



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



Centro de Ciências
e Tecnologia

DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS NUMA
TOPOSSEQUÊNCIA DA ZONA SEMI-ÁRIDA DA PARAÍBA**

LOVANIA MARIA WERLANG

Campina Grande - Paraíba
AGOSTO - 2001

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS NUMA TOPOSSEQUÊNCIA
DA ZONA SEMI-ÁRIDA DA PARAÍBA

DISSERTAÇÃO

LOVANIA MARIA WERLANG

Campina Grande – Paraíba

Agosto– 2001

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE SOLOS NUMA TOPOSSEQUÊNCIA
DA ZONA SEMI-ÁRIDA DA PARAÍBA**

LOVANIA MARIA WERLANG
ENGENHEIRA AGRÍCOLA

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba – Campus II, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre (M.Sc.) em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM.

ORIENTADORES: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra
Prof. Dr. Antônio Cabral Cavalcanti

CAMPINA GRANDE - PB

Agosto – 2001



W489c Werlang, Lovania Maria
Caracterizaco fisico-hidrica de solos numa
topossequencia da zona semi-arida da Paraiba / Lovania
Maria Werlang. - Campina Grande, 2001.
82 f.

Dissertaco (Mestrado em Engenharia Agricola) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Solos 2. Topossequencia 3. Propriedades Fisico-
Hidricas 4. Microbacia 5. Dissertaco I. Guerra, Hugo
Orlando Carvalho II. Cavalcanti, Antonio Cabral III.
Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) IV.
Ttulo

CDU 504.5(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

LOVÂNIA MARIA WERLANG

Título: "Caracterização Físico-Hídrica de Solos numa Toposequência da Zona Semi-árida da Paraíba".

BANCA EXAMINADORA

PARECER



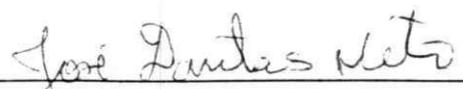
Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra-Orientador

Aprovada



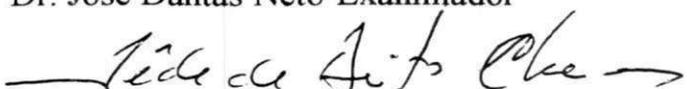
Dr. Antônio Cabral Cavalcante-Examinador

APROVADO



Dr. José Dantas Neto-Examinador

APROVADO



Dr. Iede de Brito Chaves-Examinador

APROVADO

AGOSTO - 2001

DEDICO

Em primeiro lugar agradeço a **VIDA “Deus”** pela oportunidade de ter nascido e permitir
realizar meus sonhos;

A **VIDA = (minha mãe CARMELINA WERLANG)** “minha descafeinada”, por ter
me ensinado que a vida é algo mais do simplesmente nascer.

A todos os meus familiares, em especial minhas irmãs **LANDA e ADE**, por todo o apoio, incentivo e carinho que sempre me deram;

Dedico principalmente para **JOÃO MARCELO** “meu DOCINHO” o cara
mais especial do planeta e ecologicamente correto,

e **ANA** “meu NENEZINHO”,

E também a **MARIA JULIA** que esta chegando, seja bem vinda!

AGRADECIMENTOS

A Deus natureza pela oportunidade que sempre me proporciona, me acompanha em minhas caminhadas, e ao sol meu astro guia.

A Universidade Federal da Paraíba, e ao curso de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciência e Tecnologia em nome da coordenação de pós-graduação, pela oportunidade de realização deste curso de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS) e a ETENE/Banco Nordeste, na pessoa do professor José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy, pela colaboração e apoio financeiro.

Aos meus orientadores, professor Hugo Orlando Carvallo Guerra e Dr. Antonio Cabral Cavalcanti pela orientação e apoio com que sempre se dispôs na condução do trabalho.

Ao professor José Elias da Cunha Metri pelas inúmeras vezes que me auxiliou na condução do trabalho na parte de laboratório e também pelo empréstimo de sua sala de trabalho, que me foi muitíssimo útil, agradeço-lhe pela confiança.

Aos meus amigos de curso, Celso, Varela, Florício, Miguel, Nildo, Severino, Mauricio, Fredi, Marcos, Carlos Alberto, Paulo Cezar, Carlos Henrique e aos meus amigos especiais **Aristóteles**, **Ermano** e **Armindo**, que tiveram uma participação direta no desenvolvimento do trabalho. Agradeço de coração, pois aprendi muito com esta turma.

A Anésio Augusto Pereira “popular COLEGUINHA” e seu fusquinha envenenado, pela idas e vindas, faça sol ou faça chuva, seja durante a semana feriados ou domingos, sempre estiveram presentes, em busca do objetivo maior que era a coleta dos dados.

As minhas anjas e amigas Rivanilda, Aldaniza, Sônia, Aparecida, pelo carinho e atenção durante esta jornada.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação do curso de Eng. Agrícola da UFPB em especial o Prof. e amigo José Dantas Neto que com seu espírito cheio de bondade sempre esteve presente dando seu apoio.

Ao amigo José Maria pela colaboração durante os trabalhos de laboratório, e aos demais funcionários pelo apoio recebido até o final desta dissertação.

“O futuro do Brasil está ligado a sua terra. O manejo adequado de seus solos é a chave mágica para a prosperidade e bem estar geral.

A natureza em seus caprichos e mistérios, condensa em pequenas coisas o poder de dirigir as grandes, nas sutis a potência de dominar as mais grosseiras, nas coisas simples a capacidade de eleger as complexas.

Assim, a explosão de uma coisa ínfima como o átomo, chega a arrasar cidades enormes e a esterilizar regiões inteiras. E um miligrama de hormônio em demasia ou carência chega a modificar as funções do corpo todo, enfermando o organismo. E a simples destruição dos grumos da superfície do solo chega a destruir povos e países, trazendo a fome, a miséria e a doenças, como conseqüência, a escravidão.”

ANTONIO HENRIQUE CUNHA BUENO

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal identificar e caracterizar físico – hidricamente os solos localizados numa toposseqüência da microbacia hidrográfica do Riacho São Pedro, no assentamento rural da comunidade de “Paus Brancos” localizado na Região Fisiográfica da Borborema Oriental, da microregião homogênea do Cariri Paraibano, em Campina Grande – PB. O estudo constou basicamente de duas partes: a primeira uma descrição morfológica e classificação dos solos e a segunda uma caracterização físico-hídrica dos solos identificados.

Na toposseqüência estudada foram identificados solos Aluviais, Planossolos, e Cambissolos Eutróficos. Os solos identificados foram em geral de textura media (franco argilosos, franco argilo-arenosos e franco arenosos). Os solos Cambissolos da toposseqüência apresentaram uma alta densidade global e conseqüentemente uma baixa porosidade, devido a problemas de compactação. Isto fez com que a retenção de água dos solos fosse baixa como também a água disponível para as plantas. O solo Aluvial e o Planossolo apresentaram densidades globais menores e porosidades maiores, dentro dos intervalos normalmente esperados, fazendo com que a capacidade de retenção da água destes fosse maior como também a água disponível para as plantas.

A velocidade de infiltração básica de todos os solos identificados na toposseqüência foi classificada como muito baixa (menor de 0,5 cm/h). Já a condutividade hidráulica sob condições de saturação como lenta (0,1-0,5 cm/h) a moderadamente lenta (0,5-2 cm/h).

Analisados os solos da toposseqüência chegou-se a conclusão que em geral todos os solos são de interesse para o aproveitamento agrícola e pecuário da região; precisando estudos mais precisos sobre seu manejo integrado.

ABSTRACT

The objectives of the present work were to identify and characterize physico-hydrally the soils of a hydrological microbasin toposequence located at the "Paus Brancos" rural community at the Oriental Borborema physiographic region of the Cariri homogeneous microregion, Campina Grande - Paraiba, Brazil. The study had essentially two parts: first a pedological description and classification of the soils and second their physico-hydrical characterization.

Alluvial, Planosols and Eutrophic Cambisols were identified on the toposequence. The pedological variation found among the soils, without doubt, is due mainly to the topographic aspects. The identified soils were, in general, medium textured (clay loams, sandy-clay loams and sandy loams). The Cambisols presented a high global density and therefore a very low porosity, due to compaction problems. These facts contributed to obtain low water retention capacity soils with low water content available for plants. Compare with the Cambisols, the alluvial and Planosols showed lower global densities and higher total porosities, inside the expected intervals, conducting to soils with higher water retention capacity and available water for plants. The basic infiltration velocity for all the soils was very slow and the saturated hydraulic conductivity slow to moderately slow.

Analyzed the characteristics of the toposequence soils, it was concluded that, in general, all the soils have an agricultural and husbandry utilization interest needing however more precise studies to attain its integrated management in order to optimize their utilization.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 – REVISÃO DE LITERATURA..... | 2 |
| 2.1 - TOPOSSEQÜÊNCIA | 2 |
| 2.2- VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NUMA TOPOSSEQÜÊNCIA. | 2 |
| 2.2.1 - <i>Variação do material original de formação do solo</i> | 3 |
| 2.2.2 - <i>Variação biológica</i> | 3 |
| 2.2.3 - <i>Variação química</i> | 4 |
| 2.2.4 - <i>Variação físico - hídrica</i> | 5 |
| 2.3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO | 5 |
| 2.3.1 - <i>Textura do solo</i> | 6 |
| 2.3.2 – <i>Densidade global</i> | 8 |
| 2.3.3 - <i>Porosidade total (Pt)</i> | 10 |
| 2.3.4 - <i>Retenção de água pelo solo</i> | 12 |
| 2.3.5 - <i>Capacidade de Campo (CC)</i> | 13 |
| 2.3.6 - <i>Ponto de Murcha Permanente (PMP)</i> | 15 |
| 2.3.7 - <i>Água disponível (AD)</i> | 16 |
| 2.3.8 - <i>Infiltração</i> | 18 |
| 2.3.9 - <i>Condutividade Hidráulica</i> | 20 |
| 3 – MATERIAL E MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1. – CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA..... | 22 |
| 3.1.1- <i>Localização</i> | 22 |
| 3.1.2 <i>Clima</i> | 22 |
| 3.1.3- <i>Solos</i> | 23 |
| 3.1.4 <i>Relevo</i> | 25 |
| 3.1.5 <i>Vegetação</i> | 25 |
| 3.1.6 <i>Hidrografia</i> | 26 |
| 3.1.7 <i>Aspectos sócio-econômicos</i> | 26 |
| 3.2 - MATERIAL - ÁREA EXPERIMENTAL..... | 27 |
| 3.2.1 – <i>Toposseqüência</i> | 27 |
| 3.2.2- <i>Metodologia</i> | 29 |
| 3.2.2.1- <i>Descrição dos perfis</i> | 29 |
| 3.2.2.2- <i>Caracterização Físico - Hídrica do solo</i> | 29 |
| 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 4.1 – SOLOS ESTUDADOS..... | 32 |
| 4.1.1 – <i>Descrição Morfológica dos Perfis de Solos</i> | 33 |
| 4.1.2 – <i>Considerações sobre os solos</i> | 44 |
| 4.1.3.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO HÍDRICAS..... | 46 |
| 4.1.3.1.- <i>Textura do solo</i> | 46 |
| 4.1.3.2-- <i>Densidade Global</i> | 47 |
| 4.1.3.3- <i>Porosidade Total</i> | 48 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.3.4 - Retenção de água no solo..... | 49 |
| 4.1.3.5- Capacidade de Campo , Ponto de Murcha Permanente e Água Disponível no solo para as Plantas..... | 53 |
| 4.1.3.6 - Infiltração de água no solo..... | 55 |
| 4.1.3.7 – Condutividade Hidráulica | 59 |
| 5 - CONCLUSÕES | 62 |
| 6 - BIBLIOGRAFIA | 63 |
| ANEXO | 73 |
| ANEXO 1 | 74 |
| CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS ESTUDADOS..... | 74 |
| ANEXO II | 76 |
| TESTES DE INFILTRAÇÃO | 76 |
| ANEXO III..... | 82 |
| EQUAÇÕES DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO E INFILTRAÇÃO ACUMULADA DOS PONTOS AMOSTRADOS NA TOPOSSEQUÊNCIA..... | 82 |

1 - INTRODUÇÃO

Decisões importantes relacionadas com o manejo racional dos recursos naturais devem considerar, entre outros fatores, as propriedades físico-hídricas dos solos. O conhecimento destas propriedades e principalmente as características de infiltração da água e sua capacidade para retê-la são de relevante importância para o desenvolvimento da agricultura.

Freqüentemente, pesquisadores e agricultores se deparam com inesperadas variações das características do solo. Essas variações podem ocorrer, sistemática ou ocasionalmente, em diversas escalas, dependendo do tipo e localização da áreas.

Nos estudos de áreas declivosas, as toposseqüências são bastante utilizadas, porque sobretudo permitem estabelecer correlações entre características dos solos e da superfície. Intuitivamente, poderia se esperar que as características físico-hídricas dos solos variem de acordo com a posição do solo numa toposseqüência. No entanto, qual é a extensão destas variações ? Poucos trabalhos tem sido conduzidos no Brasil que permitam responder a esta pergunta. No Nordeste do Brasil praticamente não existe informação.

Estes subsídios poderão, no futuro, quando da utilização da área, identificar um manejo adequado da água e do solo, no tocante a preservação da qualidade da água para o consumo humano e dos animais e o excedente para ser utilizado na irrigação de pequenos pomares. O objetivo do presente trabalho é identificar pedologicamente os solos e as características físico-hídricas do solo em uma toposseqüência do assentamento rural de "Paus Brancos", Município de Campina Grande – Pb.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - TOPOSSEQÜÊNCIA

Uma toposseqüência é definida como um grupo de solos relacionados nos quais a topografia é o fator principal responsável pelas diferenças entre as características dos solos. A declividade de uma área afeta o tipo de solos que é desenvolvido (McClelland et al., 1959). A caracterização detalhada de uma toposseqüência, constitui uma visão bidirecional da estruturação dos solos, e fornece parâmetros para a compreensão do funcionamento e organização pedológica ao longo de um perfil topográfico (Hanna, 1982). Por exemplo, há maior escoamento nas rampas convexas que nas áreas niveladas, levando assim, água adicional e material de solo para as rampas côncavas abaixo. Uma rampa localizada de frente para o sul tem um micro-clima diferente que uma rampa localizada de frente para o norte e pode assim resultar em solos com diferentes características.

2.2- VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS NUMA TOPOSSEQÜÊNCIA.

Discutindo o conceito de toposseqüência, Bushnell em 1942, citado por Matzdorf (1974), descreve os efeitos do relevo, drenagem, profundidade do lençol freático e natureza do material original na formação de solos numa toposseqüência hidrológica.

A topografia do terreno é talvez uma das principais características do solo a ser considerada no planejamento agrícola. Terrenos planos em geral tem uma drenagem pobre, quase não há escoamento de enxurradas e a infiltração pode ser muito lenta. Já em terrenos com topografia ondulada ou montanhosa o escoamento é alto ocasionando erosão e prejuízo aos solos agrícolas (Matzdorf, 1974).

Os solos de uma topossequência são influenciados por rochas subjacentes, que contribuem para o material de origem de acordo com sua posição topográfica, que age interativamente. As variações topográficas podem causar variações na drenagem natural; assim o excesso de umidade causa uma baixa aeração e a decomposição dos resíduos das plantas se torna muito lenta.

2.2.1 - Variação do material original de formação do solo

O solo é a camada superficial da crosta terrestre, composta por partículas de rochas em diferentes estágios de desagregação, sendo o material de origem um dos principais fatores de formação do solo. Entretanto o clima, as atividades biológicas dos organismos vivos, a topografia e o tempo são fatores que também contribuem diretamente para a formação do solo. O clima, representado pela chuva e temperatura, influi principalmente na distribuição variada dos elementos solúveis e na velocidade das reações químicas. A topografia influencia no movimento transversal da água. As variações na formação do solo dependem, direta e naturalmente, do espaço de tempo em que atuam os diferentes fatores (Ehrlich et al., 1955).

Walker em 1966 estudou cinco áreas de pântano obtendo variáveis taxas erosivas e de deposição entre as áreas da rampa, colina e de pântano. A função do material original no desenvolvimento dos solos é evidente nas descrições de solos feitas por Walker das várias camadas de material fino e grosso encontrados desde o ápice até a base do pântano. A localização de camadas de areia ou materiais de pedregulho na colina determinam a drenagem e as resultantes taxas de sedimentação (Matzdorf, 1974).

2.2.2 - Variação biológica

O ambiente do solo inclui grandes populações de microorganismos. O número e o tipo de microorganismos variam consideravelmente entre curtas distâncias, dependendo do meio ambiente. Conteúdo de material orgânico, pH, temperatura do solo e vegetação, todos

estes fatores afetam as populações de microorganismos (Alexander, 1967). Esta variação biológica foi observada numa pequena área, a medida que movimentava-se de uma área bem drenada para outra pobremente drenada. Solos numa seqüência hidrológica, podem, então, variar apreciavelmente desde uma área erodida, no topo da seqüência, a uma área depressiva com considerável sedimentação de material fino. Grandes populações de microorganismos nas áreas de depressão são associadas com o aumento da matéria orgânica e umidade do solo.

Os microorganismos atuam no desenvolvimento do solo favorecendo a interperização das rochas e através da decomposição das substâncias presentes ou adicionadas ao solo. Biologicamente, a superfície do solo é o horizonte mais ativo. Atividade esta que vai diminuindo com o aumento da profundidade no perfil (Alexander, 1967).

2.2.3 - Variação química

Matzek (1955) trabalhando em Dakota do Norte nos Estados Unidos reporta que o movimento de sais solúveis é afetado pela topografia do solo. Em áreas niveladas a precipitação é acumulada e a percolação de água é incentivada. Em áreas mais inclinadas, o escoamento superficial é maior e menos água entra no solo resultando num menor movimento de sais no perfil do solo. Redmond e McClelland (1958) encontraram marcadas diferenças na distribuição e níveis de carbonato de cálcio, dependendo da elevação e drenagem das áreas. Eles encontraram que a presença de lençóis freáticos altos estava associada com a gênese de solos calcários pobremente drenados.

A diferenciação do perfil de solo durante sua formação é afetada num alto grau pela natureza da matéria orgânica presente. Por exemplo, num sistema de drenagem fechado (**pothole**), as espécies vegetais, a profundidade das raízes e os resíduos orgânicos remanescentes no solo variam consideravelmente desde a base até a aquelas encontradas no topo do pothole, (Matzdorf, 1974).

2.2.4 - Variação físico - hídrica

As características físicas dos solos são responsáveis pelo movimento de água, do ar e dos nutrientes no solo. Algumas características importantes tais como a estrutura, a densidade global, a capacidade de armazenamento da água do solo, a infiltração da água no solo e a sua condutividade hidráulica dependem da textura do solo (Gardner, 1962, Carvalho, 2000).

A textura dos materiais depositados em uma encosta sofrem variações constantes devido a erosão sofrida pela ação de água e dos ventos, que levam o material da encosta para as áreas mais baixas. O arranjo ou ordenamento dos agregados é uma característica conhecida como estrutura do solo, a estabilidade, quantidade e distribuição dos agregados determinam os espaços porosos e a relação ar / água existente no solo. As propriedades físicas mudam com a profundidade do solo (Cassel et al. 1969; Bouma & Hole, 1971).

Hanna et al. (1982), desenvolveram um trabalho e indicaram que os solos situados na encosta convexa, no topo de uma topossequência, tiveram menores teores de água disponível do que os solos localizados no terço inferior e na base, durante a maior parte do período em que foi realizado o estudo. Isto foi devido ao movimento de água por escoamento superficial e drenagem interna, da posição superior para a inferior. Durante os períodos em que não ocorreram chuvas, a água movimentou-se lentamente para a posição inferior do relevo, sob condições de fluxo não saturado causando um incremento no conteúdo de água do topo para a base do relevo.

