RETENÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM DOIS SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL

ELIAS DE FREITAS JUNIOR

Orientador: DR. KLAUS REICHARDT

**Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Energia Nuclear na Agricultura.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1981**

À Maria Cristina, esposa;

ã Maria Paula e Maria Cláudia, filhas;

ao Edélcio e à Raquel, irmãos,

O F E R E Ç O

Aos meus pais,

Elias e Dirce,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Klaus Reichardt, a orientação;
- ao Dr. Paulo Leonel Libardi a inestimável colaboração na elaboração e revisão deste trabalho;
- aos colegas Antonio Carlos Saraiva da Costa
João Eduardo Pilotto
José Carlos de Araújo Silva
Marcelo Calvache Ulloa
Paula Pinheiro Padovese
Reynaldo Luiz Victória
Segundo Urquiaga Caballero
Sérgio Oliveira Moraes,
o sempre presente apoio;
- ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), a oportunidade oferecida;
- ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), as facilidades oferecidas;
- à Comissão Nacional de Energia Nuclear, a bolsa concedida;
- à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), os ensinamentos.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Dr. Warwick Estevam Kerr

Dr. Klaus Reichardt

Dr. Paulo Leonel Libardi

*Amigo é coisa p'rá se guardar
debaixo de sete chaves
dentro do coração ...*

*Amigo é coisa p'rá se guardar
no lado esquerdo do peito
mesmo que o tempo e a distância digam não ...*

*Pois seja o que vier, venha o que vier,
qualquer dia, amigo, eu volto
a te encontrar,
qualquer dia, amigo, a gente
vai se encontrar*

(Nascimento e Brandt)

Ao amigo

*Rui Corbani dos Santos Caio,
que não pôde estar aqui hoje,
a nossa saudade ...*

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES	31
6. LITERATURA CITADA	72

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 - Densidade global (g.cm^{-3}) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas	33
2 - Teor de matéria orgânica (%) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas	34
3 - Valores das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade	35
4 - Valores das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 20-40 cm de profundidade	36
5 - Valores das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 40-60 cm de profundidade	37
6 - Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade	38

TabelaPágina

7	- Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 20-40 cm de profundidade	39
8	- Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 40-60 cm de profundidade	40
9	- Correlações lineares entre umidade volumétrica correspondente à tensão 1/3 atm e componentes do tamanho de partículas (A = argila; A+L = argila + limo e A+L+AF = argila + limo + areia fina), para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade e para todo o perfil (0-60 cm) da área experimental	41
10	- Correlações lineares entre umidade volumétrica correspondente à tensão 15 atm e componentes de tamanho de partículas (A = argila; A+L = argila + limo, A+L+AF = argila + limo + areia fina), para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade e para todo o perfil (0-60 cm) da área experimental	42

TabelaPágina

11 -	Valores de capacidade de água disponível (mm) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas, considerando 1/3 e 15 atm como limites superior e inferior, respectivamente	43
12 -	Valores de capacidade de água disponível (mm) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas, considerando 0,06 e 15 atm como limites superior e inferior, respectivamente	44
13 -	Correlações lineares entre água disponível (1/3 e 15 atm como limites) e componentes do tamanho de partículas (A = argila; A+L = argila + limo; A+L+AF = argila + limo + areia fina) para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade da área experimental	45
14 -	Correlações lineares entre água disponível (0,06 e 15 atm como limites) e componentes do tamanho de partículas (A = argila; A+L = argila + limo; A+L+AF = argila + limo + areia fina) para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade da área experimental	46

Tabela

Página

15	-	Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm, de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade	47
16	-	Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm, de todas as parcelas, para a camada 20-40 cm de profundidade	48
17	-	Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm, de todas as parcelas, para a camada 40-60 cm de profundidade	49
18	-	Valores médios de umidade volumétrica adimensionalizada (Ω) e fração de água liberada (λ) para cada classe textural da camada 0-20 cm .	50

