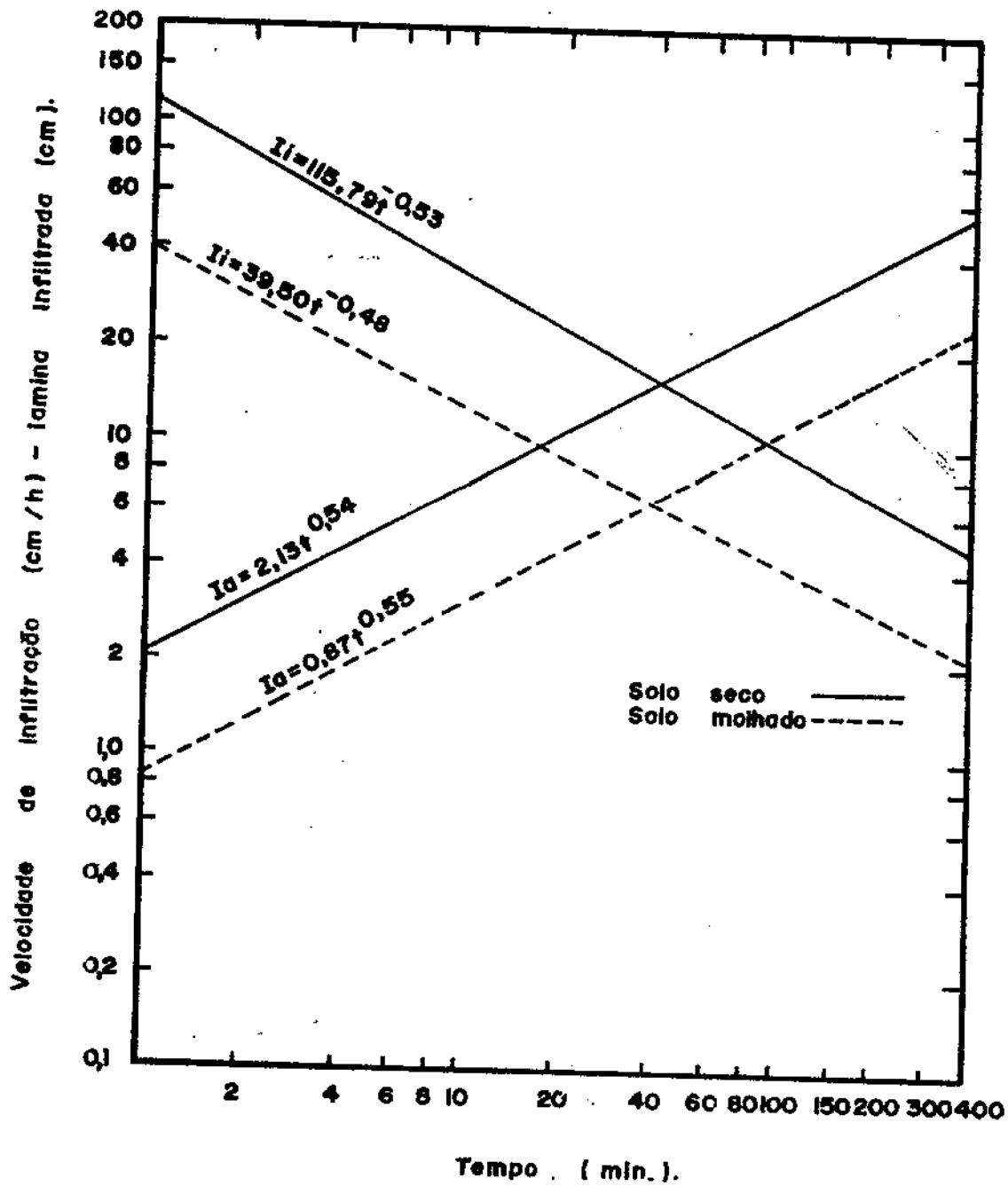


Fig. 8. Infiltração instantânea e acumulada em solo seco e molhado para o solo 1.