Os fatores físicos do solo e topografia do terreno podem formar horizontes diferentes na superfície do solo. Esta variação de horizontes com a profundidade e posição topográfica é uma consideração importante para avaliar o movimento de água em um sistema de drenagem fechado (Malo et al., 1973)

2.3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO

O conhecimento das características físico-hídricas do solo é de fundamental importância para um racional e eficiente manejo dos recursos naturais da região.

Os solos apresentam peculiaridades em suas propriedades físicas, por serem uma composição entre partículas minerais de vários tamanhos e arranjos, além de material orgânico em diversos estágios de decomposição.

As propriedades físicas e hídricas do solo são responsáveis por todos os processos que envolvem o sistema solo-água-plantas. Entre essas propriedades devem-se considerar a textura, a estrutura, a densidade global, a porosidade, a capacidade de campo, o ponto de murcha permanente a infiltração da água no solo e sua condutividade hidráulica. (Carvalho, 1982).

2.3.1 - Textura do solo

Textura é a distribuição quantitativa das classes de tamanho das partículas que compõem o solo geralmente expressa em percentagem.

O tamanho e a distribuição das partículas do solo são conhecidas através da análise físico-mecânica, chamada também de análise granulométrica ou análise de distribuição do tamanho das partículas. É uma das operações mais importantes na caracterização do solo.

Uma vez determinada a percentagem de cada um dos separados texturais (areia, silte e argila), para interpretar os resultados das análises e classificar os solos usa-se geralmente o diagrama triangular proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1995), como mostrado na Figura 1.

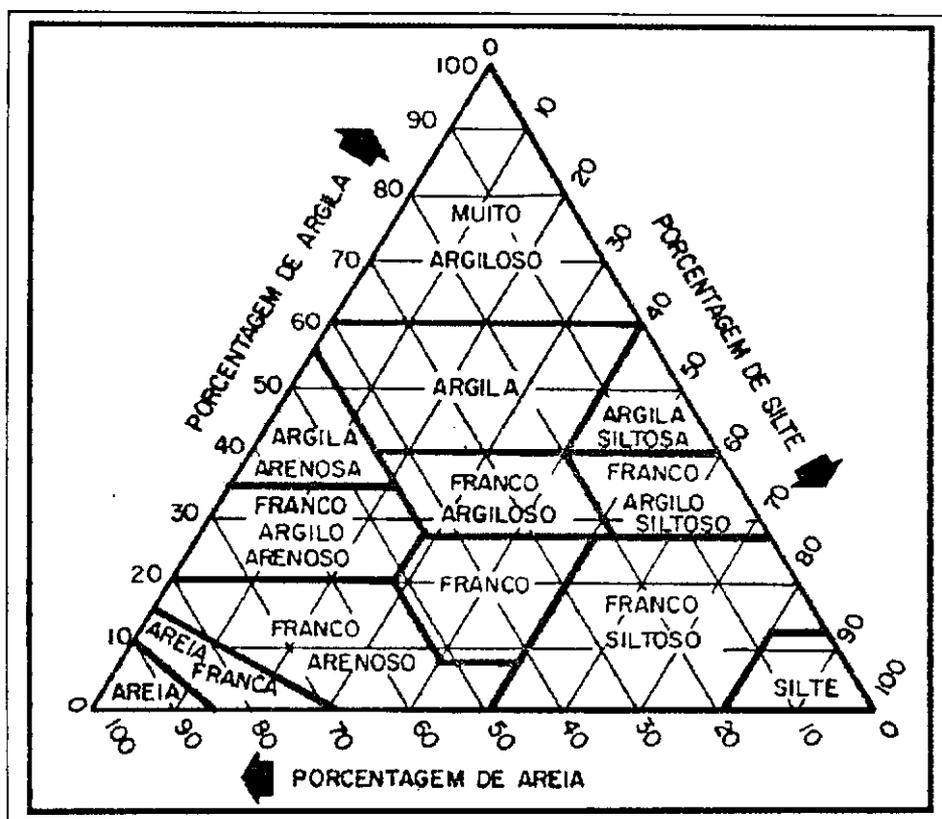


Figura 1 - Classes texturais do solo proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Prevedello 1996).

As frações minerais constituintes do solo, determinadas em laboratório, proporcionam um dado numérico da textura. A distribuição do tamanho das partículas se constitui num dado muito importante para definição das classes no mapeamento de solos. É também muito utilizada para prognosticar algumas propriedades físicas como é o caso da retenção de umidade, infiltração, condutividade hidráulica do solo (Américo, 1979) e

algumas propriedades químicas do solo, como é o caso da capacidade de troca de cátions (Antônio & Dorfman, 1986).

A textura é uma propriedade permanente do solo que depende das características do material originário e dos agentes naturais de formação do solo.

2.3.2 – Densidade global

Conhecida também como densidade aparente pode ser definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca em estufa a 110°C e o seu volume (soma dos volumes ocupados pelas partículas e o espaço poroso); sendo portanto, um índice do grau de compactação de um solo. A densidade global do solo é calculada pela seguinte fórmula:

$$Dg = \frac{M_s}{V_{Total}} \quad (01)$$

Donde:

Dg = densidade global, $g \cdot cm^{-3}$;

M_s = massa do solo seco, g;

V_{Total} = volume total do solo, cm^{-3} .

A densidade global é uma propriedade física do solo de grande importância para a verificação da condição estrutural, compactação e manejo do solo (Wilde, 1959, citado por Cirino, 1993). Este parâmetro não é constante, varia com a textura e estrutura do solo. Quanto maior a porosidade do solo menor a densidade global. A densidade aumenta com a profundidade devido ao maior adensamento das camadas do solo, à diminuição da matéria orgânica nas camadas inferiores, à menor agregação e penetração das raízes (Romans, 1959; Black, 1965; Staple, 1965; Cavalvante & Fernandez, 1979; Kiehl, 1979; Reichardt, 1985, Prevedello, 1996).

Os solos soltos e porosos têm densidade global baixa ao passo que os solos adensados e compactados (devido as partículas estarem em contato mais íntimo), assim

como os solos arenosos, ambos apresentam altos valores de densidade das partículas (Fernandez, 1987).

Os intervalos de valores mostrados na Tabela 2, são normalmente encontrados na superfície dos solos cultivados (Carvalho, 2000).

Tabela 01- Intervalos de valores para densidade global

| Classes Texturais de Solos | Dg (g.cm ⁻³) |
|----------------------------|--------------------------|
| Areia | 1,3 – 1,6 |
| Silte | 1,1 – 1,5 |
| Argila | 0,9 – 1,1 |

As densidades globais de solos argilosos, barros argilosos e de barro siltico de superfície podem variar desde 1,00 até 1,60 g.cm³, dependendo das suas condições. Subsolos muito compactos, independente da textura, podem atingir densidades até de 2,00 g.cm³ (Brady, 1983). A densidade global é utilizada no cálculo da porosidade total, na transformação de dados analíticos obtidos em peso para volume, na verificação do grau de compactação e na elaboração de recomendações de manejo de solo e água (Kiehl, 1979; Reichardt, 1975).

De acordo com Fernandez et al. (1977), as culturas, em sua maioria, são prejudicadas quando a densidade global do solo ultrapassa 1,50 g.cm⁻³, essencialmente por duas razões: primeiro, devido a falta de O₂ para a respiração das raízes e segundo, devido ao impedimento mecânico para o crescimento das raízes, limitando desta forma a zona de absorção de água e nutrientes.

Em seus estudos, Gavane (1973) constatou que a movimentação de implementos agrícolas, durante as diversas etapas da produção, aumenta a densidade global e, conseqüentemente, reduzem a porosidade total que, por sua vez, exercerá influência na capacidade de retenção de água, aeração, drenagem e condutividade hidráulica, afetando assim, a produtividade das culturas. Américo (1979), ao estudar diferentes solos, encontrou que a porosidade total nos solos argilosos é superior à dos solos arenosos e que os argilosos

tem uma alta capacidade de retenção de água e baixa permeabilidade devido a presença de grande quantidade de poros pequenos.

A determinação da densidade global dos horizontes de um perfil, desde a superfície até a camada de rocha, permite avaliar certas propriedades do solo, como a drenagem, a porosidade, a condutividade hidráulica, a permeabilidade ao ar e à água, a capacidade de saturação, o volume de sedimentação e a erodibilidade eólica. Consequentemente, é o conhecimento da densidade aparente que fornece informações para a recomendação de uso da terra para determinadas culturas, como por exemplo, as produtoras de raízes e tubérculos, que preferem solos pouco densos (Kiehl, 1979).

2.3.3 - Porosidade total (Pt)

A porosidade total é definida como a percentagem do volume total do solo não ocupado por partículas sólidas (Blake, 1965). Baver et al. (1973), definiram esta porosidade como sendo o volume de espaço poroso em relação ao volume total de solo. A porosidade total do solo pode ser obtida através da equação de Veihmeyer (1950), da seguinte forma:

$$P = \left(1 - \frac{Dg}{Dp} \right) * 100 \quad (02)$$

Sendo:

P = porosidade total, %;

Dg = densidade global ou aparente do solo, g.cm⁻³;

Dp = densidade das partículas ou real, g.cm⁻³;

A medida da porosidade total indica o somatório de todos os poros, não dando nenhuma informação ou esclarecimento sobre seu tamanho e distribuição.

Pesquisadores como Rowles (1948); Wiesum (1957), Kiehl (1979), Prevedello (1996), entre outros, reconhecem o papel do espaço poroso na retenção de água, aeração e o desenvolvimento do sistema radicular, são mais importante que a porosidade total é a distribuição dos poros por seus tamanhos.

Vomocil (1965), afirma que a simples determinação da porosidade total fornece informações de limitada importância, para muitos objetivos, tais como: movimento e armazenamento de água e gases, fluxo e retenção de calor, e desenvolvimento do sistema radicular. Considera mais importante a medição da distribuição dos poros por seu tamanho, visto que uma distribuição deficiente dos diferentes tamanhos dos poros pode provocar uma lenta movimentação de fluido ou, pelo contrário, pode proporcionar uma ótima difusão de ar como também da água, além dos limites aceitáveis.

Para Grohmann (1972), dependendo da natureza e distribuição das partículas, o solo pode ter uma porosidade mínima de cerca de 30% e uma máxima de 80%. Normalmente, valores da porosidade do solo são da ordem de 40-60%, devido à reunião das partículas unitárias em microagregados e agregados do solo. Os intervalos de valores mostrados na Tabela 2, têm sido encontrado na superfície dos solos cultivados.

Tabela 2 - Intervalos de valores de porosidade total.

| Classes Texturais de Solo | Porosidade Total (%) |
|---------------------------|----------------------|
| Arenosos | 35 – 50 |
| Siltosos e Francos | 30 – 55 |
| Argilosos | 40 – 65 |
| Húmiferos | 60 – 80 |
| Turfosos | 80 – 85 |

Fonte : Prevedello 1996

A porosidade total é formada pela soma das porcentagens de poros de diferentes tamanhos, que atuam da seguinte forma: os poros grandes servem para a aeração e infiltração; os poros medianos para a condução de água e os poros pequenos para o armazenamento de água disponível para as plantas Gavander (1972). A esse respeito

Prevedello (1996) confirma que os diversos processos de transporte que ocorrem nos poros estão relacionados ao tamanho dos mesmos. Os macroporos, por exemplo, são mais importantes para a drenagem da água do solo, após a ocorrência de fortes chuvas ou inundações. Quando a água contida nos macroporos é drenada, os mesoporos ganham importância na redistribuição da água, sem haver uma diferenciação nítida nessa passagem. A partir daí esse movimento continua a se processar, muito mais lentamente, dentro dos microporos, e parte dessa água remanescente é que garante a sobrevivência de muitas espécies vegetais.

2.3.4 - Retenção de água pelo solo

A retenção da água do solo é comumente ilustrada pela curva de retenção da água do solo, também chamada de curva característica da água do solo. A curva característica da água do solo relaciona o conteúdo de umidade volumétrica com a tensão com que a umidade está retida no solo e pode ser representada pela seguinte expressão:

$$\theta = \theta_r + \left\{ \frac{[\theta_s - \theta_r]}{[1 + (\alpha \psi_m)^n]} \right\}^m \quad (03)$$

Donde:

θ = Conteúdo de água volumétrico (cm³/cm³)

θ_s = Conteúdo de água no solo em condições de saturação (cm³/cm³)

θ_r = Conteúdo de água no solo em condições residual (cm³/cm³)

ψ_m = Potencial matricial (cm.c.a)

α , m e n = Parâmetros que dependem do solo .

A água que um solo retém depende diretamente da distribuição do tamanho das partículas e é afetada pela estrutura do solo (Salter & Williams 1965, Petersen et al., 1968).

Segundo Hanna (1982) esta é afetada também pela declividade da área. Hillel (1982), citado por Cortizas (1988), aponta que o efeito da estrutura e da textura são diferentes. Segundo este autor a estrutura influencia a baixos valores de pressão de sucção (entre 0 e 1,0 bar); porém os valores mais altos de sucção, a retenção se deve à adsorção e esta é mais influenciada pela textura e superfície específica do material sólido do solo. Hollis (1977), estabelece também esta relação entre a estrutura e a retenção a baixas tensões, admitindo que existem outros fatores não estruturais, como a composição e a temperatura do solo.

Ungir (1975), estudando amostras de solo, deformadas e indeformadas, em 26 locais, com texturas variando desde areia até argila, mostrou que só tratamentos que modificam a estrutura natural dos perfis de solo podem diminuir ou aumentar a capacidade de armazenamento de água em solos de diferentes texturas.

Estudos realizados por Afyuni et al. (1993), em duas posições topográficas, mostraram que, em uma delas, a textura do solo influenciou os conteúdos de água observados. Os solos de texturas arenosas, situados na base do relevo, retiveram menor conteúdo total de água do que os solos de texturas argilosas, localizados no topo.

Hillel (1971) indica que não existe uma teoria física satisfatória para definir o potencial matricial com relação a umidade e outras propriedades texturais e estruturais do solo, pois os fenômenos de adsorção, capilaridade e suas interligações com a geometria dos poros são muito complexas para poderem ser descritas por um único modelo. Por isso a curva característica é determinada experimentalmente, sendo típica para cada horizonte de um mesmo solo.

2.3.5 - Capacidade de Campo (CC)

De acordo com diversos autores, a capacidade de campo é a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorreria dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniforme (Gardner, 1962; Hillel, 1971; Black, 1975; entre outros). Como resultado desse conceito, a capacidade de campo foi aceita, por muito tempo, como uma característica física do solo. No entanto, a capacidade de campo não é um valor único do

solo. Em um sistema dinâmico de remoção de água por meio de drenagem, evaporação e transpiração, a água que se agrega por meio da chuva ou de irrigação nunca atinge um equilíbrio. Com os conhecimentos atuais do movimento d'água em solos saturados e não saturados, tornou-se evidente que a "capacidade de campo" é um conceito arbitrário, e não uma propriedade física do solo. Em solos de textura grosseira, geralmente a redução da intensidade de movimento com a diminuição da umidade do solo, abaixo de certos valores, apresenta uma faixa de transição bem nítida, já em solos de textura fina, não há nítida faixa de transição (Prevedello, 1996).

Hendrickson em 1950, citado por Black (1975), indica que a capacidade de campo pode variar, desde valores menores que 10% em solos de textura grosseira, até valores maiores que 30% para solos de textura fina.

Reichardt et al. (1975), pesquisaram solos do estado de São Paulo, com horizontes B textural, de condutividade hidráulica aproximadamente 10 vezes menor que o horizonte superior. Verificaram que, em condições idênticas, ao se aplicar três irrigações diferentes no mesmo solo, três valores distintos de capacidade de campo foram encontrados. Afirmam ainda que não existe um método de laboratório para a determinação da capacidade de campo.

Como consequência disto e dos muitos fatores que modifica a capacidade de campo deve considerar-se como característica do solo, nas condições de campo e, portanto, só se pode determinar com exatidão, no campo (Gavande, 1972; Black, 1972; Ramirez e López, 1993).

É muito importante o conhecimento da capacidade de campo pois constitui o limite superior da água disponível no solo, parâmetro indispensável na elaboração de projetos de irrigação, drenagem e conservação de solos. Segundo Daker (1976), os solos com elevada capacidade de campo são os que apresentam melhores condições à exploração agrícola, já que, o solo nessa condição, encontra-se com a máxima quantidade de água que ele pode reter contra a ação da força gravitacional.

Considerando a grande polêmica com respeito a qual seria a tensão aplicada ao solo que represente a umidade a capacidade de campo, Vieira (1986) recomenda os seguintes critérios para serem usados no laboratório.

- a) solos muito argilosos e orgânicos: teor de umidade sob tensão de 1 bar;
- b) solos argilosos e barrentos: teor de umidade sob tensão de 0,33 bar;
- c) solos siltosos e arenosos: teor de umidade sob tensão de 0,10 bar.

Pina (1999), em estudos recentes com diferentes texturas de solo, indica que para se conhecer com exatidão a capacidade de campo, a tensão utilizada no laboratório deve ser inferida da curva de retenção da água do solo, devidamente ajustada, utilizando-se os dados de umidade obtidos através do método de campo.

2.3.6 - Ponto de Murcha Permanente (PMP)

O ponto de murcha permanente é definido como a porcentagem de água que o solo retém quando as plantas que nele crescem adquirem um estado de murchamento permanente, não conseguindo recuperar sua turgidez mesmo quando colocadas em ambiente saturado de umidade. Portanto, o Ponto de Murchamento é o limite inferior da reserva de umidade aproveitável pelo solo para as plantas (Ramirez e Lopez 1993).

Muitos investigadores têm discutido sobre o valor do potencial da água no solo quando se atinge o murchamento irreversível das plantas e, antigamente, acreditava-se que este valor seria da ordem de -15 bares. Posteriores experimentações têm demonstrado que este potencial pode ser, em vários casos, muito inferior; estando de acordo com a espécie vegetal, da distribuição das raízes no perfil e das características do solo e ambientais (Cirino, 1992; Bernardo, 1995; Pina, 1999). Alguns pesquisadores verificaram que o ponto de murcha permanente não depende apenas do estado de água do solo e das propriedades da planta, mas também das condições atmosféricas (Ramirez 1993, Bernardo 1995).

Cirino (1992), utilizando o extrator de Reichardt, mostrou, através da curva de retenção, que para o solo arenoso, franco-argilo-arenoso e argilo-arenoso, as tensões que reproduzem a umidade no PMP foram 3,0; 5,0 e 7,0 atm. respectivamente. Segundo Bernardo (1995), a tensão da água do solo, acima da qual não haverá água suficiente disponível para que as plantas possam se desenvolver, varia de 5,0 a 25,0 atm. dependendo

da planta ou das condições do ambiente. Esta grande variação da tensão da água, em muitos solos, representa uma variação muito pequena no teor de umidade do solo.

O déficit de água causa decréscimo acentuado nas atividades fisiológicas, principalmente na divisão e crescimento das células e, em consequência, no crescimento das plantas. Quando o déficit ocorre em período curtos, normalmente após as 13 horas (horário de maior demanda evapotranspirométrica), seu efeito é mínimo. Mas quando persiste por período maior, seu efeito é drástico (Bernardo (1995)).