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 - Diagrama da área experimental de dimensões 300m x 400m, dividida em 4 blocos e 32 parcelas	51
2 - Sistema de câmaras de pressão de Richards (adaptação do Catálogo da Soil Moisture Equipment Co.)	52
3 - Esquema da mesa de tensão utilizada para de terminação das tensões de 0,0025 e 0,03 atm	53
4 - Campo de umidade em por cento em volume, cor respondente à tensão 0,06 atm, para a cama- da 0-20 cm	54
5 - Campo de umidade em por cento em volume, cor respondente à tensão 1/3 atm, para a camada 0-20 cm	55
6 - Campo de umidade em por cento em volume, cor respondente à tensão 15 atm, para a camada 0-20 cm	56
7 - Campo de umidade em por cento em volume, cor respondente à tensão 0,06 atm, para a cama- da 20-40 cm	57

Figura

Página

8	- Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão 1/3 atm, para a camada 20-40 cm	58
9	- Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão 15 atm, para a camada 20-40 cm	59
10	- Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão 0,06 atm, para a camada 40-60 cm	60
11	- Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão 1/3 atm, para a camada 40-60 cm	61
12	- Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão 15 atm, para a camada 40-60 cm	62
13	- Campo de água disponível em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada 0-20 cm	63
14	- Campo de água disponível em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada 0-20 cm	64

Figura

Página

15	-	Campo de água disponível em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada 20-40 cm	65
16	-	Campo de água disponível em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada 20-40 cm	66
17	-	Campo de água disponível em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada 40-60 cm	67
18	-	Campo de água disponível em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada 40-60 cm	68
19	-	Curvas características médias de retenção de água, correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), areno-argilosa (aa) e areno-barrento (ab), da camada 0-20 cm de profundidade	69
20	-	Curvas características médias de retenção de água, correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), barrento (b), areno-argilosa (aa) e areno barrento(ab),	

Figura

Página

da camada 20-40 cm de profundidade	70
21 - Curvas características médias de retenção de água correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), areno-ar- gilosa (aa) e areno-barrento (ab), da camada 40-60 cm de profundidade	71

RETENÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA EM DOIS SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL

Elias de Freitas Junior

Klaus Reichardt
Orientador -

RESUMO

Este trabalho trata da caracterização de aspectos físico-hídricos de dois solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do CNPq/INPA, no município de Manaus.

A área estudada possui 120000 m², e nela ocorrem diferentes solos: Latossol Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo. Ela foi dividida em 32 parcelas de 50-75 m e, no ponto central de cada parcela, foram abertas trincheiras, de onde foi coletado material nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Com estas amostras foram feitas análises de retenção de água e granulometria. A partir dos resultados destas, quantificou-se a água disponível para as 32 parcelas. Neste desenvolvimento experimental, foram utilizados como limites superiores para seu cálculo as tensões 0,06 e 0,33 atm. Posteriormente, procurou-se relacionar estes valores com as clas

ses texturais encontradas nos solos estudados.

São apresentados "campos de umidade" e "campos de disponibilidade" de água para as diversas profundidades, na forma de linhas de iso-umidade e iso-disponibilidade e equações de regressão que permitem calcular a umidade do solo nas tensões 0,33 e 15 atm, a partir do seu teor de argila.

Também são apresentados dados de umidade volumétrica adimensionalizados, que permitem visualizar a liberação de água pelas parcelas.

WATER RETENTION AND ITS AVAILABILITY IN TWO SOILS OF
"AMAZÔNIA CENTRAL"

Elias de Freitas Junior

Klaus Reichardt

- Adviser -

SUMMARY

The physical characterization of two soils from "Estação Experimental de Silvicultura Tropical CNPq/INPA, Manaus, AM", is presented in this paper.

The area studied has 120000 m² in which the soils Latossol Amarelo and Podzólico Vermelho Amarelo are found, and was divided in 32 plots of 50 x 75 m. In the center of each plot, samples were collected at the depths of 0-20, 20-40 and 40-60 cm, for soil-water retention and mechanical analysis. The available water was quantified for all 32 plots.