mas lo = deus

Os resultados de infiltração para este solo são de marcante interesse, já que por se tratar de um solo plano suscetível de irrigar-se num futuro mediato, constituíram vários antecedentes para planejar sistemas de irrigação e, conjuntamente com outras propriedades físicas, determinar volumes de água a aplicar num tempo especificado, todo o qual se traduzirá numa maior eficiência na utilização da água. Além disso, em condições topográficas mais acidentadas, permitirão adotar medidas de conservação tendentes a minimizar os efeitos da erosão hídrica causada pelo escoamento superficial de água.

8 - MATÉRIA ORGÂNICA E REAÇÃO DO SOLO (pH)

Os resultados porcentuais da matéria orgânica e valores de pH do solo, apresentam-se a continuação no quadro 12.

Os valores de matéria orgânica apresentados no quadro 12 em geral são baixos, diminuindo a medida que aumenta a profundidade. A maior acumulação de matéria orgânica no solo 1, prende-se ao fato de ter estado sobre cobertura vegetal nativa nos últimos 10 anos. Por outro lado, os solos 2 e 3 apresentam uma mais baixa acumulação em razão de sua topogra

QUADRO Nº 12 - PERCENTUAIS DE MATÉRIA ORGÂNICA E VALORES DO pH EM ÁGUA E KCl DE TRÊS SOLOS DO MUNICÍPIO DE AREIA, PB. (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).

SOLO	M.ORGÂNICA	pH 1:2,5		
		H ₂ O	KCl	
cm	%			
1.	0 - 20	3,12	4,8	3,9
	20 - 42	2,35	4,6	3,8
	42 - 74	1,20	4,4	3,9
	74 - 108	1,31	4,5	4,1
2.	0 - 15	2,36	5,5	4,5
	15 - 35	1,22	5,0	4,2
	35 - 50	0,66	4,5	4,4
	50 - 65	0,52	4,6	4,4
3.	0 - 12	2,46	4,7	4,2
	12 - 27	1,50	5,0	3,9
	27 - 64	0,70	5,0	3,9
	64 - 120	0,49	5,2	4,0

fia acidentada e conseqüente lavagem de parte do horizonte superficial, o que tem significado uma perda mais ou menos apreciável de matéria orgânica.

Os resultados de pH (quadro 12), indicam que todos os solos ficam na faixa dos moderadamente ácidos, o que revela que eles têm sido submetidos a lixiviações mais ou menos intensas causada pela alta pluviometria da área. Os menores valores do solo 1, nas duas primeiras profundidades, deveriam-se a que pelo fato de ter estado sob cobertura vegetal nativa nos últimos 10 anos, tem-se acumulado matéria orgânica que induz à sua acidificação. Além disso, neste caso, parece que os processos de podzolização tem sido mais acentuados, com conseqüente lixiviação de bases dos horizontes superficiais para abaixo no perfil.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1 - CONCLUSÕES

1. Os três solos estudados apresentam texturas médias nas primeiras profundidades, aumentando o teor de argila e, conseqüentemente, diminuindo o conteúdo da fração areia, a medida que aumenta a profundidade.

2. A estabilidade dos agregados reflete a influência dos processos de formação dos solos como também seu uso e manejo prévio e atual. O maior valor corresponde ao Solo 2 (89,2%) e o menor ao Solo 3 (55,4%). O Solo 1 possui estabilidade de agregados intermediário entre os Solos 1 e 2 (74,4%).

3. Os valores de umidade equivalente e 1/3 de bar (% base peso seco) apresentados pelos três solos são de mode-

rados a ligeiramente baixos, correspondendo os maiores valores ao Solo 2.

4. Em geral, a quantidade de água disponível para as plantas é baixa quando calculada na faixa de 0,33 - 15 bares de sucção, aumentando sensivelmente quando se usa 0,1 bar como limite superior da água disponível.