Segundo Gavande (1972), o ponto de murcha permanente é característica do perfil do solo, que inclui não somente a quantidade de água no solo à varias profundidades, mas também a velocidade com que a água se movimenta nas raízes da planta. Em regiões que possuem atmosfera com baixa umidade relativa, o solo pode secar-se mais nas partes profundas, antes que as plantas murchem e não se recuperem, em comparação com o que pode ocorrer nas regiões em períodos de transpiração alta. Bernardo (1995), afirma que é muito difícil determinar o ponto de murcha permanente em condições de campo porque o teor de umidade no solo, ou a sua tensão, varia com a profundidade, e sempre haverá movimento d'água de outros pontos para a zona do sistema radicular da planta indicadora do ponto de murcha.

2.3.7 - Água disponível (AD)

Veihmeyer & Hendrickson (1950) conceituam a água disponível do solo para as plantas, como sendo a percentagem de umidade retida entre um limite superior e um limite inferior de disponibilidade de água para as culturas, chamados de "Capacidade de Campo" e "Ponto de Murchamento Permanente", respectivamente.

Vieira (1986) esclarece que o conhecimento desse valor é de muito importância para o projetista de irrigação, que deverá dimensionar o seu equipamento para aplicar no solo a umidade necessária à planta. Doorenbos e Kassam (1979) recomendam o cálculo das lâminas de água para projetos de irrigação para obter os máximos rendimentos das cultivos, a partir do produto da lâmina de água disponível total pelo coeficiente de esgotamento

limite ou limiar de água do solo, Boedt & Verheye (1985a) indica que há várias desvantagens quando se usa o conceito tradicional de água disponível do solo, em culturas irrigadas. Para o planejamento e esquematização da irrigação, existe uma necessidade de novos conceitos que dêem definições claras, corretas e práticas para a quantidade de água disponível no perfil. Existem claras indicações de que essa quantidade deve ser determinada em condições de campo.

Muitos pesquisadores têm discutido sobre a disponibilidade de água entre os limites da capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Veihmeyer e Hendrickson (1950) e Veihmeyer (1972) salientam que a água presente neste intervalo, é igualmente disponível para o crescimento e a transpiração das plantas não se ver reduzido, ainda que a umidade do solo diminua, sempre que se mantenha entre os limites citados. Outros estudiosos (Reichardt e Wadleigh, 1952; Stanhill, 1957; Millar e Gardner, 1972, entre outros) têm sustentado que a água estará menos disponível conforme o conteúdo de água diminua abaixo da capacidade de campo. Segundo Silva e Duarte (1980) existe um ponto de umidade crítica, próprio de cada cultura, além do qual as disponibilidades diminuem consideravelmente, a ponto de comprometer, seriamente, o rendimento da cultura.

A água que um solo retém depende diretamente da distribuição do tamanho das partículas e é afetada pela textura e estrutura do solo (Salter & Williams, 1965; Petersen et al., 1968, Miranda, 1999).

Fontes & Oliveira (1982) salientam que, ao se comparar valores de disponibilidade de água de vários solos, deve-se levar em conta outros parâmetros, além dos utilizados na sua obtenção; tais como: as percentagens de areia, silte, argila, capacidade de troca de cations e o conteúdo de matéria orgânica. A quantidade de água disponível, na fração fina do solo varia crescentemente com os teores de carbono orgânico, densidade global, argila e/ou silte. Isto confirma porque, muitas vezes, a adição de matéria orgânica em solos arenosos pode aumentar a aptidão desses solos para uso agrícola.

Ratliff et al. (1983) introduziram o termo "Potencial de Água Extraível do Solo", definindo como a diferença entre as medições no campo dos limites superiores e inferiores de água disponível. Cassel et al. em 1983, citado por Boedt & Verheye, (1985b) desenvolveram modelos de estimativas. Esses modelos são baseados em numerosas observações de campo, os quais dão resultados que são facilmente aplicáveis em condições

reais. Esses modelos foram originados de observações sob condições de cultivo sem irrigação, portanto, sua aplicação é limitada devido ao uso de um limite inferior severo.

2.3.8 - Infiltração

Infiltração é o termo dado ao processo pelo qual a água penetra no solo, através da superfície (Bernardo, 1989), sendo calculada pela fórmula :

$$VI = aT^n \quad (04)$$

Sendo:

VI = velocidade de infiltração (cm/min);

a , n = parâmetros que depende do tipo de solo;

T = tempo (min).

O conhecimento do processo de infiltração e de suas relações com as propriedades do solo é de grande importância para o eficiente dimensionamento e manejo de projetos de irrigação e conservação do solo. As informações obtidas através dos testes de infiltração permitem determinar, entre outros parâmetros, o comprimento e espaçamento entre sulcos, o tempo de irrigação, perdas de água que ocorre durante as irrigações, além de alternativas de manejo correto da irrigação e conservação do solo (Eltz et al. 1984). Reichardt (1985), afirma que a velocidade de infiltração e duração desse processo determinam a capacidade efetiva de armazenamento da água do solo, sendo esta propriedade de suma importância no uso de água pelas plantas

Duley, citado por Daker (1954), estudou os fatores superficiais que influem no processo de infiltração da água através do perfil do solo. Concluiu que a rápida diminuição da infiltração em solos expostos, é devido á formação de uma pequeníssima camada superficial de solo compacto, através da qual a água só consegue passar muito

vagarosamente; o que seria causado pela ação da água que escorre sobre a superfície. Edwards e Larson (1969), estudando um solo limo-barrento constataram que a velocidade de infiltração foi reduzida em 50% após duas horas de chuva simulada, em decorrência da formação desta camada de baixa permeabilidade.

Hillel (1971), diz que a velocidade de infiltração da água no solo é relativamente alta no início do processo, decrescendo gradativamente com o tempo, tendendo normalmente a um regime assintótico estável, chamado "regime final" ou velocidade de infiltração básica (VIB), quando a intensidade de infiltração se mantém praticamente constante.

Segundo Hillel (1971) e Scardua (1974), em solos com grandes perfis isotropicos e estrutura estável a velocidade de infiltração básica é aproximadamente igual a condutividade hidráulica do solo saturado. Trabalhos mais recentes, de Miller e Richards, citados por Forsythe (1975), constataram que a condutividade hidráulica é o limite mínimo da velocidade de infiltração do solo saturado.

Bernardo (1977), diz que o valor da VIB de um solo é fator de grande importância para a irrigação, pois é ela que determina o comportamento do sulco ou faixa de irrigação superficial, bem como a intensidade de precipitação máxima permitida por aspersão.

Conforme Dixon, citado por Camargo (1976), as variações da velocidade de infiltração são comumente observadas não só entre os diferentes métodos de determinação, mas também entre os diferentes tipos de solo, ou ainda, dentro de um mesmo tipo de solo, visto que são vários fatores que atuam sobre o fenômeno. Para que os resultados obtidos sejam de máxima utilidade, deve-se usar nas medições de infiltração o método que melhor se adapte ao sistema de irrigação usado, pois muitas vezes os métodos empregados são pouco coerentes com o método de irrigação, apresentando, conseqüentemente, resultados de baixa precisão.

De acordo com Lombardi Neto et al. (1988), a cobertura morta diminui o volume e a velocidade do escoamento superficial, em virtude do menor selamento provocado por agentes externos na superfície do solo e por formar barreiras físicas, o que aumenta a infiltração e diminui as perdas de água.

Pruski (1993), desenvolveu modelo físico-matemático com o qual é possível, conhecendo-se a velocidade de infiltração básica da água no solo, determinar a lâmina de

escoamento superficial e altura recomendada para terraços em localidades onde a relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação é conhecida. A maior dificuldade para a aplicação do modelo, está na determinação da velocidade de infiltração da água no solo de uma forma confiável, uma vez que essa é influenciada pelo processo de selamento superficial, decorrente de precipitações sobre o solo.

2.3.9 - Condutividade Hidráulica

A condutividade hidráulica (K_0) é o coeficiente de proporcionalidade entre a densidade de fluxo e o gradiente hidráulico. É a propriedade do solo que descreve sua capacidade em transmitir água; sendo afetada por vários fatores como a textura do solo, porosidade e distribuição do tamanho dos poros, viscosidade da água, grau de saturação e sais dissolvidos na água (Carvalho, 2000).

Mason et al. (1957), trabalharam em um grande número de amostras, analisando a condutividade hidráulica saturada, percentagem de microporos e densidade global, classificadas de acordo com uma umidade de manejo, textura e horizontes. Constataram uma correlação positiva e consistente entre a condutividade hidráulica e macroporosidade; e uma correlação negativa de pequena magnitude entre a condutividade hidráulica e a densidade global.

Segundo Palacios (1969), Hillel (1971) e Scardua (1974), verificaram em solos com perfis isotrópicos e estrutura estável, que a velocidade de infiltração básica é aproximadamente igual a condutividade hidráulica do solo saturado. Segundo Palacios (1969), a taxa de infiltração básica é aproximadamente igual à condutividade hidráulica, porém um cálculo mais aproximado se obtém quando se considera a profundidade de umedecimento e a pressão capilar do solo nesta profundidade.

Nielsen et al. (1973), realizaram estudos de campo para determinar o tipo de magnitude da variação espacial, de vários parâmetros físicos do solo, a fim de determinar a viabilidade das equações de fluxo de água no solo e também para verificar se há correlação entre os parâmetros físicos. Concluíram que um simples tensiômetro é adequado para

calcular a condutividade hidráulica através de curvas características do solo em condições de campo.

De acordo com o U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering a condutividade hidráulica varia com a textura do solo, conforme a Tabela 3 (Carvalho, 2000).

Tabela 3 – Condutividade hidráulica saturada para diferentes texturas de solos.

| Classe Texturais de solos | Condutividade Hidráulica Saturada (cm/h) |
|----------------------------------|---|
| Areia | > 0,2 |
| Silte | 0,1 – 0,2 |
| Franco | 0,05 – 0,1 |
| Argiloso | 0,01- 0,05 |
| Argila | < 0,01 |

Em solos saturados arenosos de estrutura estável, a condutividade hidráulica é geralmente constante sendo mais ou menos da ordem de 10^{-2} a 10^{-3} cm/seg. Em solos argilosos saturados varia entre 10^{-4} a 10^{-7} cm/seg. Embora se assuma que a condutividade hidráulica dos solos saturados seja constante, em muitos solos devido aos diferentes fenômenos biológicos e físico-químicos que ocorrem, a condutividade hidráulica pode mudar a medida que a água flui no solo e assim não irá permanecer constante (Carvalho, 2000).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1. – Condições ambientais da área de estudo - Caracterização da área

3.1.1- Localização

O estudo foi conduzido no município de Campina Grande no assentamento rural denominado “Paus Branco” na microbacia hidrográfica do Riacho São Pedro, localizado na Região Fisiografia “Borborema Oriental”, da microregião homogênea do Cariri Paraibano. Está localizada entre as coordenadas geográficas 7° 24' e 7° 22' de Latitude Sul e 36° 00' e 36° 03' de Longitude Oeste de W.G. (IBGE, 1993). A microbacia ocupa uma área total de 2.309,70 hectares. A figura 2 mostra a localização da área no município de Campina Grande

3.1.2 Clima

O clima da microrregião do Cariri Paraibano é do tipo semi-árido de acordo com a classificação proposta por Hargreaves (1975), apresentando alto nível de radiação, pequena variação de temperatura do ar ao longo do dia, umidade relativa média anual de 50% e evaporação média anual de 2000mm. A temperatura média da região é elevada variando entre 26 e 28° C o que produz grandes perdas de água por evaporação nos açudes e por evapotranspiração (IBGE, 1993). De acordo com Carvalho (1991), a região semi-árida do Nordeste do Brasil está caracterizada por baixos índices pluviométricos com chuvas em um único período de 3 a 5 meses, variando as médias anuais de 400 a 800 mm. A presença de chuvas intensas e concentradas caracterizam uma alta taxa de transporte de sedimentos.

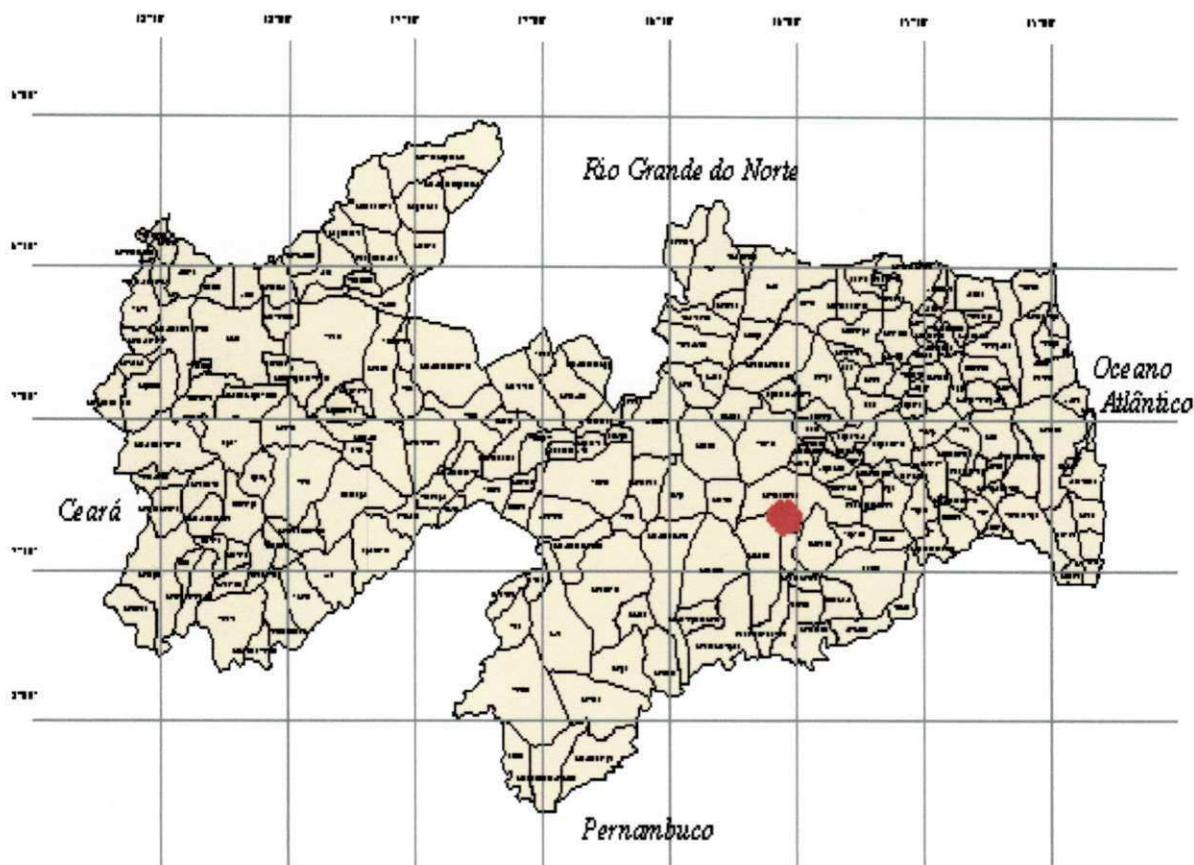


Figura 2 – ● Localização da Microbacia do Riacho São Pedro no Município de Campina Grande – PB, Brasil.

3.1.3- Solos

Os solos da região se caracterizam por serem rasos e, quase sempre, pedregosos. Os tipos de solos encontrados na região são comumente: Aluvial, Planossolos, Cambissolos e Regossolos (Cavalcante et al. 2001).

Os **ALUVIAIS** são solos pouco desenvolvidos, moderadamente a bem drenados, profundos, argilosos, silte-argilosos ou de textura média, brunados, acinzentados, amarelados ou vermelho-amarelados, sem diferenciação aparente de horizontes (camadas estratificadas) e desprovidos de horizonte sub-superficial com evidência de acumulação de

argila. Podem apresentar propriedades muito variáveis, devido serem provenientes de sedimentos aluviais e por se apresentarem pouco evoluídos.

Na zona semi-árida do Nordeste, os Solos Aluviais, por oferecerem melhor condição de umidade, além de boa potencialidade, são dos mais importantes para a região, não só pelo uso de várias culturas sob irrigação, como também pelas culturas dependentes de chuva, como milho, feijão e algodão (Oliveira et al., 1992).

Os **PLANOSSOLOS** se caracterizam por apresentarem horizonte A agricultável em transição abrupta para o B textural (Bt), imperfeitamente a mal drenado. Na sua maioria, apresentam altos valores de soma e de saturação por bases, além de apreciáveis quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que lhe confere importante capacidade nutricional. Porém, o grande adensamento do horizonte Bt pode ser tão intenso que dificulta a drenagem interna da água. Apesar dessas restrições, tais solos são muito usados com pastagem.

Os **CAMBISSOLOS** apresentam diversidade de características, em função do material de origem. Na área de estudo são desenvolvidos de rochas graníticas, sendo rasos a pouco profundos, daí o caráter CAMBISSOLO Léptico. São eutróficos, textura média, com boa reserva de nutrientes para os cultivos. Suas principais restrições recaem na pequena profundidade e na elevada susceptibilidade à erosão.

Os **REGOSSOLOS** Compreende solos pouco desenvolvidos, de seqüência de horizontes AC, arenosos, medianamente profundos, derivados principalmente de granito, com teores expressivos de feldspato alcalino nas frações areia e/ou cascalho, sendo este um dos principais aspectos que os distinguem das Areias Quartzosas. São Eutróficos ou distróficos, com ou sem fragipan na parte inferior do perfil e excessivamente drenados a bem drenados.

O horizonte A normalmente é fraco e possui de 20 a 35 cm, podendo compreender A₁ e A₃. Quanto à coloração, o solo úmido é bruno-acinzentado-escuro, bruno-escuro ou bruno-amarelado, com matiz 10YR, valor 3,5 a 5 e croma 2 a 4; quando seco, varia de bruno-acinzentado, bruno-claro-acinzentado a cinzento-claro, com matiz 10YR, valor 5,5 a 7 e croma 1,5 a 3.

O horizonte C tem profundidade bastante variável, sendo normalmente de 80 a 150 cm na maioria dos perfis. Pode compreender C₁, C₂ e C₃. O horizonte C₂ situa-se principalmente

entre as profundidades de 40-70 cm a 80-120 cm e suas propriedades podem ser tomadas como representativas do horizonte C e do próprio regossolo em estudo. O fragipan, quando presente, corresponde preferencialmente ao C₃ e mais raramente ao C₂.

3.1.4 Relevo

O relevo da região é típico de superfícies de pediplanação. De acordo com os conceitos da SBCS (Lemos e Santos, 1996), se apresenta predominantemente suave ondulado (com declividade entre 3 e 8%), com partes planas (0-3% de declividade) e partes onduladas (8-20% de declividade).

Segundo dados da ABEAS (1997a) o relevo da região nordestina compõe-se de amplas planícies ou baixadas litorâneas e vales baixos, geralmente inferiores a 500m de altitude.

3.1.5 Vegetação

A vegetação dominante é a caatinga, de predominância xerófica, que está organizada para suportar os longos período de seca, graças as reservas de substância nutritivas e hídricas das raízes. Nos conceitos do atual CNPS da EMBRAPA (Jacomine et al, 1972), verifica-se que a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila intermediária para hipoxerófila; apresentando as seguintes espécies: baraúna, pereiro, caatingueira, umbuzeiro, umburana, juazeiro, facheiro, pinhão, aroeira, angico, jurema, entre outras.

Segundo ABEAS (1997a) o domínio das caatingas está compreendida entre 2^o 54'S a 17^o 21' S, compreendendo quase que toda a área dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, todo Sudoeste do Piauí, a maior parte do interior da Bahia e parte de Minas Gerais.

3.1.6 Hidrografia

A microbacia do Riacho São Pedro pertence à grande bacia do rio Paraíba, um dos mais importantes do Estado. No que tange a hidrologia, é pobre em seus amplos aspectos, de maneira que as condições hídricas são insuficientes para sustentar os rios caudalosos que se mostram perenes nos longos períodos de ausência de precipitação.