The available water capacity concept has been very discussed mainly for the soil water tension upper limit utilized for its determination. In this work two upper limits (0,06 and 1/3 atm) were utilized. These values were correlated with the textural classes found in the area. Also presented are "water content and water availability fields" through iso-moisture and iso-availability lines, and dimensionless soil water content.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira ocupa, aproximadamente, 5.10^6 km², dos quais 3.10^6 km² são ocupados pelas florestas de terra firme. Essas áreas de terra firme estão sendo o objetivo principal dos projetos de "desenvolvimento agropecuário". Esses projetos são instalados nessas áreas sem que se tenha um conhecimento sólido das alterações sofridas por esse ecossistema quando a vegetação primária é substituída por outro tipo de cobertura vegetal.

Também sobre as características físicas e hídras dos solos da Amazônia, praticamente nada é conhecido, de tal forma que um estudo desta natureza, para solos desta região, além de fornecer informações básicas necessárias para compreender a dinâmica da água e dos nutrientes para a condução de experimentos futuros, caracteriza mais uma área da região amazônica. Esta caracterização foi feita atendendo às dificuldades na condução de experimentos na região. Devido a isto, as amostras de solo foram coletadas na região e transpor

tadas, na forma de terra fina seca ao ar, para Piracicaba, SP, onde foram analisadas. Procurou-se correlacionar a umidade e a capacidade de água disponível dos solos com suas classes texturais. Estas medidas, apesar de suas limitações, permitem uma comparação destes solos com outros bem estudados e conhecidos, de outras regiões do país.

A retenção de água pelo solo e sua disponibilidade para as plantas são características que variam largamente em função de uma série de fatores do solo, entre eles, a textura, estrutura, densidade global, porosidade, natureza da matriz e teor de matéria orgânica. Embora muitos trabalhos estejam sendo realizados no sentido de melhor compreender estes fatores, em se tratando de solos da região amazônica, como já foi dito, poucas são as informações disponíveis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A água no solo encontra-se num determinado estado de energia, definido pelo que chamamos potencial total da água no solo, que é a somatória de diversos componentes conhecidos como gravitacional, osmótico, de pressão e matricial. Os componentes de pressão, gravitacional e osmótico podem ser descritos analiticamente, o que não acontece com o componente matricial, que só pode ser determinado experimentalmente (REICHARDT, 1975). Em estudos de comportamento do solo quanto à retenção de água em condições de laboratório, o potencial matricial é o que apresenta efetivo interesse, visto que o potencial osmótico só é considerável em solos salinos em contato com paredes semipermeáveis, o de pressão só aparece em solos saturados e o gravitacional, na maioria dos casos é negligível.

O potencial matricial de uma amostra, a

uma dada umidade pode ser determinado através de câmaras de pressão de Richards, funis de placa porosa ou mesa de tensão, dependendo de sua magnitude. Para valores baixos (teor de água na amostra entre a saturação e tensões de 30 cm de coluna de água), utiliza-se a mesa de tensão (JAMISON e REED, 1949 e VOMOCIL, 1965). Para tensões de 0 a 400 cm de coluna de água, podem ser utilizados funis de placa porosa. A tensão máxima desse sistema é limitada pela porosidade da placa que permite a passagem do ar, quando a tensão tende a 400 cm de coluna de água (VOMOCIL, 1965 e REICHARDT, 1975). Acima desses limites de tensão, utiliza-se sistemas de placas porosas e membrana de Richards (RICHARDS e FIREMAN, 1943).

Para a elaboração das curvas de retenção de água pelos procedimentos acima descritos, torna-se importante a determinação de densidade global do solo, para se obter os valores de umidade à base de volume. Essa propriedade do solo é obtida através da relação entre a massa seca e seu volume em condições de campo. Sua determinação pode ser feita segundo vários métodos. No método do anel volumétrico, um anel de bordas cortantes é inserido cuidadosamente no solo e dele retirado cheio; é muito utilizado, embora problemático em solos com presença de pedras. No método do

cilindro de Uhland, um cilindro de alumínio no interior de uma armação de aço de bordas cortantes é introduzido no solo por golpes de um martelo acoplado. Descrições mais detalhadas desses amostradores podem ser encontradas em LUTZ (1947) e JAMISON *et alii* (1950). No método da impermeabilização de torrões, pode-se utilizar parafina (TISDALL, 1951, citado por BLACK, 1965), solução de borracha (ABRDL e PALTA, 1968) ou ainda resina Saran (BRASCHER *et alii*, 1966) que oferece os melhores resultados. Estes métodos, segundo KIEHL (1979), levam a resultados superestimados.