5. Encontrou-se uma alta correlação ($r = 0,83^{**}$) entre umidade equivalente e 0,33 bar, o que sugere que o velho método de centrifugação, que é mais rápido e fácil do que o de 0,33 bares, pode ser usado para estimar capacidade de campo nestes solos.

6. Analisando a distribuição dos poros pelos seus tamanhos, verifica-se que os três solos possuem proporção de macroporos e microporos que permitem uma adequada retenção e movimentação de água e difusão de gases para o normal crescimento das plantas.

7. Os valores de infiltração (testes feitos somente no Solo 1), em solo seco e úmido, indicam que este solo apresenta boas características físicas, o que somando à sua topografia quase plana, faz aconselhável sua incorporação a um regime de agricultura irrigada.

8. Em geral, o conteúdo de matéria orgânica de todos os três solos é baixa e, obviamente, diminui com a profundidade. O teor mais alto é apresentado pelo Solo 1, no entanto os solos 2 e 3 mostram teores muito semelhantes entre si,

diminuindo rapidamente a medida que aumenta a profundidade.

2 - RECOMENDAÇÕES

À luz dos resultados obtidos nesta pesquisa, podem-se fazer as seguintes recomendações gerais para cada um dos solos estudados:

SOLO 1 - Em virtude de que apresenta características favoráveis, relevo quase plano e uma localização contígua a estrada esfaltada que liga Areia a Campina Grande, é aconselhável sua incorporação à agricultura irrigada, sob rotação de culturas que incluam pastagem como uma maneira de elevar seu teor de matéria orgânica, que é baixo. Em condições topográficas mais acidentadas e sob regime de sequeiro deveria-se tomar qualquer providência tendente a evitar o avanço do processo erosivo, quer mediante a aplicação de medidas agronômicas quer mecânicas, e a incrementar sua fertilidade e teor de matéria orgânica.

SOLO 2 - Este solo, apesar de possuir características físicas que o situam dentro de limites aceitáveis para o cultivo, por condições topográficas (pendentes > 45%), erosão hídrica passada e presente e, conseqüentemente, baixos teores

de matéria orgânica, deverá se manter sob cobertura vegetal de pradaria com espécies que assegurem uma adequada proteção ao solo, tanto do efeito desintegrante do impacto das gotas de chuva quanto do correamento de material pelo escoamento superficial da água.

SOLO 3 - Para este solo sugerem-se idênticas recomendações que para o solo 2, ainda que mais severas devido a que o intenso cultivo a que tem sido submetido (20 anos contínuos com ~~cana-de-açúcar~~) deram como resultado uma gradual deterioração da agregação e abaixamento nos teores de matéria orgânica, que é necessário restaurar, a maior brevidade, para evitar danos futuros que possam ser irreversíveis.

BIBLIOGRAFIA

- AGREN E. C.A. Caracterizacn física de tres suelos de origen volcanico de la provincia de Nuble. Chilln, Chile, Universidade de Concepción, Facultad de Agronomía, 1967, 91p (Tesis mimeografiada).
- ALJIBURY, E. K. & D.D. EANS. Soil sampling for moisture retention and bulk density measurements. Soil Sci. Soc. Amer.Proc. 1971, 25(3): 180-183.
- BATISTA, L.F. Aplicao de N. P e ³⁵S e seus efeitos na cana-de-açucar. Tese apresentada ¢ ESA "LUIZ DE QUEIROZ" para obteno do título de Mestre em Energia Nuclear na Agricultura. 1977, 105p.
- BAVER, L.D. The relation of exchangeable cations to the physical properties of soils. J. Amer. Soc. Agron. 1928, 20:921-941.
- BAVER, L.D. Soil Physics. Third edition, New York, N.Y., John Wiley & Sons. 1956, pp. 2-146.
- BAVER, L.D. et alii. Soil physisc. Fourth Edition, N. York, U.S.A. John Wiley & Sons, Inc. 1972, 498p.
- BERTRAND, ANSON R. Rate of water intake in the field. Agronomy Monograph N 9, Part 1. Academic Press, New York. 1965, pp. 197-209.
- BLAKE, G.R. Particle density. Agronomy Monograph, N 9, Part 1. Academic Press, New York, 1965, pp.374-380.
- _____.Bulk density. Agronomy Monograph, N 9, Part 1. Academic Press, New York. 1965, pp. 374-380.
- BOUYOUCOS, G.J. A recalibration of the hydrometer method for making analysis of soils. Agronomy journal. 1951, 43(9) : 434-437.