Segundo informações da ABEAS (1997b) os rios e lagos do semi-árido são irregulares, de características intermitentes, onde a água superficial desaparece durante o período de estiagem. A paisagem dos rios e lagos temporários onde a presença da água superficial é mais permanente ao longo do ciclo hidrológico, apresenta um período de seca estacional bem marcado.

3.1.7 Aspectos sócio-econômicos

Alguns aspectos gerais e de importância, que caracterizam a microbacia como um todo, são: baixa produtividade das culturas; reduzidas opções de cultivos (97 % ocupado com milho e feijão); baixa tecnologia utilizada em sementes, conservação do solo, controle fitossanitário e aproveitamento dos recursos naturais; reduzida, limitada e irregular disponibilidade de recursos hídricos; cultivo de lavouras temporárias em áreas inaptas; possíveis elevados níveis de salinidade na maioria dos solos e na água; predominância da bovinocultura sobre a caprinocultura; reduzida área de preservação natural, o que implica na perda da biodiversidade (diminuição da fauna, flora e recursos hídricos). Este aspecto é de fundamental importância para assegurar a sobrevivência de uma família camponesa, num ambiente sujeito à seca, deve envolver o empenho doméstico para minimizar a falta de produtividade e garantir as formas de subsistência.

Segundo ABEAS (1997b) o semi-árido brasileiro, onde predomina a pecuária hiper-extensiva, o grande proprietário acumula reservas quando as condições climáticas são

favoráveis e, em caso contrário, transfere o rebanho para áreas mais amenas. Já os pequenos produtores praticam uma agricultura de subsistência que, no semi-árido paraibano, está representada por milho, mandioca, feijão, e arroz; que representam a principal fonte de renda e de alimentação para a comunidade rural

3.2 - Material - Área Experimental

3.2.1 – Toposseqüência

Na área em estudo foi selecionada uma toposseqüência que melhor representa-se às áreas onduladas da bacia, onde foram perfilados seis pontos equidistantes para caracterização. Estes locais foram identificados como Pontos de Amostragem, com as seguintes denominações:

- P₁ – Base da toposseqüência (próxima a barragem subterrânea)
- P₂ - Vegetação nativa pouco densa
- P₃ - Vegetação nativa densa
- P₄ - Vegetação nativa com alteração
- P₅ - Área sem vegetação
- P₆ - Topo de toposseqüência

A toposseqüência apresenta um comprimento longitudinal de 300m e uma diferença de nível de 23 m, o que representa uma declividade média de 7,7%.

A Figura 03 mostra o traçado planoaltimétrico da toposseqüência estudada (com as curvas de nível) e a Figura 04 apresenta uma seção transversal da mesma. Em ambas estão assinalados os Pontos de Amostragem.

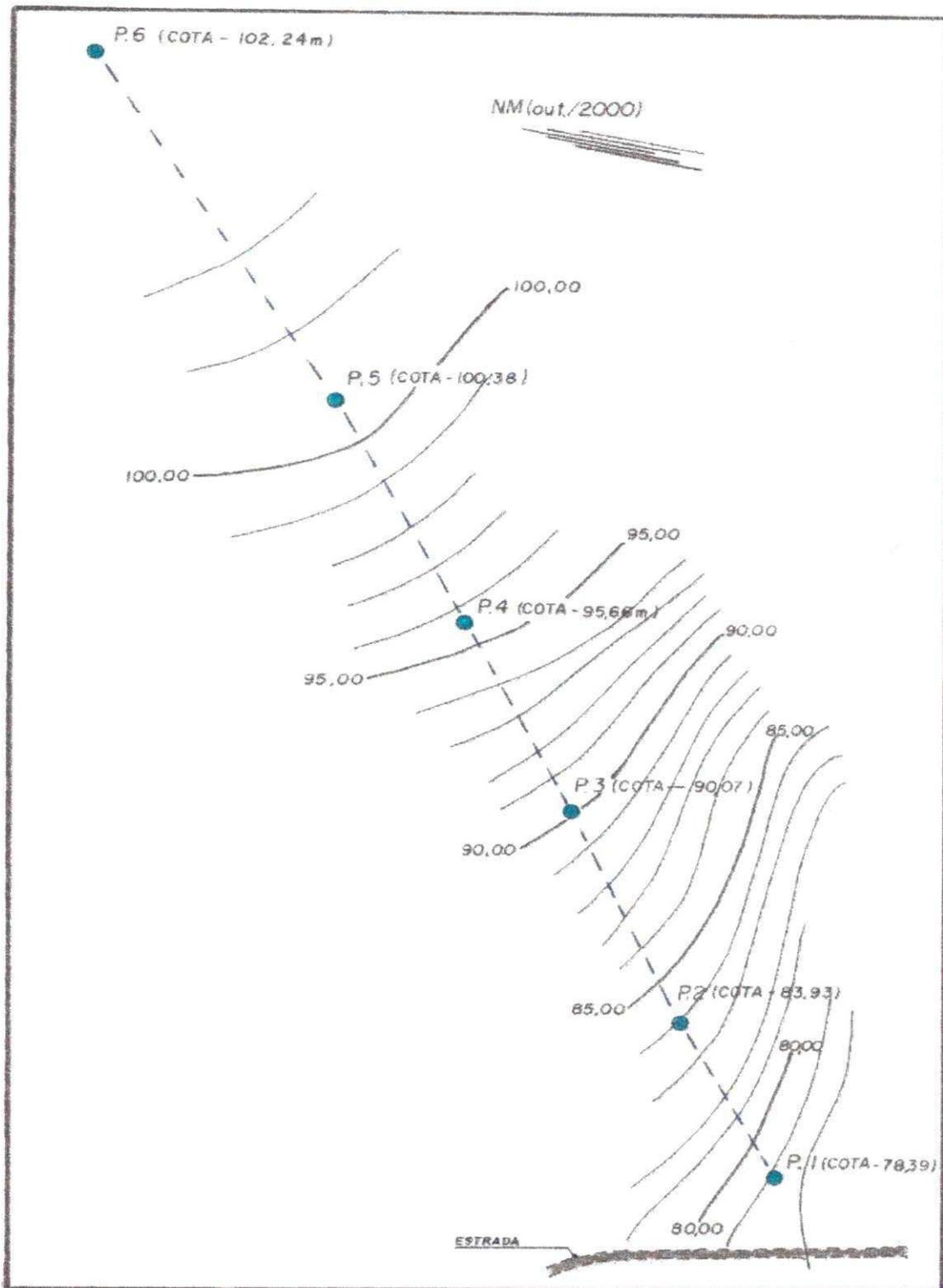


Figura 3 – Traçado planoaltimétrico da topossequência estudada, com as curvas de nível e os Pontos de Amostragem.

3.2.2- Metodologia

3.2.2.1- Descrição dos perfis

Em cada Ponto de Amostragem abriu-se uma trincheira de 1x1x1m e realizou-se uma descrição do perfil de solo. A descrição dos perfis obedeceu os critérios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1996) e a classificação dos solos está de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

No Ponto de Amostragem P₅, considerado o mais representativo, foi efetuada uma coleta de amostras para análise física e química do perfil.

3.2.2.2- Caracterização Físico - Hídrica do solo

Em cada Ponto de Amostragem foram realizados testes de infiltração com três repetições.

Para as demais análises e estudos de laboratório, em cada desses pontos, foram retiradas amostras nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60cm; sendo:

- a) Quatro amostras perturbadas
- b) Dezesesseis amostras não perturbadas (com o cilindro de Uhland) para determinação da densidade global e da condutividade hidráulica.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em Campina Grande para determinação das seguintes propriedades: textura, densidade global, porosidade total, curva de retenção da água do solo, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível para as plantas.

A **textura** foi determinada pelo Método do Hidrômetro segundo recomendação de Bouyoucos (1951), utilizando como dispersante o hidróxido de sódio 1N. A **densidade global** foi determinada pelo Método do Cilindro de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1979). A **porosidade total** foi determinada pela relação entre a densidade global e a densidade das partículas do solo através da equação Veihmeyer citada por Black (1965), sendo que para a densidade das partículas usou-se o valor padrão

($2,65 \text{ g/cm}^3$) recomendado pela Sociedade Internacional de Ciência de Solos. A **curva de retenção da água do solo** foi determinada através do Método do Extrator de Umidade de Reichardt utilizando amostras deformadas e analisadas no laboratório usando tensões de 100 - 330 - 500 - 750 - 1000 - 3000 - 5000 - 10000 - 15000 centímetro de coluna de água, segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1979). As curvas de retenção foram ajustadas utilizando o modelo de van Genutchen.(van Genutchen, 1980) e com o auxílio do Software SWCR (versão 1.00) foram construídas as curvas características de umidade com os valores das tensões expressos em centímetro de coluna de água.

Para determinação da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente adotou-se as tensões de 330 e 15000 centímetros de coluna de água, respectivamente. A **água disponível para as plantas** foi determinada pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, de acordo com Reichardt (1987).

A **infiltração** foi determinada no campo através do método do cilindro infiltrômetro constituído de dois cilindros concêntricos de 40 e 60 cm de diâmetro; para instalação e condução do ensaio seguiu-se o procedimento descrito por Bernardo (1989) com uma altura da lâmina d'água permanente nos cilindros de 10 cm permitindo uma oscilação máxima de 3 cm. A Figura 4 mostra um croqui do equipamento utilizado.

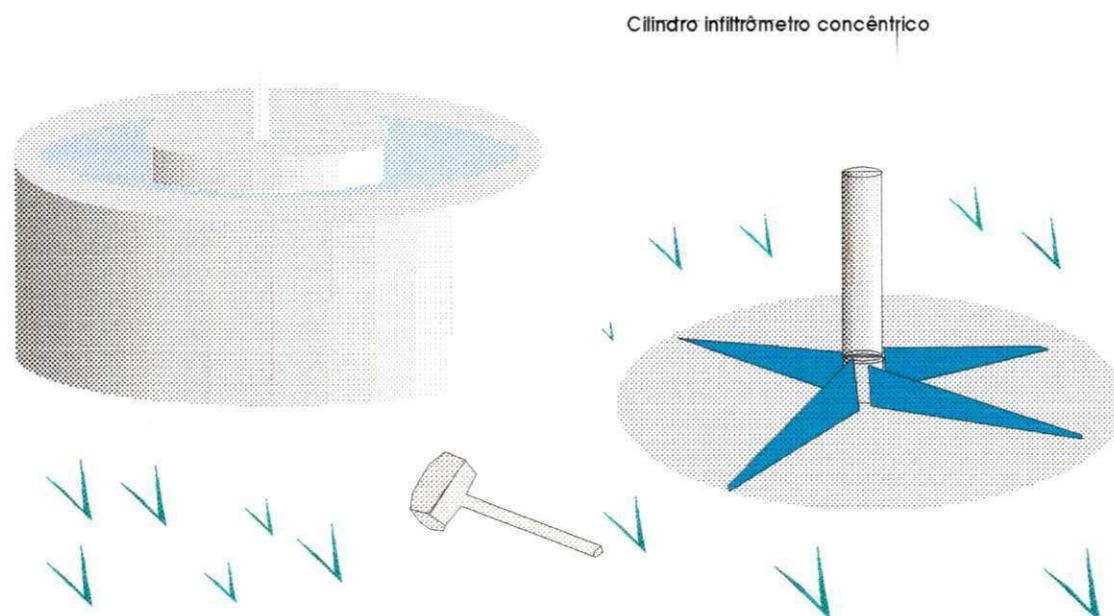


Figura 4 - Cilindro infiltrômetro concêntrico

Os dados foram ajustados através de regressões matemáticas e a velocidade de infiltração básica foi determinada através da seguinte equação:

$$VIB = an[AB5(n-1)600]^{n-1} \quad (05)$$

donde:

AB 5 = Valores absolutos de (n-1)

A condutividade hidráulica foi determinada através do método do Permeâmetro de carga variável, segundo citado por Carvalho (2000):

$$k_0 = \left[\frac{axLx60}{Ax\Delta T} \right] X \ln \left[\frac{H_i}{H_f} \right] \quad (06)$$

Donde:

k_0 = Condutividade Hidráulica, em cm/h;

a = Área da coluna de vidro que fornece a carga variável de água;

L = Comprimento do corpo de prova, em cm ;

A = Área do corpo de prova, em cm^2 ;

ΔT = Intervalo de tempo, em min;

H_i = Altura da água na coluna de vidro no tempo T_1 , em cm;

H_f = Altura da água na coluna de vidro no tempo T_2 , em cm;

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – SOLOS ESTUDADOS

A Figura 5 apresenta um perfil topográfico dos pontos de amostragem dos solos da topossequência estudada, a qual está detalhada no item 3.2 (Material e Métodos).

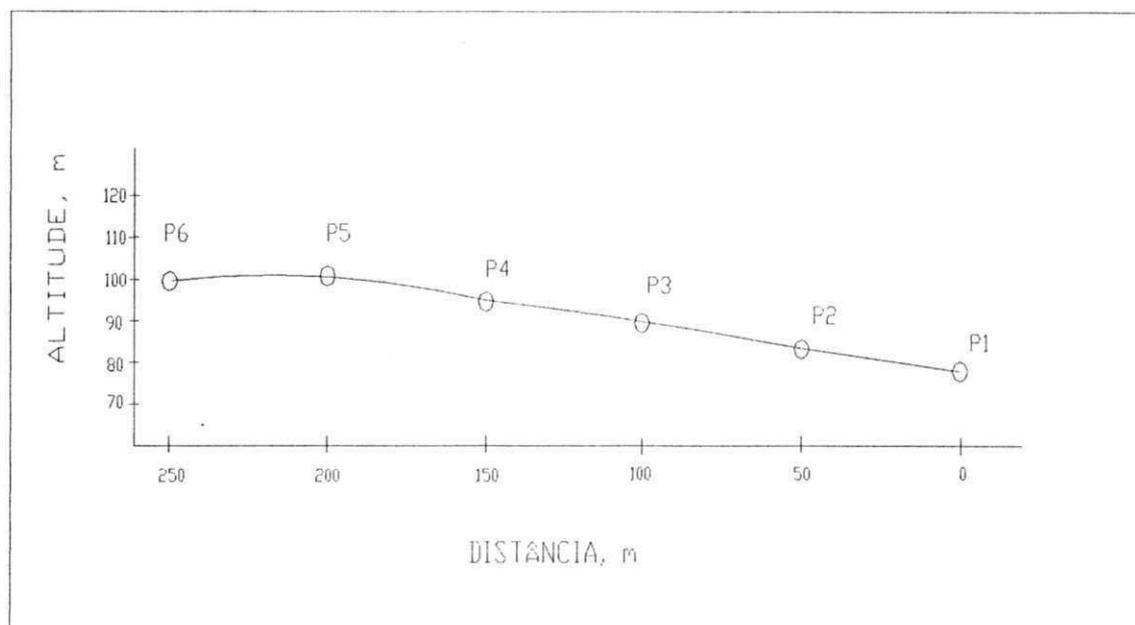


Figura 5 – Perfil topográfico da topossequência

A descrição dos perfis permitiram identificar os seguintes solos:

- P₁ Aluvial – (A);
- P₂ Planossolo – (PL);
- P₃ Cambissolo Tb léptico – (C);
- P₄ Cambissolo Tb léptico – (C);
- P₅ Cambissolo Tb léptico – (C);
- P₆ Cambissolo Ta “plânico” – (C).

Todos possuem tipo de horizonte A, geralmente A fraco, às vezes A moderado. Quanto à fase de vegetação, com exceção dos Aluviais, que são fase caatinga de várzea, todos os demais são fase caatinga hiper/hipoxerófila.

4.1.1 – Descrição Morfológica dos Perfis de Solos

Em cada ponto de amostragem foi efetuado descrição morfológica dos perfis, obedecendo, até 60 cm, as mesmas espessuras adotadas no trabalho (00-15, 15-30, 30-45, 45-60). Foram autores dessas descrição: Antonio Cabral Cavalcanti, Lovania Maria Werlang e Aristóteles Teixeira de Jesus Filho.

PERFIL N°- 01 (P₁)

CLASSIFICAÇÃO: **ALUVIAL** “pouco profundo endoplânico” A moderado textura média, fase caatinga hipoxerófila de várzea relevo plano

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície plana de terraço fluvial com 0-2% de declividade, no limite para o embasamento cristalino.

ALTITUDE: 79m

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Sedimentos fluviais do Holoceno (Quaternário) sobre rochas gnáissicas do Pré-Cambriano).

MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos variados de textura média e siltosa sobre rochas intemperizadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente.

ROCHOSIDADE: Ausente.

RELEVO REGIONAL: Plano.

EROSÃO: Laminar ligeira

DRENAGEM: Moderada/imperfeita

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila/hipoxerófila de várzea com baraúna, aroeira, angico, juazeiro, catingueira, entre outras

USO ATUAL: Cultura de milho, feijão, sorgo, batata, melancia, jerimum, etc.

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

Ap - 0 -15 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido); franco argiloarenosa; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

2C₁ - 15 - 30 cm; bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); franco argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

3C₂ - 30 - 45 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido); franco; fraca a moderada média blocos subangulares; duro, firme, plástico e pegajoso; transição abrupta e ondulada.

4C₃ - 45 - 60 cm; bruno escuro (10YR 4/3, úmido); franco argiloarenosa; fraca média blocos subangulares; muito firme, muito plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

4C₄ - 60 - 80 cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido); franco argiloarenosa; fraca média blocos subangulares; muito firme, muito plástico e pegajoso; transição abrupta e ondulada.

CR - 80-100 cm+; gnaisse semi-intemperizado.

RAÍZES: Raízes finas no horizonte Ap; poucas até o 3C₂.

OBSERVAÇÃO: Até a profundidade de 45cm o material de origem é representado por sedimentos fluviais, o qual está assentado em material alterado do gnaisse, gerando o B plânico.

PERFIL N°- 02 (P₂)

CLASSIFICAÇÃO: PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície típica de pediplano com 5-8% de declividade.

ALTITUDE: 84m.

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Rochas gnáissicas ácidas, do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Material retrabalhado proveniente de alteração das rochas supra citadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente no local, com pouca pedregosidade superficial na área desses solos.

ROCHOSIDADE: Pequena ocorrência de rochosidade na área desse solo, em cerca de 5% da superfície.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar moderada

DRENAGEM: Imperfeita

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hipoxerófila/hiperxerófila com baraúna, pereiro, pinhão, umburana, caatingueira, umbuzeiro, facheiro, entre outras

USO ATUAL: Pastagem natural.

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

A - 0 - 15+ cm; bruno escuro (7,5YR 3/3, úmido); franco arenosa; fraca, média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada .

Bt₁ - 15 - 30 cm; bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido); franco-argiloarenosa; fraca a moderada média e grande blocos angulares e prismática; extremamente duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bt₂ - 30 - 45 cm; bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido); franco argilosa; fraca a moderada média e grande blocos angulares e prismática; extremamente duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e ondulada.

BC - 45 - 60 cm; bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), franco argilosa; fraca a moderada média e grande blocos angulares e prismática; extremamente duro, muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e ondulada.

CR - 60-70 cm +; Rocha semi-intemperizada.

RAÍZES: Muitas raízes finas, comum a presença de raízes médias no A. Finas no Bt; poucas no BC e ausentes no CR

OBSERVAÇÃO: Solo com as seguintes restrições de uso: pequena espessura do horizonte A de elevada susceptibilidade à erosão, assente sobre um Bt plânico, extremamente coeso, com drenagem imperfeita.