Existem ainda outros métodos, como o da escavação (BLACK, 1965) e o da atenuação da radiação gamma (van BAVEL *et alii*, 1957), tendo este último a vantagem de não perturbar a amostra e permitir acompanhar possíveis variações na densidade como o decorrer do tempo. Deve ser enfatizado que o conhecimento da densidade global é indispensável para calcular a água disponível dos solos.

Os pesquisadores que estudam este aspecto da água no solo vêm tentando estabelecer relações entre a água retida no solo a um dado potencial e os componentes do tamanho das partículas, sua natureza e teor de matéria orgânica, entre outros fatores.

GROHMAN e MEDINA (1962) relataram que a quantidade de água retida pelo solo está na dependência do teor e natureza da fração argila e da porcentagem de matéria orgânica presente. PETERSEN *et alii* (1968), trabalhando com solos da Pennsylvania, encontraram correlação positiva entre a porcentagem de argila e as umidade volumétricas correspondentes às tensões 1/3 e 15 atm. Para o carbono orgânico, a correlação só foi positiva para a umidade volumétrica a 15 atm. MacLEAN e YAGER (1972) encontraram correlação positiva entre a umidade volumétrica e os teores de limo e carbono orgânico para as camadas superficiais e com o teor de areia fina para as camadas mais profundas. RIVERS e SHIPP (1978) obtiveram correlação positiva entre a umidade volumétrica na capacidade de campo e as porcentagens de areia muito fina, limo e areia muito fina + limo + argila.

Existem dois pontos clássicos de umidade do solo: capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A capacidade de campo corresponde a umidade atingida, sob condições de campo, por solos permeáveis, de textura e estrutura uniforme, inicialmente saturados, após sua drenagem livre. Isto, normalmente, acontece 48 a 72 horas após o fornecimento de água (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1949). Diversos pesquisadores têm procurado a melhor maneira de estimar

a capacidade de campo em condições de laboratório. MARSHALL (1959) afirmou que não existe nenhum método de laboratório que possa ser um real substituto da determinação da capacidade de campo como acima definida, por vários fatores, entre eles, propriedades físicas e condições iniciais de umidade do solo.

COLMAN (1947) encontrou valores de potencial matricial correspondentes à capacidade de campo que variaram de 50 a 350 cm de água, enquanto SMITH e BROWNING (1947) encontraram valores entre 25 e 125 cm de água. Já RICHARDS (1949) encontrou valores intermediários dos encontrados pelos autores a cima, isto é, de 30 a 150 cm de água. Por outro lado, JAMISON (1956), trabalhando com diversos tipos de solo, encontrou variações num intervalo de 200 a 500 cm de água. Foi COLMAN (1947) que, trabalhando em condições de laboratório, encontrou evidências de que a capacidade de campo guardava estreita relação com a água retida a 0,33 atm, valor este que teve seu uso generalizado. Trabalhos posteriores ao de COLMAN (1947) mostraram valores diferentes de $1/3$ atm. Assim, JAMISON e KROTH (1958), trabalhando com amostras de 121 perfis, constataram que a sucção que mais se aproximava da capacidade de campo variou desde menos de 0,1 atm até mais de 1 atm. SALTER e HAWORTH (1961) mostraram correlação entre a capacidade de campo em solos franco-arenosos e a umidade correspondente à tensão de 50 cm de água. A grande variabilidade dos valores encontrados mostra que a capacidade de campo não é um ponto definido e universal de umidade correspondente a 0,33 atm, como é normalmente considerado.

O ponto de murchamento permanente foi definido como sendo a umidade num solo onde a planta, em um certo estágio de seu desenvolvimento, murcha e, mesmo quando colocada em câmara escura e úmida, não recupera o turgor (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1949). Este ponto é normalmente considerado como a umidade dos solos correspondente à tensão de 15 atm. Isto se deve provavelmente a trabalhos como os de RICHARDS e WEAVER (1943) e ROBERTSON e KRONKE (1946) que encontraram valores próximos a 15 atm para diversos solos que estudaram. Deve ser enfatizado, no entanto, que este ponto clássico de umidade do solo não depende só do estado de energia da água no solo, mas também da evapotranspiração real, da condutividade hidráulica, do volume de solo explorado pelas raízes, etc. (SLAVIK, 1974, citado por PREVEDELLO, 1978).