- CARREKER, J. R. et alii. Effect of corpping systems on soil physical properties and irrigation requirements. 1968, 60: 299-302.
- CAVAZZA et alii. Correlation of field capacity between open field and laboratory determinations. Em: Physical Aspects of Soil Water and Salts in Ecosystems. Ed. A. Hadas et alii. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg - New York. (Ecological Studies 4) 1973. pp. 187-193.
- CHILDS, E. C. An Introduction to the physical basis of soil water phenomena. New York - London: J. Wiley & Sons, Inc. 1969.
- CHANDUVI, A. F. Método simplificado para determinar constantes de infiltracion. Centro de Drenaje y Recuperacion de Tierras - Universidad Nacional Agraria - La Molina, Perú. 1970, 67p.
- CLARKE, A.L. et alii. Changes in some physical properties of the surface of an impoverished red-brown earth under pasture. 1966, 5:59-68.
- COLLIS-GEORGE, N. e R. LAL. Infiltration and structural changes, as influenced by initial moisture content. 1971, 9:107-116.
- CONAWAY, ANDREW W., JR. & STRICKLING, EDWARD. A comparison of selected methods for expressing soil aggregate stability. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1962, 26(5): 426-430.
- DAY, R. R. Experimental confirmation of hydrometer theory. Soil Science. 1953, 75(3): 181-186.

- _____. Particle fractionation and particle-size analysis. Agronomy Monograph N9 9, Part 1, Academic Press, New York. 1965, pp. 545-567.
- EMERSON, W.W. The structure of soil crumbs. J. Soil Sci. 1959, 10: 235-244.
- EMERSON, W.W. & M.G. Dettman. The effect of pH on the wet strength of soil crumbs. J. Soil Sci. 1960, 11:149-158.
- FERNANDEZ, M.B. The effect of crop cultures and soil profile characteristics on the infiltration of water into Morton loam. Fargo, North Dakota State University. 1963, 76p (Microgeographic thesis).
- FORSYTHE, W. M. Densidad de las particulas de suelo; método con agua y con Kerosene. Curso de física de suelo Turrialba, IICA, s.d. 14p.
- FOX, WILLIAM E. & PAGE-HANIFY, D.S. A method of determining bulk density of soil. Soil Science 1959, 88(3) : 168-171.
- FREE, G. R. et alii. Relative infiltration and related physical characteristics of certain soils. Washington, D.C., United States Department of Agriculture. 1940, 52p. (Technical bulletin 729).
- GAIRON, S. Important soil characteristics relevant to irrigation. Em: Arid Zone irrigation. Eds. B. Yaron et alii. Springer - Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 1973, p. 227-236. (Ecological Studies 5).
- GILL WILLIAM R. e REEVES, CARL A. Compaction patterns of smooth rubber tires. Agr. Eng. 1956, 37:677-680.