PERFIL N°- 03 (P₃)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico (pouco profundo)
A fraco textura média fase caatinga hiper/hipoxerófila relevo suave ondulado.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície de pediplano com 5-8% de declividade.

ALTITUDE: 90m.

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Rochas graníticas do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Material retrabalhado proveniente de alteração das rochas supra citadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ocorrência de rochosidade na área desse solo, cobrindo cerca de 5% da superfície

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

EROSÃO: Laminar moderada

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hipoxerófila/hiperxerófila com baraúna, aroeira, angico, caatingueira, juazeiro, facheiro, entre outras

USO ATUAL: Pastagem natural

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

A - 0 -15 cm; bruno escuro (10YR 3/3, úmido); franco argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₁ - 15 - 30 cm; bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido); franco argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

Bi₁₂ - 30 - 45 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); franco argilo-arenosa com cascalho; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

BC - 45 - 60 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); franco argilo-arenosa cascalhenta; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

CR - 60 - 70cm + rocha semi-intemperizada.

RAÍZES: Muitas raízes finas até o horizonte BC.

OBSERVAÇÃO: Presença de material primário no horizonte Bi e, em maior quantidade, no BC.

PERFIL N^o- 04 (P₄)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico (pouco profundo)

A fraca textura média fase caatinga hiper/hipoxerófila relevo suave ondulado.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície de pediplano com 5-8% de declividade.

ALTITUDE: 96 m.

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Rochas graníticas do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Material retrabalhado proveniente de alteração das rochas supra citadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ocorrência de rochosidade na área desse solo, cobrindo cerca de 5% da superfície

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar moderada

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila/hipoxerófila com baraúna, aroeira, angico, caatingueira, juazeiro, facheiro, entre outras

USO ATUAL: Pastagem natural

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

A - 0 - 15 cm; bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₁ - 15 - 30 cm; bruno forte (7,5YR 4/5, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₂ - 30 - 45 cm; bruno forte (7,5YR 4/5, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

BC - 45 - 60 cm; bruno forte (7,5YR 4/5, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

CR - 60-70cm+ rocha semi-intemperizada.

RAÍZES: Muitas raízes finas até o BC.

OBSERVAÇÃO:

Solo intermediário para NEOSSOLO REGOLÍTICO Psamítico.

PERFIL N°- 05 (P₅)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico (pouco profundo)

A fraco textura média fase caatinga hiper/hipoxerófila relevo suave ondulado.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície de pediplano com 5-8% de declividade.

ALTITUDE: 100m.

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Rochas graníticas do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Material retrabalhado proveniente de alteração das rochas supra citadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente

ROCHOSIDADE: Ocorrência de rochosidade na área desse solo, cobrindo cerca de 5% da superfície

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar moderada

DRENAGEM: Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila/hipoxerófila com baraúna, aroeira, angico, caatingueira, juazeiro, facheiro, entre outras

USO ATUAL: Pastagem natural

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

A - 0 -15 cm; bruno escuro (7,5YR 3/4, úmido) e bruno (7,5YR 5/4, seco); franco argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₁ - 15 -30 cm; vermelho amarelado (4YR 4/6, úmido) e vermelho amarelado (5YR 4,5/6, seco); franco argiloarenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₁₂ - 30 -45 cm; vermelho (3,5YR 4/8, úmido) e vermelho amarelado (5YR 5/6, seco); franco argiloarenosa com cascalho; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi₁₂ - 45 -60 cm; vermelho (3,5YR 4/8, úmido) e vermelho amarelado (5YR 5/6, seco); franco argiloarenosa com cascalho; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

BC - 60 -80 cm; bruno forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo avermelhado (7,5YR 6/6, seco); franco argiloarenosa cascalhento; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara (10-20cm)..

CR - 90-100cm+ rocha semidecomposta.

RAÍZES: Muitas raízes finas até o BC.

OBSERVAÇÕES:

1) Presença de material primário no horizonte Bi e, em maior quantidade, no BC.

2) O horizonte BC representa uma mistura de solo do horizonte Bi com a camada rochosa semidecomposta.

3) Num lado da trincheira ocorre um bloco de rocha semidecomposta a 60 cm de profundidade.

Análise Química

| Características Químicas | Profundidade (cm) | | | |
|--|---------------------|------------|------------|------------|
| | 0 - 22 | 22 - 40 | 40 - 75 | 75 - 90 |
| Cálcio (meq/100g de solo) | 2,70 | 2,26 | 2,01 | 1,90 |
| Magnésio (meq/100g de solo) | 1,64 | 2,18 | 2,39 | 2,12 |
| Sódio (meq/100g de solo) | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,17 |
| Potássio (meq/100g de solo) | 0,40 | 0,06 | 0,04 | 0,66 |
| S (meq/100g de solo) | 4,82 | 4,58 | 4,55 | 4,85 |
| Hidrogênio (meq/100g de solo) | 0,00 | 1,81 | 1,73 | 1,60 |
| Alumínio (meq/100g de solo) | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| T (meq/100g de solo) | 4,82 | 6,49 | 6,38 | 6,55 |
| Carbonato de Cálcio Qualitativo | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |
| Carbono Orgânico % | 0,31 | 0,22 | 0,14 | 0,03 |
| Matéria Orgânica % | 0,53 | 0,28 | 0,24 | 0,05 |
| Nitrogênio % | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,003 |
| Fósforo Assimilável mg / 100g | 0,34 | 0,11 | 0,08 | 0,08 |
| pH H ₂ O (1:2,5) | 7,04 | 5,80 | 5,47 | 5,31 |
| pH KCl (1:2,5) | -- | -- | -- | -- |
| Condutividade Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água) | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,11 |
| pH (Estrato de Saturação) | 6,78 | 5,57 | 5,33 | 5,06 |
| Condutividade Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação) | 0,39 | 0,21 | 0,29 | 0,66 |
| Cloreto (meq/l) | 2,50 | 1,75 | 2,50 | 6,25 |
| Carbonato (meq/l) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bicarbonato (meq/l) | 1,70 | 1,00 | 0,70 | 0,60 |
| Sulfato (meq/l) | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |
| Cálcio (meq/l) | 0,37 | 0,25 | 0,37 | 0,50 |
| Magnésio (meq/l) | 1,50 | 1,00 | 1,13 | 2,00 |
| Potássio (meq/l) | 0,58 | 0,08 | 0,04 | 0,12 |
| Sódio (meq/l) | 1,46 | 0,96 | 1,46 | 3,76 |
| Porcentagem de Saturação | 20,00 | 18,00 | 20,00 | 20,66 |
| Relação de Adsorção de Sódio | 1,50 | 1,22 | 1,68 | 2,91 |
| PSI | 1,67 | 1,23 | 1,72 | 2,59 |
| Salinidade | Não Salino | Não Salino | Não Salino | Não Salino |
| Classe do Solo | Normal | Normal | Normal | Normal |

PERFIL N°- 06 (P₆)

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO Eutrófico “plânico” A fraco textura média (a argilosa) fase caatinga hiper/hipoxerófila relevo plano.

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Superfície típica de pediplano com 3-5% de declividade.

ALTITUDE: 102m.

LITOLOGIA E GEOLOGIA: Rochas gnáissicas ácidas, do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Material retrabalhado proveniente de alteração das rochas supra citadas.

PEDREGOSIDADE: Ausente no local, com pouca pedregosidade superficial na área desses solos.

ROCHOSIDADE: Pequena ocorrência de rochosidade na área desse solo, em cerca de 5% da superfície.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado e plano.

EROSÃO: Laminar moderada

DRENAGEM: Imperfeita

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hipoxerófila/hiperxerófila com baraúna, pereiro, pinhão, umburana, caatingueira, umbuzeiro, facheiro, entre outras

USO ATUAL: Culturas de palma, milho e feijão.

CLIMA: Semi-árido

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA:

Ap - 0 - 15 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); franco argilosa; fraca, pequena e média blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Bi - 15 - 30 cm; bruno avermelhado escuro (3,5YR 3/4, úmido); franco argilosa; fraca a moderada média blocos angulares; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bi - 30 - 45 cm; bruno amarelado escuro (9YR 3/4, úmido); franco argiloarenosa com cascalho; fraca a moderada média e grande blocos angulares e prismática; extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

C - 45 - 60 cm; bruno forte (7,5Y 5/6, úmido); franco arenosa com cascalho; fraca média blocos angulares; muito duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

Cr - 60 cm+; Rocha semi-intemperizada.

RAÍZES: Muitas raízes finas e comuns médias no Ap, comuns finas no Bi; poucas no C e ausentes no Cr.

OBSERVAÇÃO: Solo intermediário para PLANOSSOLO, ainda não registrado no SBCS.

4.1.2 – Considerações sobre os solos

De acordo com os Pontos de Amostragem, verifica-se na área estudada, um predomínio de Cambissolos Lépticos (pouco profundos), que ocorrem desde o terço médio até o topo da topossequência.

O ponto de amostragem P₁ apresenta um solo do tipo Aluvial (A), o qual é pouco profundo (45 cm), uma vez que está na borda do terraço fluvial, e se encontra assente sobre rochas cristalinas, formando B plânico.

No ponto de amostragem P₂, o solo é do tipo Planossolo “típico” (PL), solo pouco profundo, que se caracteriza por apresentar o horizonte superior (horizonte A) de textura franco arenosa ou franco argiloarenosa em transição abrupta para o horizonte B textural plânico, de textura mais argilosa e de condições físicas inadequadas. Apresentam estrutura prismática e em blocos angulares, extremamente duro, com limitações de drenagem agravado pela posição que ocupa na paisagem. Trata-se de um dos solos de maior ocorrência na zona semi-árida do Nordeste.

Os pontos de amostragens P₃, P₄ e P₅ fazem parte de uma área que tem os mesmos tipos de solos Cambissolos (C), só com algumas características diferentes. Todos se encontram numa área suavemente ondulada na parte média e superior da encosta da topossequência em estudo. Apresentam boa drenagem, porém comprometida pelo material de impedimento próximo da superfície. São solos com pouco grau de desenvolvimento com uma alta densidade e baixo teor de água disponível, textura franca arenosa. Os solos deste segmento da encosta apresentam uma tonalidade brunada e avermelhada. Ocorrência de rochoso em aproximadamente 5% da superfície.

A última posição da paisagem (P₆), no topo da topossequência estudada se encontra um solo do tipo Cambissolo, no qual o caráter plânico, deixa-o com condições físicas muito similares aos Planossolos.

Na topossequência estudada, o processo erosivo é ocasionado pelo escoamento superficial da água, proporcionada por uma vegetação arbustiva-arbórea pouco densa ou pela ausência de vegetação. Em virtude disso pode-se observar pequenos sulcos na superfície do solo no sentido do declive. Com referência ao teor de matéria orgânica e sua distribuição percebe-se que é quase inexistente

Como indicado por McClelland et al. (1959), a declividade da área estudada de certa forma deu origem a diferentes tipos de solos que certamente terão distintas características físico-hídricas.

4.1.3.- Características físico hídricas

4.1.3.1.- Textura do solo

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam as percentagens de areia, argila e silte para os seis pontos de amostragens estudados, respectivamente.

Tabela 4 - Conteúdo de areia (em %) para os solos estudados (medias de 3 repetições)

| Prof (cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 00-15 | 45,13 | 53,02 | 57,49 | 62,23 | 60,22 | 37,58 |
| 15-30 | 52,82 | 52,14 | 61,29 | 63,36 | 61,55 | 39,41 |
| 30-45 | 47,40 | 41,99 | 62,82 | 62,89 | 61,57 | 51,24 |
| 45-60 | 51,35 | 49,23 | 64,14 | 64,22 | 60,19 | 54,04 |
| Média | 49,18 | 49,10 | 61,44 | 63,18 | 60,88 | 45,54 |

Tabela 5 – Conteúdo de argila (em %) para os solos estudados (medias de 3 repetições)

| Prof (cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 00-15 | 25,88 | 25,54 | 21,78 | 19,07 | 21,75 | 36,79 |
| 15-30 | 21,71 | 27,67 | 23,11 | 19,06 | 19,08 | 34,77 |
| 30-45 | 22,41 | 35,11 | 22,46 | 18,41 | 20,11 | 23,90 |
| 45-60 | 21,77 | 25,63 | 23,14 | 19,08 | 19,09 | 19,14 |
| Média | 22,94 | 28,49 | 22,62 | 18,91 | 20,01 | 28,65 |

Tabela 6 – Conteúdo de silte (em %) para os solos estudados (medias de 3 repetições)

| Prof (cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 00-15 | 28,99 | 21,44 | 20,73 | 18,69 | 18,04 | 25,56 |
| 15-30 | 25,47 | 20,19 | 15,38 | 17,58 | 19,37 | 25,81 |
| 30-45 | 30,19 | 22,89 | 14,72 | 18,70 | 18,31 | 24,86 |
| 45-60 | 26,88 | 25,14 | 12,72 | 16,70 | 20,72 | 26,81 |
| Média | 27,88 | 22,42 | 15,89 | 17,92 | 19,11 | 25,76 |

A distribuição do tamanho das partículas nos solos estudados obedece aos diferentes processos pedogenéticos aos quais o material originário foi submetido, devido as características da topossequência. Em geral as percentagem de areia nos primeiros 15 cm de solo apresenta um aumento, enquanto a argila uma diminuição na parte da paisagem da topossequência onde a declividade é mais acentuada. Estes aumentos e diminuições de argila e areia ao longo da topossequência pode ter ocorrido devido a processos do tipo coluviamento durante a evolução da encosta.

Quanto ao material de origem de P₃ a P₅, aparentemente é homogêneo, haja visto os dados da análises granulométrica. Os valores elevados da relação silte /argila, encontrados na parte baixa da topossequência (P₁) se devem a redução drástica do conteúdo de argila, devido ao grande escoamento superficial causado nas épocas de chuvas. Observa-se uma diminuição do conteúdo de argila nos pontos de amostragens P₄ e P₅ (18,91 e 20,01) com relação aos demais pontos. Isto poderia ser explicado pela posição que os mesmos ocupam na topossequência, neste local foi observado a presença de sulcos de erosão a onde o material fino é transportado com facilidade em épocas de chuva.

4.1.3.2-- Densidade Global

A Tabela 7 apresenta a densidade dos solos estudados

Tabela 7 - Densidade global (g/cm³) para os solos estudados (médias de 3 repetições)

| Prof.(cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 00-15 | 1,19 | 1,34 | 1,76 | 1,83 | 1,70 | 1,65 |
| 15-30 | 1,38 | 1,33 | 1,85 | 1,83 | 1,81 | 1,55 |
| 30-45 | 1,23 | 1,53 | 1,95 | 1,84 | 1,84 | 1,80 |
| 45-60 | 1,30 | 1,49 | 1,97 | 1,82 | 1,90 | 1,75 |
| Média | 1,28 | 1,42 | 1,88 | 1,83 | 1,81 | 1,69 |

Os valores de densidade global apresentados na Tabela 3 mostram grandes variações entre os pontos de amostragem e entre profundidades. Essas variações são explicadas, em parte, pelas diferenças granulométricas dos horizontes, fruto da ação dos agentes de formação do solo e natureza da topossequência. Em geral, os valores de

densidade global encontrados para o solo Aluvial, de textura franca, e para os Cambissolos de textura franco argilo arenosa, estão dentro os valores reportados por Brady (1983) e Carvalho (2000).

Em geral, a densidade global diminui a medida que se desce na encosta, fato provavelmente devido ao aumento do material fino silte e argila no solo (Ver Tabelas 1 e 2) na mesma direção. Praticamente em todos os solos a densidade global aumenta com a profundidade do solo com exceção do Cambissolo do ponto de amostragem P₄.

Os Cambissolos dos pontos de amostragens P₃, P₄, P₅ apresentaram altos valores de densidade, isto pode ter ocorrido devido a posição que ocupam na paisagem, bem como pela estrutura desses horizontes, dos agentes cimentantes e pelas altas percentagens de areia que apresentam estes solos. Outro fator importante para estes altos valores da densidade global foi a presença de cascalho nestes pontos de amostragens.

4.1.3.3- Porosidade Total

A Tabela 8 mostra os valores de Porosidade Total para os seis pontos estudados.

Tabela 8 – Porosidade Total (em %) para os solos estudados (Médias de 3 repetições)

| Prof (cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 00-15 | 54,96 | 49,32 | 33,38 | 30,74 | 35,92 | 37,77 |
| 15-30 | 47,85 | 49,85 | 30,13 | 30,72 | 31,38 | 41,65 |
| 30-45 | 55,36 | 42,44 | 26,36 | 30,46 | 30,25 | 31,77 |
| 45-60 | 58,08 | 43,95 | 25,37 | 31,07 | 28,04 | 34,06 |
| Média | 54,24 | 46,39 | 28,81 | 30,74 | 31,39 | 36,31 |

Com exceção do solo aluvial e do Planossolo, cujas densidades estão de acordo com os dados reportados por Prevedello (1996), a porosidade total dos Cambissolos em estudo é baixa para algumas profundidades. Esses baixos valores de porosidade são consequência dos altos valores de densidade que apresentam estes solos. Outros fatores como o tipo de textura, solos poucos profundos, ausência de matéria orgânica, pouca vegetação, foram observados nos solos destes locais o que também pode afetar a porosidade. Como resultado dessas baixas porosidades e altas densidades globais, configura-se a ocorrência de

impedimento à drenagem livre nestes solos. Já nos pontos de amostragens P_1 e P_2 , a porosidade se encontra dentro de limites razoáveis para o desenvolvimento radicular das culturas e para o armazenamento de água.

Esses resultados estão de acordo com outros trabalhos já realizados em solos de semelhantes características (Miranda 1999, Andrade 1997).

4.1.3.4- Retenção de água no solo

As curvas de retenção de umidade de cada ponto de amostragem com seus respectivos tipos de solos são apresentadas nas figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10. Elas foram obtidas com base nos dados originais apresentados na **Tabela 1** no **Anexo I** e ajustadas de acordo com o modelo de van Genuchten (van Genuchten 1971).

Em geral observa-se uma diminuição da retenção de água pelo solo a medida que se desce na toposseqüência, aumentando novamente ao chegar a base desta. Isso está relacionado com os componentes texturais do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Afyuni et al. (1993) ao estudar uma toposeqüência com as mesmas características.

No topo e na base da toposseqüência estudada há uma maior percentagem de argila, como discutido anteriormente no item Textura do solo (4.1.3.1). Observa-se também uma diminuição da retenção de água com a profundidade do solo, com exceção de Planossolo (P_2) em que seu horizonte B contém uma alto teor de argila, maior que nos outros solos acima e assim a retenção de água é maior.

No ponto de amostragem P_4 quase não houve diferenças entre as curvas para as diferentes profundidades de solo, isto é elas têm o mesmo comportamento. Este fenômeno pode ser explicado devido ao fato de não haver diferença entre os componentes texturais, nas profundidades estudadas, ou seja, se comportarem mais ou menos com os mesmos teores de separados texturais ao longo do perfil analisado. Resultado semelhante foi encontrado por Barbosa (1995) ao estudar solos do agreste de Pernambuco e por Miranda (1999).