Segundo VEIHMEYER e HENDRICKSON (1949), a água compreendida entre estes dois limites, capacidade de campo e ponto de murchamento permanente, foi definida como "água disponível". A utilização de valores específicos para os limites inferior e superior de água disponível tem sido evitada na medida do possível. Estes conceitos carecem de definições físicas e não devem ser considerados como algo mais do que índices grosseiros (GARDNER, 1965), mesmo porque a água pode ser retirada pelas plantas abaixo e acima desses limites. De acordo com estes autores, no intervalo entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente, a água é igualmente disponível e nele as atividades biológicas não são afetadas.

RICHARDS e WALDLEIGH (1952), citados por REICHARDT (1975), encontraram evidências de que a diminuição do teor de água no solo diminui a disponibilidade, podendo a planta apresentar sintomas de deficiência de água antes de ser atingido o ponto de murchamento permanente. Discussões detalhadas das relações solo-água-planta dentro deste intervalo de umidade dos solos podem ser encontrados em HAGAN (1957). FRANS MEIER *et alii* (1960) dividiram o intervalo de capacidade de água disponível em dois, chamando o sub-intervalo mais úmido de água prontamente disponível e o sub-intervalo mais seco de água decrescentemente disponível.

A utilização da umidade correspondente a 0,33 atm como limite superior de água disponível parece levar a uma subestimação dos seus resultados. SALTER e HAWORTH (1961) sugerem 0,05 atm e McLEAN e YAGER (1972) 0,05 a 0,1 atm como valores mais adequados para valores de capacidade de campo.

Diversos autores procuraram correlacionar a água disponível com características físicas dos solos. JAMISON e DROTH (1958), trabalhando com solos do Missouri, obtiveram correlação negativa entre a porcentagem da fração argila e a água disponível, considerando 1/3 e 15 atm como limites. SALTER *et alii* (1968), utilizando os mesmos limites, já obtiveram correlação positiva entre as porcentagens de carbono orgânico e limo com a água disponível.

PETERSEN *et alii* (1968) também encontraram correlação positiva entre a água disponível (0,33 e 15 atm) e a umidade volumétrica correspondente a 0,33 atm e a água disponível e a porcentagem da fração silte. Para as porcentagens de argila, areia e umidade volumétrica a 15 atm, a correlação foi negativa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. A Área

As amostras de solo utilizadas neste trabalho, foram coletadas da área do Projeto "Sistemas de Produção de Frutas Tropicais", do Setor de Agro-Ecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Esta área, de dimensão 300 x 400 m, localiza-se à margem esquerda da Rodovia BR-174 (Manaus-Boa Vista), à altura do km 41 e pertence à Estação Experimental de Silvicultura Tropical do CNPq/INPA, Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus, município de Manaus, Estado do Amazonas. Para facilidade de mapeamento, ela foi dividida em quatro blocos de 100 x 300 m, e cada bloco em 8 parcelas de 50 x 75 m (Figura 1).

3.2. O Solo

O solo da região onde se encontra a área do projeto foi classificado por RANZANI (1979). Segundo este autor,

existem dois tipos distintos de solo: um Latossolo Amarelo, e um Podzólico Vermelho-Amarelo. Pela classificação americana (E.U.A., 1975), o primeiro recebeu a denominação de Typic Haplorthox e o segundo de Orthoxic Tropohumult. Ambos possuem horizonte álico e horizonte A moderado, porém, o Latossolo é de textura argilosa, proveniente da formação geológica Alter do Chão, enquanto que o Podzólico é de textura média, sedimentos fluviais não consolidados sobre a formação Alter do Chão. No Latossolo, o relevo é ondulado curto com declividade de até 10%, a drenagem é boa a moderada e observou-se ligeira erosão laminar. No Podzólico, o relevo é suave a ondulado, com declividade de até 18%, a drenagem é boa e a erosão ausente.