- GREEN, W. H. & AMPT, G.A. Studies on soil physics: I. Flow of air and water through soils. J. Agr. Sci. 1911, 4, 1-24.
- GRIM, RALPHE. Applied clay mineralogy. McGraw-Hill Book Co., New York. 1962.
- HADAS. A. et alii. physical aspects of soil water and solts in ecosystems. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York . 1973, 460p. (Ecological Studies 4).
- HAMILTON et alii. Implicações agronômicas do efeito da umidade inicial sobre a capacidade de infiltração do solo. III Sem_inário Nacional de Irrigação e Drenagem. 1975, Volume IV:51-58.
- HARO et alii. Efectos de la cubierta vegetal en las propiedades químicas y físicas de los suelos forestales. I. Suelos Constitucion y completo Constitucion - Curanipe. Chillan , Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomia 1973, 45p.
- HARO LIMONGI, FRANKLIN MODESTO. Dinâmica de um suelo forestal en relación a la cubierta vegetal. Estudio exploratorio. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomia. 1971, 90p. (Tesis mimeografiada).
- HARRIS, R. F. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy. 1966, 18:107 - 169.
- HENIN, S. A physical chemical study of the stability of soil. Natn. Centre Agron. Res. - Paris. 1938.
- HILLEL, D. Soil and water: Physical principles and processes. New York: Academic Press. 1971.

- HOLTAN, H. N. A concept for infiltration estimates in watershed engineering. U.S. Dept. Agr., Agr. Res. Service Pub. 1961, 41-51.
- HORTON, R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1950, 5: 399-417.
- JAVLONSKI, B. The effect of various structure-forming grass-legumes mixtures on some properties and on yields of the following crops. Zesz. nauk. wyz. Szkol. rol. Wroclaw Rol. N° 8:51-134. (original no consultado; extracto de Soils and Fertilizers 1957, 20 (5): 265).
- KEMPER, W.D. Aggregate stability. Agronomy Monograph, N° 9, Part 1. Academic Press, New York. 1965, pp. 511-519.
- KOLODNY, L. & NEAL, O.R. The use of micro-aggregation on dispersion measurements for following changes in soil structure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1941, 6 (1): 91-95.
- KONONOVA, M.M. Soil organic water. Pergamon. Press, New York, 1961, 176p.
- KONONOVA, M.M. 1961. Soil organic matter. Pergamon Press, New York, 1961, 176. p.
- KOPPEN, W. Das geographische System der Klimate. Em: KOPPEN, W., Geiger R. (Eds.): Handbuch der Klimatologie, Vol. I, part C. Berlin: Gebruder Borntraeger. 1936.
- KOSTIAKOV, A. N. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying in from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Moscow: Trans. 6th Com. Internat. Soc. Soil Sci. Part A. 1932, pp. 17-21.

- KULAKOV, YE. V. Distribution patterns of organic residues in the profile of Chernozems in northern Kazakhstan. Soviet Soil Science. 1960, 3:237-243.
- KULINICHENKO, V. F. Dynamics of water intake into the soil. Soviet Soil Science. 1955, 2:208-211.
- KUTILEX, M. The influence of clay minerals and exchangeable cations on soil moisture potential. Em: Physical Aspects of Soil Water and Salts in Ecosystems. Ed. A. Hadas et alii. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg - New York. 1973, pp.153-160. (Ecological Studies 4).
- LEHANE, J. J. & STAPLE, W. J. Relationship of permanent wilting percentage and the soil moisture content at harvest to the 15-atmosphere percentage. Canadian Journal of Soil Science. 1960, 40(2): 264-269.
- MACHENRY, J. ROGER., ZOOK, L.L. & RHOADES, H. F. Pore space and aggregation in a Chernozem soil affected by age of perennial grass sods. Agronomy Journal. 1950, 42(8): 377-380.
- MA/EPE-SUDENE/DRN. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, MA/CONTAP/USAID/BRASIL. 1972, 670p. (Boletim Técnico nº 15, Série Pedológica nº 8).
- MARTIN, JAMES P. et alii. Soil aggregation. Advances in Agronomy. 1955, 7:1-37.
- MAZURAK, ANDREW. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. Soil Science. 1950, 69:135-148.
- MAZURAK, ANDREW P. & RAMIG, ROBERT E. Aggregation and air-water permeabilities in a Chernozem soil cropped to perennial grasses and fallow-grain. Soil Scienc. 1962, 94(3): 151-157.