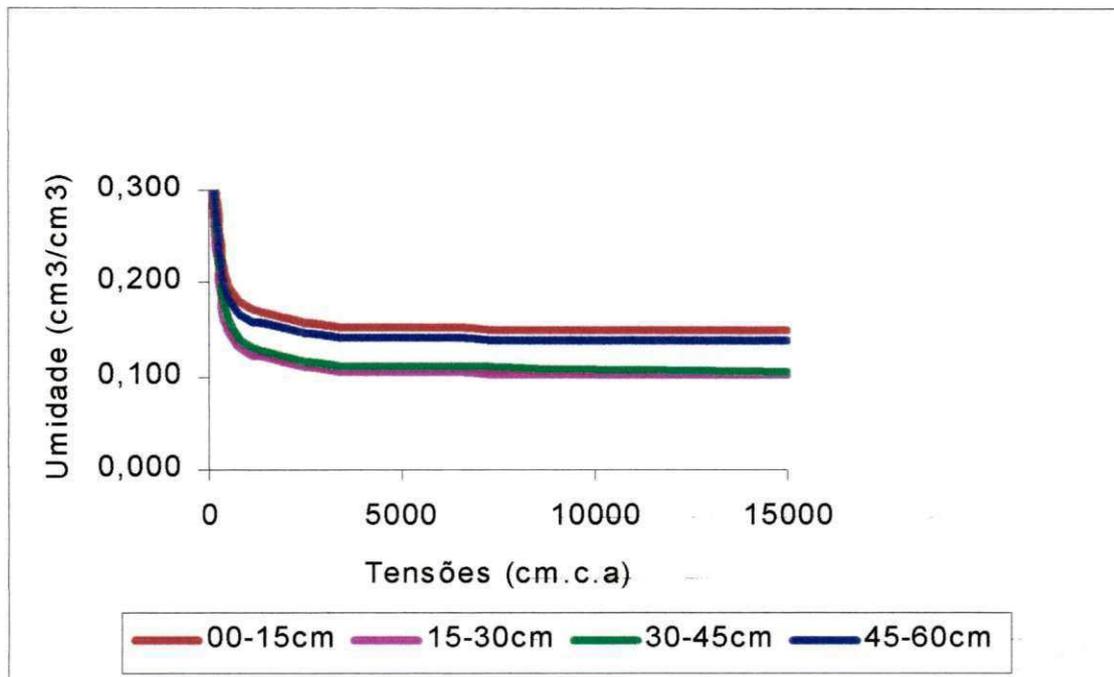


Figura 5 – Curva de Retenção da água do solo para o ponto P1.

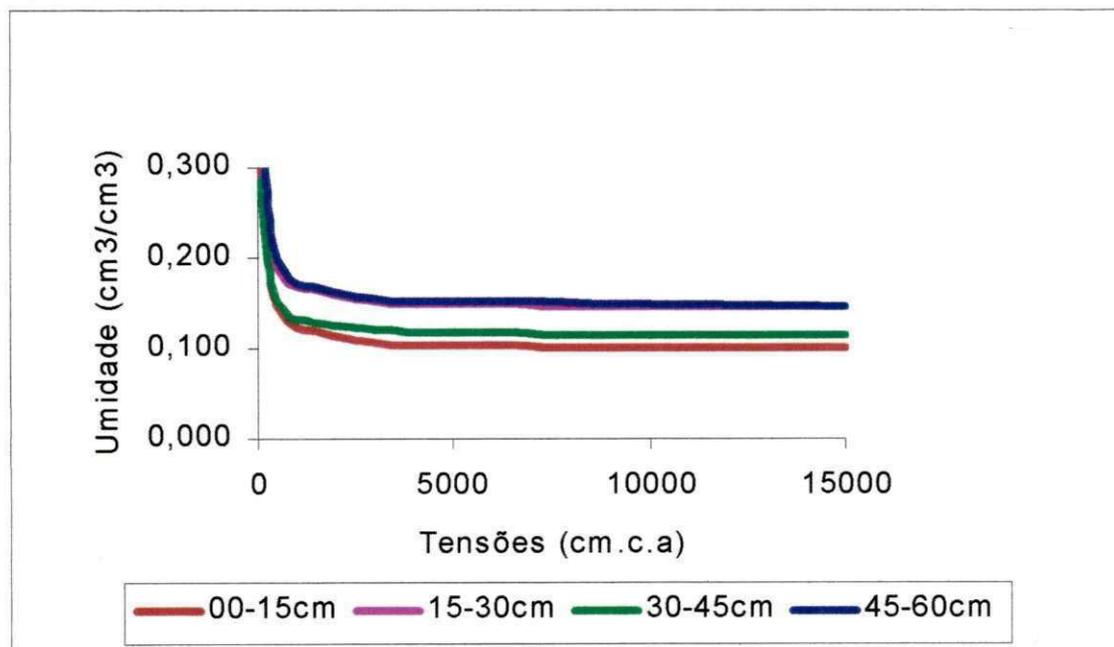


Figura 6 – Curva de retenção da água do solo para o ponto P2.

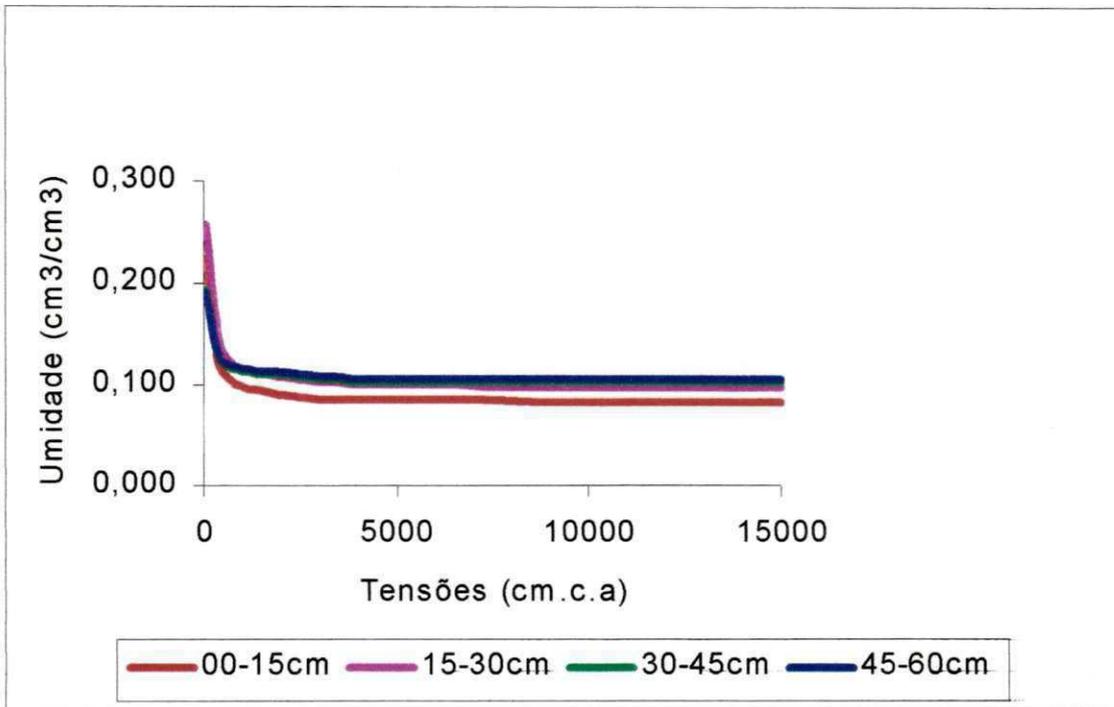


Figura 7 – Curva de retenção da água do solo para o ponto P3.

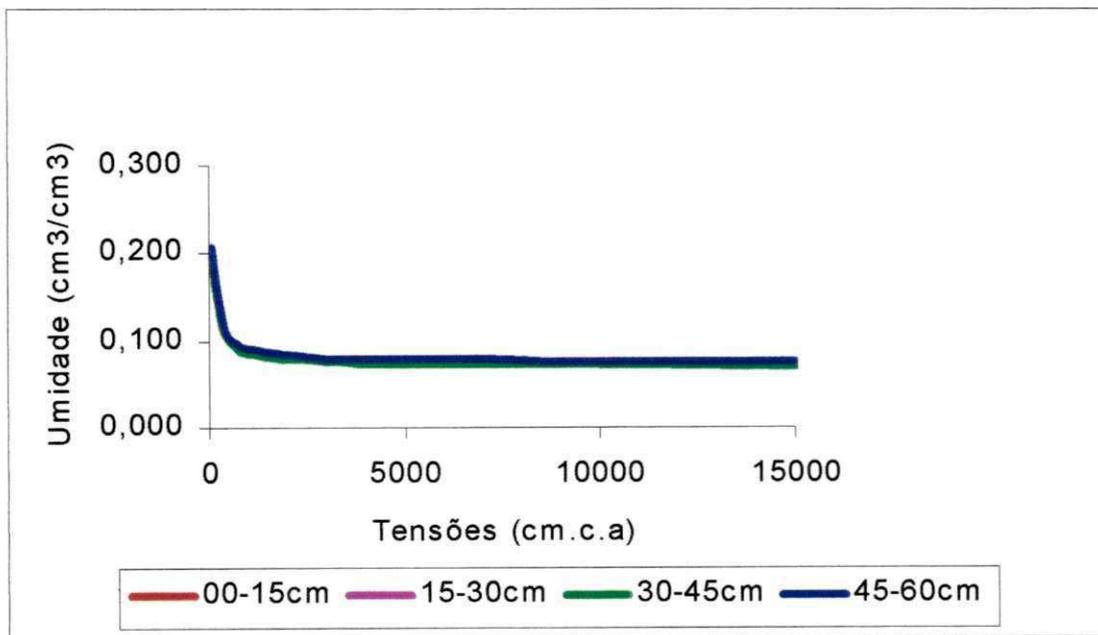


Figura 8 – Curva de retenção da água do solo para o ponto P4.

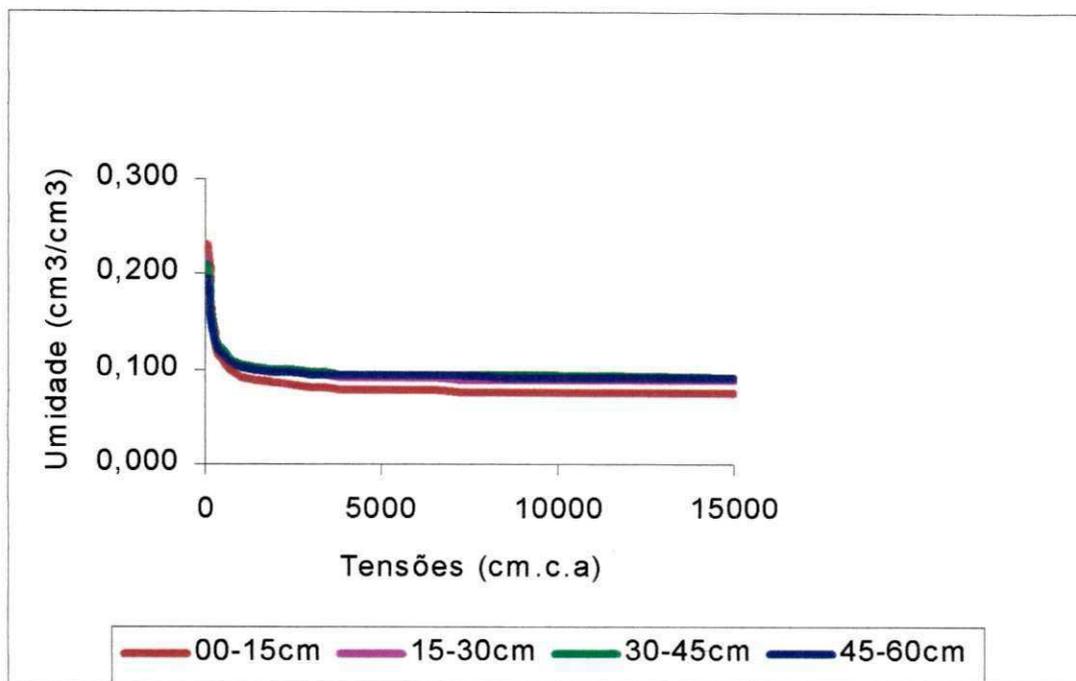


Figura 9 – Curva de retenção da água do solo para o ponto P5.

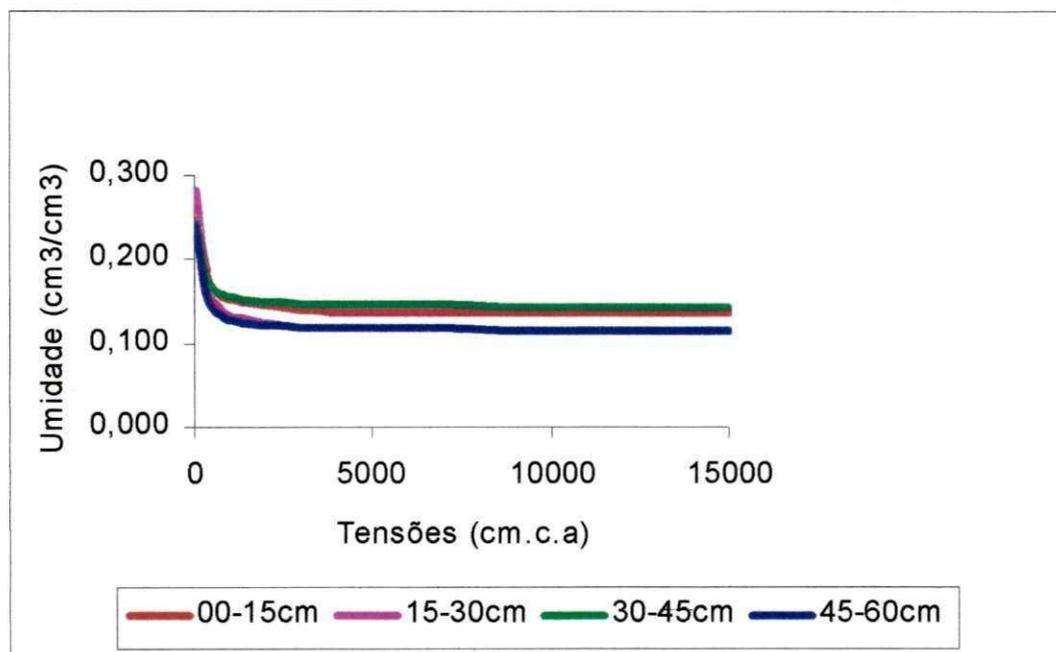


Figura 10 – Curva de retenção da água do solo para o ponto P6.

4.1.3.5- Capacidade de Campo , Ponto de Murcha Permanente e Água Disponível no solo para as Plantas

A partir das curvas características apresentadas anteriormente, obteve-se valores considerados como a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, para os seis pontos de amostragens. Para a capacidade de campo considerou-se a umidade do solo quando este submetido a tensão de 330 cm de coluna de água; e como ponto de murcha permanente a umidade do solo quando foi submetido a tensão de 15000 cm de coluna de água. Estes valores de tensões foram adotados de acordo com aqueles reportados pela bibliografia (Bernardo 1989).

A **Tabela 9** apresenta os valores de Capacidade de Campo, Ponto de Murcha Permanente e Água disponível para as plantas nos seis Pontos de Amostragens nas profundidades em que foram estudadas dentro da topossequência.

Obviamente, os valores de umidade do solo na capacidade de campo (umidade do solo a 330 cm de coluna de água), e no ponto de murcha permanente (umidade do solo a 15000 cm de coluna de água) e a água disponível do solo para as plantas (capacidade de campo - ponto de murcha permanente) seguem as mesmas tendências da retenção de água no solo, dado que todos estes valores foram obtidos das curvas de retenção da água do solo analisadas anteriormente.

A água disponível total no solo (0 a 60 cm) variou com a declividade da topossequência. Os maiores conteúdo de água disponível ocorreram na posição do topo Cambissolo Ta Eutrófico Plânico (P₆) e nos solos de posição inferior da encosta o Aluvial (P₁) e o Planossolo (P₂), refletindo os seus maiores valores de porosidade total. Pode-se observar que os pontos de posição intermediária a quantidade de água disponível é bem inferior, demonstrando que apesar de altos conteúdo de areia o arranjo estrutural das partículas apresenta alto grau de compactação.

Tabela 9 - Retenção de água a 330 e 15000 cm de coluna de água e cálculo de água disponível para os solos estudados.

| Solos | Profundida de (cm) | Conteúdo Volumétrico de água (%) | | Água disponível (cm) |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| | | 330 cm de água | 15000 cm de água | |
| Aluvial – P1 | 00-15 | 21,84 | 12,25 | 1,43 |
| | 15-30 | 15,65 | 7,21 | 1,27 |
| | 30-45 | 16,03 | 8,48 | 1,13 |
| | 45-60 | 21,43 | 10,64 | 1,62 |
| Total | | | | 5,45 |
| Planossolo – P2 | 00-15 | 22,65 | 7,16 | 2,32 |
| | 15-30 | 19,77 | 10,84 | 1,34 |
| | 30-45 | 22,43 | 7,34 | 2,26 |
| | 45-60 | 20,94 | 9,76 | 1,68 |
| Total | | | | 7,60 |
| Cambissolo – P3 | 00-15 | 12,06 | 4,56 | 1,13 |
| | 15-30 | 11,25 | 5,12 | 0,92 |
| | 30-45 | 11,63 | 5,16 | 0,97 |
| | 45-60 | 11,04 | 5,28 | 0,86 |
| Total | | | | 3,88 |
| Cambissolo – P4 | 00-15 | 11,05 | 3,88 | 1,08 |
| | 15-30 | 10,90 | 3,90 | 1,05 |
| | 30-45 | 10,69 | 3,76 | 1,04 |
| | 45-60 | 11,11 | 4,05 | 1,06 |
| Total | | | | 4,23 |
| Cambissolo – P5 | 00-15 | 10,42 | 4,31 | 0,92 |
| | 15-30 | 12,05 | 4,88 | 1,07 |
| | 30-45 | 11,40 | 4,92 | 0,97 |
| | 45-60 | 9,07 | 4,71 | 0,75 |
| Total | | | | 3,71 |
| Cambissolo – P6 | 00-15 | 22,23 | 8,17 | 2,11 |
| | 15-30 | 20,34 | 7,03 | 2,00 |
| | 30-45 | 15,40 | 7,62 | 1,17 |
| | 45-60 | 12,12 | 6,27 | 0,88 |
| Total | | | | 6,16 |

4.1.3.6 - Infiltração de água no solo

As curvas de infiltração instantânea (VI) e acumulada (IA) da água no solo para os seis pontos de amostragens, são representados nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16. As figuras apresentam também as equações de infiltração instantânea (VI) e acumuladas (IA), obtidas através de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2). Os dados originais dos testes de infiltração para cada ponto de amostragem são apresentados no Anexo II

As curvas da velocidade de infiltração instantânea (VI) e da a infiltração acumulada (Ia), para cada ponto de amostragem foram construídas com as médias das três repetições feitas em cada ponto. Nota-se uma certa irregularidade nas curvas de velocidade de infiltração, talvez relacionadas com o arranjos das partículas e dos espaços porosos integrados na matriz do solo. Sendo ainda observado *In loco* que os solos que fazem parte da topossequência, possuem camadas adensadas devido ao pisoteio de animais e problemas com o uso da terra, além das características pedogenéticas dos solos na região do Cariri Paraibano.

Como explicado e discutido no item 4.1.2.3 (Porosidade Total) o solo P₆ tem um elevado teor de argila e densidade global, assim sua porosidade é baixa como também sua capacidade de infiltração. Dessa forma, a lâmina infiltrada no ponto de amostragem P₆ foi somente de 2,95 cm para um tempo de infiltração de duas horas. Os argumentos para justificar esta situação são reforçados pela presença de rochas e materiais de origem impermeável muito próximo da superfície, como observado durante a descrição do perfil.