3.3. A Vegetação

Sobre a área foram encontrados dois tipos distintos de vegetação: a mata arenícola e a mata argilícola, caracterizadas pela falta de acúmulo de húmus. Constituem uma estrutura complexa, com estratos dificilmente distinguíveis e folhas sempre verdes, encontrando-se elementos típicos de florestas tropicais pluviais, como sapopemas, cipós e grandes trepadeiras lenhosas, além de uma alta diversidade em espécies. A mata arenícola é caracterizada por uma estrutura não muito desenvolvida. O dossel atinge alturas compreendidas entre 12 e 20 m de altura, com espécies ocasionalmente emergentes, chegando a atingir 25 m de altura. Existe uma abundância de árvores com copas pequenas e caules finos. Isto permite a pene-

tração de grande luminosidade, o que facilita o desenvolvimento de palmeiras e ervas, tais como marantáceas e cyclantáceas. Sobre o solo existe uma manta grossa de raízes. A mata argilícolá já possui uma estrutura bem mais desenvolvida. O dossel ocupa uma faixa na altura de 18 a 30 m. As espécies emergentes chegam a atingir 35 m. Existe uma dominância de árvores grandes com copas espalhadas, o que impede a penetração da luz nos estratos inferiores. Por este motivo, estes estratos são menos densos e a manta de raízes é mais fina (ANDERSON, 1978).

3.4. O Projeto

Inicialmente, a área em estudo era coberta pela vegetação nativa, Floresta Tropical Pluvial Primária. Para a instalação do campo experimental de frutíferas, a vegetação foi derrubada no período compreendido entre agosto e outubro de 1976 e deixada secar sobre o solo, por um período mínimo de 45 dias. No mês de novembro, a área foi submetida ao fogo. Esta prática, apesar de destrutir a principal fonte de matéria orgânica para o solo, é bastante utilizada nas diversas regiões do trópico úmido, por ser imprescindível (slash and burn agriculture) (NYE e GREENLAND, 1960).

Logo após a queima, teve início o inverno chuvoso: Fez-se, então, a semeadura da leguminosa *Desmodium intortum*, que teve por objetivo cobrir o solo o mais rápido possível.

vel, para tentar minimizar os problemas de erosão. Em seguida, foram feitas as operações de estaqueamento e coveamento das parcelas. O coveamento e o plantio foram realizados durante os meses de janeiro e fevereiro de 1977. Às espécies de frutíferas tropicais selecionadas para o projeto foram:

1. Graviola (*Annona muricata*, L.)
2. Caju (*Anacardium occidentale*, L.)
3. Biribá (*Rollinia mucosa* Jacq.)
4. Coco (*Cocos nucifera*)
5. Pupunha (*Guilielma gasipaes* (HBK) Bailey)
6. Mapati (*Pourouma cecropiaefolia* Mart.).

3.5. As Amostras

Na parte central de cada uma das 32 parcelas, foram abertas trincheiras a partir das quais foram retiradas amostras das camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade. Foram retiradas amostras com estrutura deformada para análise mecânica e de matéria orgânica, e com estrutura não deformada para determinação de densidade global.

3.5.1. Densidade Global

A densidade global das camadas de solo de cada parcela foi considerada como sendo a média de duas amostragens tomadas em seu ponto médio. Para o cálculo deste parâmetro,

foram utilizados cilindros de PVC, com uma extremidade cortante. Os cilindros, cujo volume era $94,25 \text{ cm}^3$ (diâmetro = 5 cm e altura = 4,8 cm), eram introduzidos na parede da trincheira através de pequena pressão e retirados cheios de solo. Uma vez retirado o excesso de solo de suas extremidades, o solo dos cilindros era levado para a estufa a 110°C , até que as amostras atingissem massa constante. A densidade global foi obtida a partir da relação:

$$d_g = \frac{m_s}{V_c} \dots\dots\dots (1)$$

onde: d_g = densidade global (g.cm^{-3})

m_s = massa do solo seco (g)

V_c = volume do cilindro (cm^3).