- MEYERS; H.E. Physico-chemical reaction between organic and inorganic soil colloids as related to aggregate formation. Soil Sci. 1937, 44:337-359.
- OLMSTEAD, L.B. The effect of long-time cropping systems and tillage practices upon soil aggregation at Hays, Kansas. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1946, 11(1): 89-92.
- PARR, J. F. e BERTRAND, A. R. Water infiltration in to soils. Adv. Agron. 1960, 12:311-363.
- PEREIRA, M. NELSON FRANCISCO. Caracterizacion física de los suelos del área de regadío del embalse Coihueco. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía. 1971, 111p. (Tesis mimeografiada).
- PETER, D.B. Water availability. Agronomy Monograph, Nº 9, Part 1. Academic Pres. New York, 1965, pp 279-280.
- PHILIP, J. R. The theory of infiltration: 5. The influence of the initial moisture content. Soil Science. 1957, 84(4):329-339.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta atmosfera. Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP - CNEN e Fundação Cargill. Piracicaba, SP. 1975, 286p.
- RICHARDS, L.A. Report of the subcommittee on permeability and infiltration committee on terminology. Soil Sc. Soc. Amerc. Proc. 1952, 16, 85-88.
- _____ Sample retainers for measuring water retention by soil. Agronomy Monograph, nº 9, Part 1. Academic Press, New York. 1956, pp. 301-303.

- _____. Physical condition of water in soil. Agronomy Monograph, No 9, Part 1. Academic Press, New York. 1965, pp. 128-152.
- ROMANS, J. C.C, 1959. Some measurements of air space in Scottish Soils. Journal of Soil Science 10 (2): 201-214.
- RUSSEL, E. W. 1934. The interaction of clay with water and organic liquids as measured by specific volume changes and its relation to the phenomena of crumb formation in soils. Phil. Trans. Roy. Soc. London. 1934, 233 A: 361-389.
- RUSSEL, M.B. A Simplified air-pycnometer for field use. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1949, 13:73-76.
- SAINI, G. R., MacLEAN, A. A: & DOILE, J. J. The influence of some physical and chemical properties on soil aggregation - and response to VAMA. Canadian Journal of Soil Science. 1966. 46(2): 155-160.
- SMITH, F. B. et alii. The effect of organic matter on the infiltration capacity of Clarion loam. Agronomy Journal. 1937, 29(3) : 521-525.
- SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Committee report. Glossary of soil science terms. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1965, 29(3): 330-351.
- STRICKLING, EDWARD. The effect of soybeans on volume weight and water stability of soil aggregates, soil organic matter content, and crop yield. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1950. 15 (1): 30-34.
- SYKES, DWANE J. & LOOMIS, WALTER E. Plant and soil factors in permanent wilting percentages and field capacity storage. Soil Science. 1967. 104 (3): 163-173.

- SWSRTZENDRUBER, D e HILLEL, D. The physics of infiltration. Em: Physical Aspects of Soil Water and Salts in Ecosystems. Ed.: A. Hadas et alii. Springer-Verlag Berlin Heidelberg - New York. 1973, pp. 3-15. (Ecological Studies 4).
- TANCHANDRPHONGS, S. & DAVIDSON, J. M. Bulk density, aggregate stability and organic matter content as influenced by two wheatland soil management practices. Soil.Sci.Soc.Amer.Proc. 1970, 34(2): 302-305.
- THORNTHWAITE, CW. A. approach toward a rational classification of climate. Geo. Rev. 38, 1948, 55-94.
- TIULIN, A. F. Questions on soil structure. II. Aggregate analysis as a method for determining soil structure Perm. Agr. Exp. Sta. Div. Agr. Chem., Report II, 1928, 77-22.
- UHLAND, R. E. Physical properties of soil as modified by crops and management. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1949, 14(6):361-366.
- VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight-diameter of soil aggregates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1949, 14(1): 20-23.
- VAN BAVEL C.H.M. & SHALLER, F.W. Soil aggregation, organic matter, and yields in a long-time experiment as affected by crop management. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1950, 15(6):399-404.
- VERMA, T.R. & TOOGOOD, J. A. Infiltration rates into soils of the Edmonton area and rainfall intensities. Canadian Journal of Soil Science. 1969, 49 (1):103-109.
- VETTORI, L. Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro. EPE - Ministério da Agricultura. 1969,24p. (Boletim Técnico Nº 7).