Os solos dos pontos de amostragens P₃, P₄ e P₅ com altas densidades aparentes tiveram maiores valores de infiltração devido a que os solos são arenosos e assim sua alta densidade se deve a presença de areia e não à compactação. Logicamente, estes solos arenosos tiveram altas velocidades de infiltração inicial e elevadas lâminas infiltradas. Assim os solos dos pontos P₃, P₄ e P₅, para o mesmo tempo de infiltração do ponto P₆, tiveram infiltrações acumuladas de 30,50, 21,25 e 19,36 cm, respectivamente.

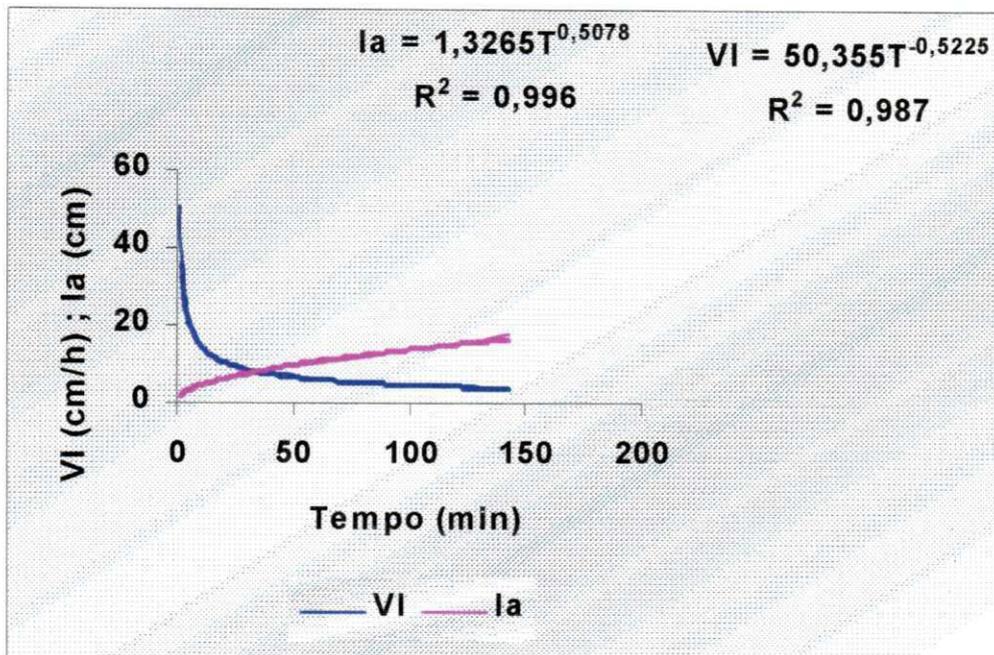


Figura 11 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₁ (Solo Aluvial).

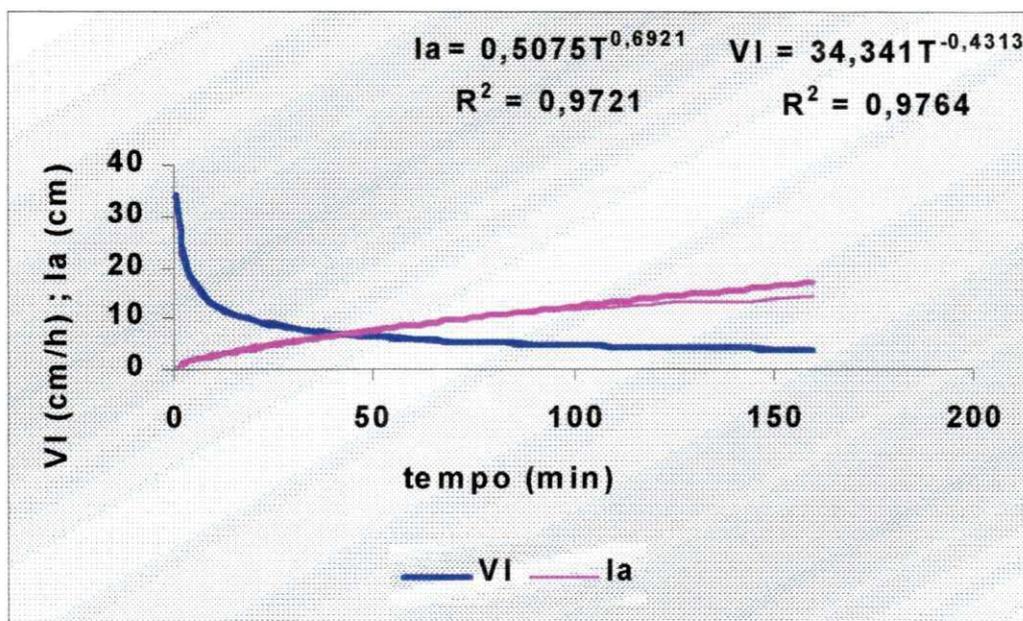


Figura 12 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₂ (Solo Planossolo)

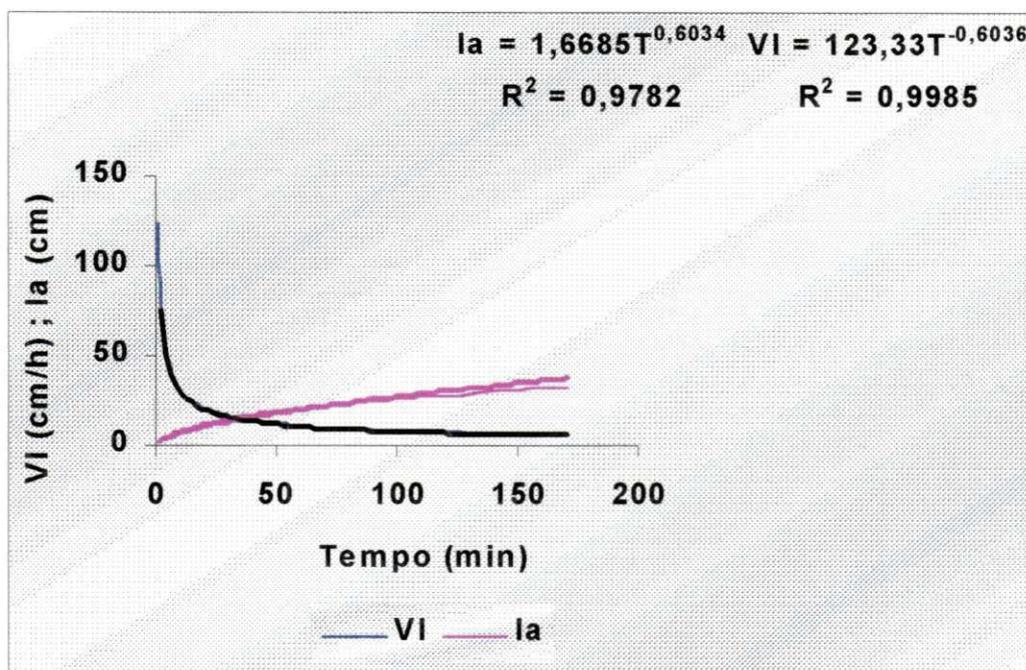


Figura 13 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₃ (Solo Cambissolo léptico)

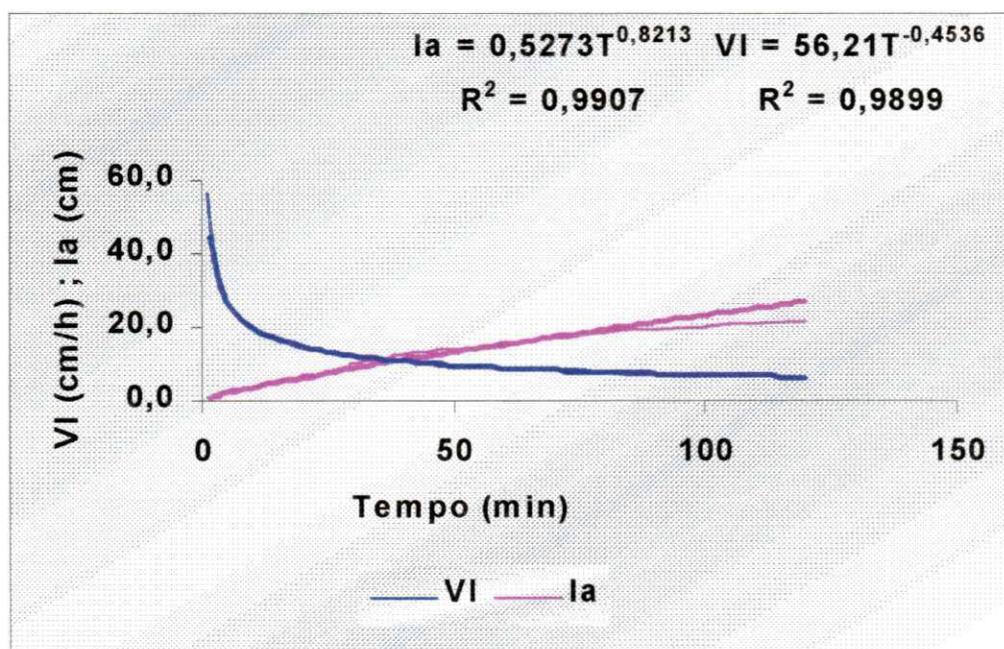


Figura 14 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₄ (Solo Cambissolo léptico).

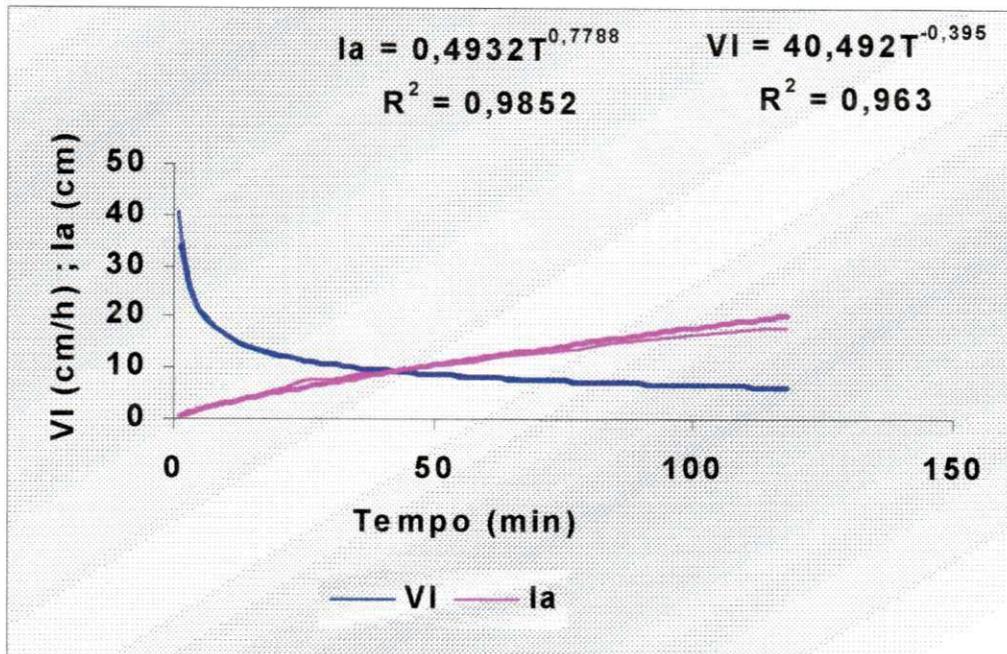


Figura 15 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₅ (Solo Cambissolo léptico).

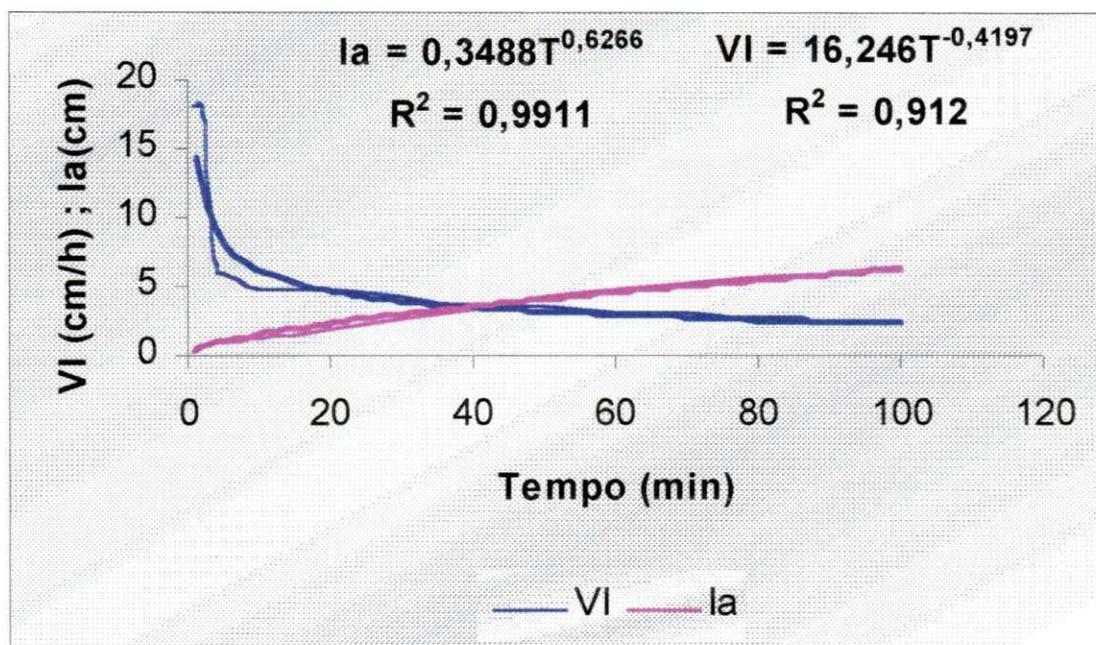


Figura 16 – Curva da velocidade de infiltração (VI) e infiltração acumulada (Ia), ponto de amostragem P₆ (Solo Cambissolo plânico).

Os coeficientes “a” e “n” das equações de infiltração e as velocidades de infiltração básica determinadas a partir dos testes de infiltração são apresentadas na Tabela 12

Tabela 12 – Velocidade de infiltração básica (VIB cm/h) para os solos estudados.

| SOLOS | a | n | VIB (cm/h) |
|-------|--------|--------|------------|
| P1 | 1,3265 | 0,5078 | 0,041 |
| P2 | 0,5075 | 0,6291 | 0,043 |
| P3 | 1,6685 | 0,6034 | 0,115 |
| P4 | 0,5273 | 0,8213 | 0,188 |
| P5 | 0,4932 | 0,7788 | 0,130 |
| P6 | 0,3488 | 0,6266 | 0,028 |

Para os pontos de amostragem P₁ a P₆ as velocidades de infiltração básica foram, respectivamente, 0,041; 0,043; 0,115; 0,188; 0,130 e 0,028 cm/h. O solo do ponto de amostragem P₄, de textura franco arenosa, apresentou a maior velocidade de infiltração básica (0,023 cm/h). O solo franco argiloso (P₆) obteve a menor (0,028 cm/h). Na toposequência estudada em geral os solos encontrados tem uma velocidade de infiltração baixa a muito baixa (menor que 0,5 cm/h), segundo Salassier (1989).

4.1.3.7 – Condutividade Hidráulica

A tabela 13 apresenta os valores de condutividade hidráulica do solo sob condições de saturação, medidos em laboratório pelo permeâmetro de carga constante, para cada um dos Pontos de Amostragem, nos quatro intervalos de profundidade. Os valores apresentados correspondem a médias de três repetições.

Tabela 13 – Condutividade hidráulica, cm/h, para os seis pontos estudados

| Prof. (cm) | Aluvial P1 | Planossolo P2 | Cambissolo P3 | Cambissolo P4 | Cambissolo P5 | Cambissolo P6 |
|--------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 00-15 | 0,07 | 0,06 | 0,03 | 0,15 | 0,02 | 0,06 |
| 15-30 | 0,06 | 0,08 | 0,30 | 0,08 | 0,02 | 0,09 |
| 30-45 | 0,04 | 0,03 | 0,36 | 0,02 | 0,02 | 0,12 |
| 45-60 | 0,07 | 0,04 | 0,41 | 0,01 | 0,04 | 0,12 |
| Média | 0,06 | 0,05 | 0,28 | 0,07 | 0,03 | 0,10 |

Como esperado, os solos franco argilosos, apresentaram baixos valores de condutividade hidráulica devido à compactação natural dos solos e, provavelmente devido a uma compactação adicional durante a extração da amostra de solo. Como dado ilustrativo, pode-se indicar que a saturação das amostras, antes da determinação da condutividade hidráulica, demorou sempre mais de 24 horas. Inclusive, no caso das amostras entre 30 e 60 cm do ponto de amostragem P₆ chegou-se a tempos extremos, com a saturação sendo atingida aos 7 dias. O elevado teor de argila de alta CTC deve ter induzido a uma excessiva compactação das amostras. Nesse ponto de amostragem (P₆) na camada mais superficial (profundidade 0-15 cm) para as camadas mais profundas (profundidade 45-60 cm) apresentou uma grande variação, indo de 0,06 para 0,12 cm/h.

Quanto aos Ponto de Amostragem dos Cambissolo lépticos, verifica-se que no P₃ a condutividade hidráulica tendeu um ligeiro acréscimo nas camadas mais profundas; mas que ainda não se pode ser considerada uma alta taxa de condutividade hidráulica. Já no ponto de amostragem P₄ teve um comportamento diferente, o solo apresentou uma diminuição a partir da profundidade de 30 cm. O solo do ponto de amostragem P₅ teve a menor condutividade hidráulica, o que pode ser em consequência de um maior pisoteio de animais já que este local fica próximo a sede da propriedade.

Utilizando o critério apresentado por Millar (1988) observa-se que em geral os solos da toposseqüência tem uma condutividade hidráulica lenta a moderadamente lenta.

Comparando os valores médios da velocidade de infiltração básica (VIB), apresentados na **Tabela 12** com os valores médios da condutividade hidráulica saturada (K₀) da **Tabela 13**, para os 6 (seis) solos estudados na toposseqüência observa-se que em

pontos tais como os P_4 , P_5 e P_6 a VIB e K_o foram muito diferentes, demonstrando assim que o indicado por Palácios (1969), Hillel (1971) e Scardua (1974), de que em solos com perfis isotrópicos e estrutura estável, a velocidade de infiltração básica seria aproximadamente igual a condutividade hidráulica do solo saturado, não é realmente verdadeiro para os Cambissolos P_4 , P_5 e P_6 . Talvez considerando a profundidade de umedecimento durante o teste e a pressão capilar do solo, como acrescentado por Palacios (1969), a aproximação poderia ser más válida..

Tabela 14 – Valores da Velocidade de Infiltração Básica e Condutividade Hidráulica

| Solos | VIB (cm/h) | K_o . (cm/h) |
|---------------|-------------|----------------|
| Aluvial P1 | 0,040975268 | 0,06 |
| Planossolo P2 | 0,043003329 | 0,05 |
| Cambissolo P3 | 0,114923818 | 0,28 |
| Cambissolo P4 | 0,187823231 | 0,07 |
| Cambissolo P5 | 0,130273321 | 0,03 |
| Cambissolo P6 | 0,028970450 | 0,10 |

5 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem extrair as seguintes conclusões:

- a) Na toposseqüência estudada foram identificados solos Aluviais, Planossolos, e Cambissolos Eutróficos. Ao sair do aluvião, verifica-se, no terço inferior da encosta, a presença de um Planossolo típico; e em seguida, destaca-se uma área ocupada por Cambissolos lépticos (pouco profundos) de textura média, desde o terço inferior até o topo da toposseqüência, quando ressurge solo com B plânico.
- b) Os solos identificados são em geral de textura franca media (franco argilosos, franco argilo -arenosos e franco arenosos), com altos percentuais de areia
- c) Os Cambissolos apresentaram uma alta densidade global e conseqüentemente uma baixa porosidade, devido a problemas de compactação. Isto faz com que a retenção de água dos solos fosse baixa como também a água disponível para as plantas. O solo Aluvial e o Planossolo apresentaram densidades globais menores e porosidades maiores, dentro dos intervalos normalmente esperados, fazendo com que a capacidade de retenção da água destes fosse maior como também a água disponível para as plantas.
- d) A velocidade de infiltração básica de todos os solos identificados na toposseqüência foi classificada como muito baixa. Já a condutividade hidráulica sob condições de saturação é lenta a moderadamente lenta .
- e) Analisados os solos da toposseqüência chegou-se a conclusão que em geral todos os solos são de interesse para o aproveitamento agrícola e pecuário da região; precisando estudos mais precisos sobre seu manejo integrado.