3.5.2. Preparo das Amostras para Elaboração de Curvas Características

As amostras de solo com estrutura deformada, após terem sido retiradas das trincheiras, foram deixadas secar à sombra para em seguida serem passadas por peneiras com malhas de 2 mm de diâmetro, obtendo-se assim o que se chama Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Para serem submetidas aos diferentes procedimentos para medida de sua capacidade de retenção de água, e para

que se obtivesse uma melhor aproximação das condições de campo, as amostras foram acondicionadas em pequenos cilindros de alumínio (diâmetro 3,4 cm e altura 3,0 cm), com o mesmo valor de densidade global obtido com as amostras de solo com estrutura indeformada. O cálculo da quantidade de solo a ser acondicionada em cada cilindro foi feito através da relação:

$$m = (U + 1) \cdot V_c \cdot d_g \quad \dots\dots\dots (2)$$

onde: m = massa de TFSA (g)

U = umidade da TFSA ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

V_c = volume dos cilindros de alumínio (cm^3)

d_g = densidade global das amostras ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$).

O acondicionamento da massa de terra fina seca ao ar dentro dos cilindros de alumínio, para reprodução da densidade global da amostra com estrutura indeformada, foi feita com auxílio de um bastão, cujo diâmetro era aproximadamente igual ao diâmetro do cilindro de alumínio.

3.5.3. Retenção de Água pelas Amostras

O estudo da retenção de água pelas amostras de solo, acondicionadas da maneira acima descrita, foi feito através de diversos meios, dependendo do valor da pressão à qual a amostra era submetida.

Para o estudo de retenção de água a alta tensão (15 atm), foi utilizada uma placa de Richards de 15 bar, com a respectiva câmara de pressão.

Para médias tensões (0,33 e 1,0 atm) foram utilizadas placas de Richards de 1 bar e a câmara de pressão de 5 bar. A leitura, nestes dois casos, foi feita nos manômetros constantes de cada conjunto.

Para a tensão de 60 cm de coluna de água, foram utilizadas placas de 1 bar e a câmara de pressão de 5 bar. Como o manômetro não era suficientemente sensível para esta leitura, foi feita uma adaptação no sistema. Esta modificação consistiu em adaptar à câmara de pressão um manômetro de água. Dessa maneira, como pode ser observado na Figura 2, a pressão que está sendo imposta ao interior da câmara age por toda a superfície interna, inclusive sobre a da água presente no fundo da câmara de pressão. Através de um sistema de tubos de borracha flexível, essa água foi conectada a um tubo de vidro vertical, que fica sobre uma escala graduada. Quando a câmara está aberta, a leitura é zero. Quando qualquer pressão for aplicada no interior da câmara, esta é lida em cm de água na coluna vertical.

Para as tensões de 30 e 2,5 cm de coluna de água, foi utilizada uma mesa para baixas tensões (Figura 3). Esta mesa difere da convencional por possuir nove pontos, atra-

vés dos quais a tensão é aplicada, ao invés de um. Os objetivos de se colocar essas múltiplas saídas foi o de se obter um equilíbrio mais rápido e uma maior homogeneidade da tensão aplicada.

3.5.4. Curvas Características de Retenção de Água

As curvas características de retenção de água foram construídas para cada uma das três camadas estudadas de cada parcela. Elas foram elaboradas colocando-se a umidade volumétrica ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) no eixo das abcissas e o potencial matricial (atm), em escala logarítmica, no eixo das ordenadas.

O cálculo da umidade volumétrica foi feito a partir da umidade à base de massa, através da relação:

$$\theta = U \cdot d_g \dots\dots\dots (3)$$

onde: θ = umidade volumétrica ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

U = umidade à base de massa (g.g^{-1})

d_g = densidade global (g.cm^{-3}).

3.5.5. Armazenagem e Capacidade de Água Disponível

O cálculo da armazenagem de água pelas camadas de solo de cada parcela foi feito pela seguinte expressão:

$$A = \theta \cdot \Delta z \quad \dots\dots\dots (4)$$

onde: A = armazenagem da camada (cm de água)

θ = umidade volumétrica da camada ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

Δz = espessura da camada (cm).