VOMOCIL, JAMES A. Porosity. Agronomy Monograph, No 9, Part 1. Academic Press, New York. 1965, pp. 299-314.

WILSON, H. A. et alii. Cropping systems and season as factors affecting aggregate stability. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1947, 12(1): 36-38.

WISCHMEIER, W. H. E. MANNERING, J.V. Effect of organic matter content of soil on infiltration. Journal of Soil and Water Conservation. 1965, 20(4): 150-152.

YODER, R. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Jour. Amer. Soc. Agron. 1936. 28:337-351.

A P Ê N D I C E A

DESCRIÇÕES DOS PERFIS

DESCRIÇÕES DOS PERFIS

SÓLO 1

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico Vermelho Amarelo, fase floresta subperenifólia; relevo regional fortemente ondulado.

LOCALIZAÇÃO: Sítio Macacos de propriedade do CCT/UFPb, a 8 Km da sede do município de Areia, Pb e a 300 m. à margem da rodovia Areia - Remígio.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Trincheira localizada na Cham do Jardim, com relevo local de 2 a 3 % de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA: Pré-cambriano, "gneiss".

MATERIAL ORIGINÁRIO: Saprolito de "gneiss".

RELEVO LOCAL: Suavemente ondulado.

ALTITUDE: 600 metros

DRENAGEM: Bem drenado.

EROSÃO: Ausente.

VEGETAÇÃO LOCAL: Feijão e mandioca.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Floresta perenifólia e subperenifólia.

USO ATUAL: Feijão.

A₁ 0 - 20 cm: Bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido), cinzen_{to} muito escuro (10 YR 3/1, seco); franco argilo arenoso; moderada pequena a média granular; macia, friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana.

- A₃ 20 - 42 cm: Bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno escuro (10 YR 3/3, seco); argilo arenosa; moderada média grânular; macia, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara horizontal.
- B₂₁ 42 - 74 cm: Bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, seco); argilo arenosa; moderada média de blocos angulares e subangulares; dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- B₂₂ 74 - 108 cm: Bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno (10 YR 5/3, seco); argilosa; moderada média de blocos angulares e subangulares; dura, firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- B₃ > 108 cm: Bruno oliváceo (2,5 Y 4/4, úmido), bruno amarelado claro (2,5 Y 6/4, seco); franco-argilosa; moderada média de blocos angulares e subangulares; dura, firme, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES: Abundantes no A₁, e A₃ e escassas em B₂₁, B₂₂ e B₃.

SOLO 2

PERFIL Nº: 02

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho Amarelo

LOCALIZAÇÃO: Sítio Larangeira a 6 Km de Areia e a 300 m da Rodovia Areia - Alagoa Grande - Pb

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Metade de encosta com 45% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Pré-cambrico, granito.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Saprolito de granito

RELEVO LOCAL: Fortemente ondulado

RELEVO REGIONAL: Fortemente ondulado

ALTITUDE: 600 m.

DRENAGEM EXTERNA: Bem drenado

DRENAGEM EXTERNA: Bem drenado

PEDREGOSIDADE: Presença de pedras no perfil.

EROSÃO: Laminar moderado.

VEGETAÇÃO LOCAL: Cana-de-açúcar e capim.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Floresta sub perinofolia, formações secundárias e culturas.