6 - BIBLIOGRAFIA

AFYUNI, M. M.; CASSEL, D. K. & ROBARGE, W. P. **Effect of landscape position on soil water and corn silage yield.** Soil Sci. Soc. Am. J., 57:1573-1580. 1993.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology.** John Wiley & Sons. Inc. New York. N. Y. pp. 1-10. 1967.

AMÉRICO, J. L. **Características físicas e fatores de erodibilidade de quatro solos representativos do município de São Mamede Paraíba - Areia.** Departamento de Solos e Engenharia Rural. CCA/UFPB. 87 p. 1979. (Dissertação de Mestrado).

ANDRADE, A.R.S. de **Características físicas-hídricas dos solos da estação experimental da Embrapa algodão, Variabilidade espacial.** 100 p. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande/PB. 1997.

ANTONI, F.C. & DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem.** Ed. Nobel. 1986, 125-146 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR, ABEAS, **Manejo e conservação de recursos naturais renováveis,** Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 1997.

BARACUHY, J. G. DE V. **Manejo Integrado de Microbacia Hidrográficas no Semi-Árido Nordestino.** (Tese de Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001. 279p.

BARBOSA, D. G.; SILVA, M. L. N. **Poluição e Conservação dos Recursos Naturais: Solo e Água**, Informe Agropecuário, v, 176, n, 16, p, 17-24, 1992.

BARBOSA, C. T. P. **Influência da incorporação de matéria orgânica em propriedades de um regossolo no agreste de Pernambuco**. UFRPE. Tese de Mestrado. 92p. Recife. 1995.

BAVER, L.D. **Soil permeability in relation to noncapillary porosity**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 3: 52-4, 1938.

BERNARDO, S. **Água no Solo**. Universidade Federal de Viçosa/MG. 1977 27p., (Boletim de extensão nº 1).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 4 ed. Viçosa, UFV. Imp. Univ., 1989, 488p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 6 ed. Viçosa. UFV. Imp. Univ., 1995, 657p.:il.

BERTONI, José. **Conservação do solo**. Piracicaba – SP. Livro Ceres. 1985. 392p.

BLACK, C. **Methods of soil analysis, Physical and Mineralogical Properties Including Statistics**. Inc., Agronomy monograp. (09) Part. 1. 26 p. 1965.

BLACK, O. A. **A relaciones suelo-planta**. 1. Ed. México/Buenos Aires./ 1975. 444p.

BOEDT, L. & VERHEEYE, W. **Evaluation of profile available water capacity**. 1. The conceptual approach Pedologie. Is.35 (1): 55-65. 1985.

BOEDT, L. & VERHEEYE, W. **Evaluation of profile available water capacity**. 2. Application to irrigation on soils with different properties. Pedologie. 35 (1)V: 67-89. 1985.

BOUYOUCOS, G.J. **The hydrometer method for studying.** Soil Sci. 5(25): 367-371. 1951.

BRADY, N. C. et al. **Natureza e Propriedades dos Solos** 6^a ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos. 1983. P. 51 – 57. 171 – 203.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos** / Nyle C. Brady “ Nature and Properties of Soils”, Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo F,º 7^a ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 1989. 898 p. il. 23cm.

BRAVE, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics.** 4 ed. New York. U.S.A., 1973. 498p.

BROOKS, R. H.; C. A. Bower, and R. C. Reeve. **The effect of various exchangeable cations upon the physical conditions of soils.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20:325-327, 1956.

CARMO, G. F. do. **Efeitos de Três Tipos de Cobertura Vegetal Sobre a Velocidade de Infiltração Básica (VIB).** Viçosa. MG. UFV. Impr. Univ., 1976, 32p.

CARVALLO GUERRA, H. O. **Características dos solos importantes na irrigação.** Planejamento Agrícola a nível de propriedade. [s. 1.]: SUDENE / UFPB, Abr. / 1982.

CARVALLO GUERRA, H. O. **Física dos solos.** Campina Grande, Pb Departamento de Engenharia Agrícola- Centro de Ciência e Tecnologia CCT – UFPB. 175p. 2000.

CASSEL, D.R. Nielsen, and J. W. Biggar. . **Soil water movement in response to imposed temperature gradients.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:493-500, 1969.

CAVALCANTE, F. L. & FERNANDEZ, B. M. **Determinação da difusividade e condutividade hidráulica durante a infiltração horizontal.** Anais Agropecuários do Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. 1979. 60 – 65p.

CAVALCANTI, A.C.; WERLANG, L. M.; TEIXEIRA, A.J. **Levantamento semidetalhado de solos da micro-bacia do riacho São Pedro (e parte do núcleo de colonização de Paus Brancos), Campina Grande-PB.** UFPB - Dep. de Eng. Agrícola. (ETENEC)-BNB. 2001. 39p. 1 mapa il.

CHILDS, E.C. **The use of soil moisture characteristics soil studies.** Soil Science. 50:239-242. 1940.

CIRINO, C.G. **Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico-hídrica dos solos.** 1992. 68 p. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB
CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Anais 24., Goiânia – GO. 1993.

DAKER, A. **Fatores que afetam a impermeabilização das superfícies dos solos, causados pelos impactos dos pingos de chuvas.** Revista Ceres. 9(52) pg. 223-233. 1954.

DAKER, A. **A água na agricultura, (5ª edição):** 1º volume: Hidráulica Aplicada à Agricultura; 2º volume: Captação, Elevação e Melhoramento da Água; 3º volume: Irrigação e drenagem. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos. S.A., 1976.

EDWARDS, W. M. & LARSON, W. E. **Infiltration of Water into Soils as Influenced by Surface Seal Development.** Transactions of the ASAE. St. Joseph. Pg. 463-470. 1969.

EHRLECH, W. A.; H. M. Rice, and J. H. Ellis, **Influence of the composition of parent materials on soil formation in Manitoba.** Can. J. Ag, Sci. 35:407-421, 1955.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. ^a e GUERRA, M. **Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejos e coberturas vegetais em solos São Pedro (Podzólico Vermelho-amarelo) sob chuva natural.** R. Brasileira de Ciência do Solo 8:245-249. 1984.

EMBRAPA. **Normas e critérios para levantamento pedológicos.** Por H.G. dos Santos (coord.), D.P. Hochmüller, A. C. Cavalcanti, S. R. Rego, J. C. Ker, L. A. Panoso e J.A.M. do Amaral. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 1989. 94p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos - 2.ed. ver. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212 p.: il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** - Brasília: Embrapa. Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412p.: il.

FERNANDEZ, B. M. **Prática de física de solo - programa de treinamento e capacitação de recurso humanos em agricultura irrigada.** Escola Superior de Agricultura de Mossoró-RN. 1987, 98 p.

FERNANDEZ, B.M.; CAVALCANTE, F.L.; BORGES, E.A. **Comparação entre os valores condutividade hidráulica calculada e medidos.** Agropecuária Técnica. 1: 94-103. 1977.

FONTES, L.E.F. & OLIVEIRA, L.B. **Curvas de retenção de umidade de solos do norte de Minas Gerais, área de atuação da SUDENE EMBRAPA,SNLCS.** Boletim de pesquisa. n°4. Rio de Janeiro. 1982.

FORSYTHE, W. **Física de Suelos, manual de laboratório.** S. José. Costa Rica IICA 1975.

GARDNER, W. H. **How water moves in the soil.** Crops & Soils. 15:7-9. 1962.

GAVANDER, S.A. **Física de suelos: principios y aplicaciones.** Ed. Limusa-Wiley. 1972.

GROHMANN, F. **Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo.** Bragantina. 21 (19): 320-327, 1960

HANNA, A. Y.; HARLAN, P. W. & LEWIS, D. T. **Soil available water as influenced by landscape position and aspect.** Agron. J., 74: 999 – 1004. 1982.

HILLEL, D. **Soil and Water, Physical Principles and Processes.** New York, Academic Press. 1971. 288p.

HOLLIS, J. M. et al. **The effects of organic mater and particle size on the water retention properties of some soils in the west midlands of England.** Geoderma. 17(3): 225-238, 1977.

JACOMINE, P.K.T.; RIBEIRO, M.R.; MONTENEGRO, J.O. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba.** Boletim Técnico, 15 - Convênio MA/DNPEA - SUDENE/DRN. Recife, 1972. 670p.

KIEHL, Edmar José., **Manual de Edafologia.** Ed. Agronômica CERES Ltda. São Paulo – SP. 1979.

KLAR, A.E. **Água no Sistema Solo-Planta-Atmosfera.** Editora Nobel. São Paulo. 1988. 408 p.

LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3^a.ed. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1996. 84 p.

LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I. C. e CASTRO, O. M. **Efeito da qualidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solos e água.** Revista Brasileira da Ciência do Solo. (12) 7175. 1988.

LOVEDAY, J. ed. **Water relation and the moisture characteristic.** In.: Methods for analysis of irrigated soils: Clayton. C. A. B. cap. 6. P. 43-62 1974. (Technical communication. 54).

MATZDORF, K. D., **Hydraulic conductivity of four soils in a toposequence.** M.Sc. Dissertation. Soils Department. North Dakota State University. Fargo, North Dakota .1974.

MCCLELLAND, J. E.; C. A. Mogen, W. M. Johnson, F. W. Schroer. and J. S. Allen. **Chernozem and associated soils of Eastern North Dakota: Some properties and topographic relationships.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:51-56, 1959.

MELO, D. D.; K. Worcester, D. K. Cassel; and K. D. Matzdorf. **Soil genesis and ground-water regimes in a closed drainage system.** Agronomy abstracts annual meetings. Las Vegas, Nevada. 114 p. 1973.

METRI, J. E. C. **Uso de água pelas plantas.** Universidade Federal da Paraíba (DEAg/CCT/UFPB. PROENGE/REENG), Campina Grande/ PB (1998).

MIRANDA, R.J.A. **Caracterização da água disponível a partir de parâmetros físico-hídricos em solos das zonas da mata e agreste do Estado de Pernambuco.** 1999. Viii. 79 p.: il. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife/ PE.

MOGEN, C. A., J. E. McClelland, J. S. Allen, and F. W. Schroer. **Chestnut, Chernozem and associated soils of Western North Dakota,** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:56-60, 1959.

OLIVEIRA, J. B. de, **Classes gerais de solo do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento** por João Bertoldo de Oliveira, Paulo K, T, Jacomine e Machado Nunes Camargo. 1992. 2 ed. Jaboticabal. FUNEP. SP.

PETERSEN, et al. **Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture.** Soil Science Society of Americas Proceedings, 32(2): 271-275, 1968.

PIMENTEL, G. F. **Curso de Estatística Experimental** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” 11ª ed. Piracicaba SP 1985.

PREVEDELLO, C. L. **Física do Solo com Problemas Resolvidos** – Curitiba. 1996. 446p.

PRUSKI, FF **Desenvolvimento de metodologia para o dimensionamento de canais de terraços.** Viçosa. UFV. 1993. 97p. (tese D>S.).

QUEIROZ, E.N. & OLIVEIRA, L.B. **Curvas características de retenção de umidade de solos do nordeste do Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira Série Agronomia, 10(11): 69-75. 1975.

RAMÍREZ, A. A.; LÓPEZ, R.G. **El água en el suelo.** In: MAÑAS, F>M> de S.O.; VALERO, J.A. De J. Agronomia del riego. Espanha: Madrid. 1993. Cap. 1. P. 49-51.

RATLIFF et al. **A survey of field-measured limits of soil water availability as related to laboratory-measured properties.** Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 770-775. 1983.

REICHARDT, K. **Processo de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** Fundação Cargill. São Paulo, 1975, 266p.

ROWLES, W. **Physical properties related to structure of Saint Rosalie clay and their seasonal variation.** Sci. Agr., 178: 558-73, 1948.

SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. **The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available-water capacity and moisture release characteristics.** *Journal of Soil Science.* 16(1): 1-15. 1965.

SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. **The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available-water capacity and moisture release characteristics.** *Journal of Soil Science.* 16(2): 310-317. 1965.

SALTER, P. J. & WILLIAMS, J.B. **The influence of texture on the moisture characteristic of soils. III. Quantitative relationships between particle size, composition, and available-water capacity,** *Journal of Soil Science.* 17(1): 1966.

SCARDUA, R. **Irrigação.** 3 ed. Piracicaba Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". 1974. 148p, (Mimeografado).

STAPLE, J. W. **The Influence of Size Distribution on the Bulk Density of Uniformity Packed Glass Particles.** *Soil Soc. Amer.* 39: 404-408, 1965.

TEIXEIRA FILHO, A. J. **Variabilidade espacial de parâmetros físicos-hídricos num Solo aluvial da microbacia do riacho São Pedro – Paraíba – Brasil.** 2001. 101 p. (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Campus II, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande - PB.

UNGIR, P.W. **Water retention by core end sieved soil samples.** *Soil Science Society American Proc.*, 39: 1197-1200, 1975.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A. **Closed- Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of unsaturated Soils.** *Soil Sci. Soc. Of Am. Journal* (1971) 35: 3-7.

VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. **Soil moisture in relation to plant growth.** Annual Ver. Plant Physiol. 1: 285-304, 1950.

VIERIRA, L. S.; VIEIRA, M. DE N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos.** Editora Agronômica Ceres Ltda, S. Paulo 2, Ed., 1983, 1. Ilust.

VIEIRA, D.B. **Relação água solo e planta.** In: PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO (PRONI), curso de Elaboração de Projetos de Irrigação, Brasília, PNI / Fundação CTH, 1986, p, 1-39.

ANEXO

ANEXO I

**CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS
ESTUDADOS**

| Ponto de amostragem 1 | | | | |
|-----------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,371 | 0,310 | 0,344 | 0,343 |
| 330 | 0,226 | 0,174 | 0,190 | 0,210 |
| 500 | 0,200 | 0,149 | 0,161 | 0,185 |
| 750 | 0,182 | 0,133 | 0,142 | 0,169 |
| 1000 | 0,173 | 0,124 | 0,133 | 0,161 |
| 3000 | 0,155 | 0,107 | 0,114 | 0,144 |
| 5000 | 0,151 | 0,104 | 0,110 | 0,141 |
| 10000 | 0,149 | 0,102 | 0,107 | 0,138 |
| 15000 | 0,148 | 0,101 | 0,106 | 0,138 |
| Ponto de amostragem 2 | | | | |
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,316 | 0,340 | 0,285 | 0,376 |
| 330 | 0,175 | 0,214 | 0,174 | 0,228 |
| 500 | 0,149 | 0,191 | 0,153 | 0,200 |
| 750 | 0,132 | 0,175 | 0,140 | 0,182 |
| 1000 | 0,123 | 0,168 | 0,133 | 0,173 |
| 3000 | 0,106 | 0,152 | 0,119 | 0,154 |
| 5000 | 0,102 | 0,149 | 0,116 | 0,151 |
| 10000 | 0,100 | 0,146 | 0,114 | 0,148 |
| 15000 | 0,099 | 0,146 | 0,113 | 0,147 |
| Ponto de amostragem 3 | | | | |
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,222 | 0,257 | 0,191 | 0,189 |
| 330 | 0,131 | 0,153 | 0,133 | 0,134 |
| 500 | 0,114 | 0,134 | 0,123 | 0,124 |
| 750 | 0,103 | 0,121 | 0,115 | 0,118 |
| 1000 | 0,097 | 0,114 | 0,112 | 0,114 |
| 3000 | 0,086 | 0,101 | 0,105 | 0,107 |
| 5000 | 0,083 | 0,099 | 0,103 | 0,106 |
| 10000 | 0,082 | 0,097 | 0,102 | 0,105 |
| 15000 | 0,081 | 0,096 | 0,102 | 0,105 |

Continuação

| Ponto de amostragem 4 | | | | |
|-----------------------|------------------|-------|--------|--------|
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,203 | 0,202 | 0,199 | 0,207 |
| 330 | 0,118 | 0,118 | 0,116 | 0,121 |
| 500 | 0,102 | 0,103 | 0,101 | 0,106 |
| 750 | 0,092 | 0,093 | 0,091 | 0,095 |
| 1000 | 0,087 | 0,088 | 0,085 | 0,090 |
| 3000 | 0,076 | 0,077 | 0,075 | 0,079 |
| 5000 | 0,074 | 0,075 | 0,073 | 0,077 |
| 10000 | 0,073 | 0,074 | 0,072 | 0,076 |
| 15000 | 0,072 | 0,073 | 0,071 | 0,075 |
| Ponto de amostragem 5 | | | | |
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,231 | 0,215 | 0,210 | 0,195 |
| 330 | 0,129 | 0,133 | 0,134 | 0,128 |
| 500 | 0,111 | 0,118 | 0,119 | 0,115 |
| 750 | 0,098 | 0,108 | 0,110 | 0,107 |
| 1000 | 0,092 | 0,103 | 0,105 | 0,103 |
| 3000 | 0,079 | 0,093 | 0,096 | 0,094 |
| 5000 | 0,077 | 0,091 | 0,094 | 0,093 |
| 10000 | 0,075 | 0,090 | 0,092 | 0,0913 |
| 15000 | 0,074 | 0,089 | 0,092 | 0,0908 |
| Ponto de amostragem 6 | | | | |
| Tensão cm.c.a | Profundidades cm | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 30-45 | 45-60 |
| 100 | 0,271 | 0,282 | 0,241 | 0,239 |
| 330 | 0,183 | 0,173 | 0,177 | 0,158 |
| 500 | 0,167 | 0,153 | 0,166 | 0,143 |
| 750 | 0,156 | 0,139 | 0,158 | 0,133 |
| 1000 | 0,150 | 0,132 | 0,154 | 0,128 |
| 3000 | 0,139 | 0,119 | 0,146 | 0,118 |
| 5000 | 0,137 | 0,116 | 0,144 | 0,116 |
| 10000 | 0,136 | 0,114 | 0,1432 | 0,115 |
| 15000 | 0,135 | 0,113 | 0,1428 | 0,114 |

ANEXO III

Equações da velocidade de infiltração e infiltração acumulada dos pontos amostrados na topossequência.

| Local | Eq. de ajuste (VI) | R ² | Eq. de ajuste (Ia) | R ² |
|-------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| P1 | VI = 50,2t ^{-0,5225} | 0,9875** | Ia = 1,3265t ^{0,5078} | 0,9961** |
| P2 | VI = 34,341t ^{-0,4313} | 0,9764** | Ia = 0,6124t ^{0,6624} | 0,9721** |
| P3 | VI = 123,33t ^{-0,6036} | 0,9985** | Ia = 1,6685t ^{0,6034} | 0,9782** |
| P4 | VI = 56,210t ^{-0,4536} | 0,9899** | Ia = 0,5273t ^{0,8213} | 0,9907** |
| P5 | VI = 40,461t ^{-0,3950} | 0,9631** | Ia = 0,4932t ^{0,7788} | 0,9852** |
| P6 | VI = 43,672t ^{-1,2370} | 0,9967** | Ia = 0,1338t ^{-0,6694} | 0,9027** |