USO ATUAL: Capim.

A₁ 0 - 15 cm: Bruno avermelhado (5YR 4/3, úmido), bruno avermelhado (5YR 4/4, seco), franco argilo arenoso; fraca, média e pequenos blocos angulares e subangulares que se rompem a granular médios e fina; moderadamente duro, friável, ligeiramente plástica e pegajoso; transição clara plana.

- A₃ 15 - 32 cm: Vermelho escuro (2,5 YR 2/6, úmido), bruno a vermelhado (5 YR 5/4, seco); argilo arenoso; moderada, blocos angulares e subangulares médios e pequenos; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara plana.
- B₂₁ 35 - 50 cm: Vermelho amarelado (laranja) (5 YR 4/6, úmido), vermelho (2,5 YR 4/6, seco), argila pesada, maciça; dura, firme muito plástica e pegajosa; transição gradual.
- B₂₂ 50 - 65 cm: Vermelho (2,5 YR 4/6, úmido), vermelho (2,5 YR 4,8, seco); franco argilo arenoso; maciços; dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição claro e plana.
- B₂₃ 65 - 130 cm: Vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), vermelho (2,5 YR 4/8, seco); argiloso; maciça; muito dura, muito firme, muito plástica e pegajosa.

SOLO 3

PERFIL: 03

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico Vermelho Amarelo, fase floresta subperifolia, relêvo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade Usina Sta. Maria a 20 Km. da cidade de Areia.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Trincheira em metade de encosta com declividade de 20 %.

FORMAÇÃO GEOLOGIA E LITOLOGIA: Prê-cambriana, biotita "gneiss".

MATERIAL ORIGINÁRIO: Saprolito de biotita "gneiss" com influência de material transportado.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Forte ondulado e montanhoso.

ALTITUDE: 600 metros.

DRENAGEM: Bem drenado

PEDREGOSIDADE: Moderada. Cascalhos e calhaus na superfície e no perfil.

EROSÃO: Laminar moderada.

VEGETAÇÃO LOCAL: Cana-de-açúcar.

VEGETAÇÃO REGIONAL: Floresta subperenifólia, formações secundárias e culturas.

USO ATUAL: Cultura de cana-de-açúcar.

A₁ 0 - 12 cm: Cinzento muito escuro (5 YR 3/1, úmido), cinzento (10 YR 5/1, seco); franco arenoso; fraca, pequena a média granular; ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

A₃ 12 - 28 cm: Bruno (7,5 YR 4/2, úmido), bruno acinzentado (10 YR 5/2, seco); franco argilo arenoso; fraca pequena a média blocos angulares e subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

- B₁ 28 - 64 cm: Bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido), cinzento brunado claro (10 YR 6/2, seco); franco argiloso; moderada média blocos angulares e subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- B₂ 64 - 120: Bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido) Bruno (10 YR 5/3, seco); franco argilo arenoso; moderada média de blocos angulares e subangulares; "coatings" moderados poucos; duro, firme, plástica e pegajosa.

RAIZES: Abundantes no A₁, comuns em A₃, B₁ e B₂.

OBSERVAÇÕES: Presença de cascalho e calhaus em todo o perfil e especialmente no horizonte A₁.

A P E N D I C E B

CORRELAÇÕES

CORRELAÇÕES

QUADRO 1-A.B. - VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r) E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA AS DIFERENTES CORRELAÇÕES EFETUADAS.

V A R I Á V E I S		COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
x	y	r	%
Argila	0,33 bares	0,73	1
Argila	Umidade equivalente	0,86	1
Argila	15 bares	0,94	1
Argila	Estab. de agregados	0,82	5
Argila	Densidade aparente	0,08	-
Matéria orgânica	0,33 bares	-0,49	-
Matéria orgânica	Densidade aparente	0,60	1
Matéria orgânica	Estab. de agregados	0,02	-
Umidade equivalente	0,33 bares	0,83	1