A capacidade de água disponível da camada nada mais é do que a variação de sua armazenagem entre dois limites pré-fixados de umidade, isto é:

$$AD = (\theta_s - \theta_i) \Delta z \quad \dots\dots\dots (5)$$

onde: AD = água disponível da camada (cm de água)

θ_s = umidade volumétrica da camada no limite superior
($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

θ_i = umidade volumétrica da camada no limite inferior
($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

Δz = espessura da camada (cm).

Tradicionalmente, considera-se como limite superior a umidade correspondente à tensão 0,33 atm e como limite inferior a correspondente a tensão 15 atm da curva característica.

No presente trabalho, considerou-se a Água Disponível de cada uma das três camadas de cada parcela, utilizando-se estes limites tradicionais e também o valor de umidade

correspondente à tensão 0,06 atm, para limite superior. A capacidade de água disponível para todo o perfil (0 - 60 cm) foi obtida através da somatória de água disponível de cada camada.

3.5.6. Umidade Adimensional

Com o objetivo de homogeneizar os dados, estabeleceu-se a seguinte relação entre os valores de umidade por cento em volume:

$$\Omega_i = \frac{\theta_i - \theta_{15}}{\theta_{0,0025} - \theta_{15}} \dots\dots\dots (6)$$

onde: Ω_i = valor adimensional de umidade volumétrica para um dado valor de θ_i

θ_i = valor de umidade volumétrica correspondente a um potencial matricial de i atm

$\theta_{0,0025}$ = valor de umidade volumétrica correspondente ao potencial matricial de 0,0025 atm

θ_{15} = valor de umidade volumétrica correspondente ao potencial matricial de 15 atm.

Desta maneira, todos os $\Omega_{0,0025}$ terão valores 1 e todos os Ω_{15} terão valor zero.

Observando com mais detalhe a equação (6), vê-se que, além de expressar a umidade adimensional, possui tam-

bém um significado físico do ponto de vista de retenção de água, isto é:

a) $(\theta_i - \theta_{15}) \Delta z$ = água retida na camada Δz entre os limites i e 15 atm (equação 5)

b) $(\theta_{0,0025} - \theta_{15}) \Delta z$ = água retida na camada Δz entre os limites 0,0025 e 15 atm.

Dividindo-se (a) por (b), obtém-se a equação (6), que representa a fração da água existente na camada entre os limites 0,0025 e 15 atm, que é retida no intervalo i e 15 atm, quando o solo, estando inicialmente com o valor de umidade correspondente a 0,0025 atm, atinge, depois de certo tempo, o valor de umidade correspondente à tensão i . Evidentemente, a fração de água liberada (λ) será, sob estas circunstâncias:

$$\lambda = 1 - \Omega \dots\dots\dots (7)$$

Nestas circunstâncias, $\Omega_{0,33}$ significa a fração da água existente entre 0,0025 e 15 atm que está disponível para a planta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são encontrados os valores de densidade global média das camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade, de todas as parcelas da área experimental. Observa-se, nesta tabela, que, em termos médios, existe uma tendência de aumento de densidade com a profundidade. Considerando que esta área nunca sofreu mecanização, é possível que esta tendência esteja ligada ao teor de matéria orgânica ao longo do perfil, o qual decresce com a profundidade (Tabela 2). Nota-se também que, para as camadas 0-20 cm e 20-40 cm, o bloco IV apresenta maiores valores de densidade global do que os blocos I, II e III. Este fato pode ser atribuído à composição mecânica do solo, visto ser o bloco IV o de textura mais grossa da área, conforme pode ser visto nas Tabelas 3, 4 e 5. Com relação à camada 40-60 cm, não só o bloco IV, mas também o bloco III apresentam altos valores de densidade global. Por outro lado, pode-se observar ainda que o bloco II é o que apresenta os menores valores de densidade. Este bloco é o que a-

presenta a textura mais fina da área (Tabelas 3, 4 e 5).

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam os dados de retenção de água para as camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade, respectivamente.

Com os valores de umidade correspondentes às tensões 0,33 e 15 atm destas tabelas e os valores das frações granulométricas apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5, foram feitas análises de regressão linear cujos resultados são apresentados nas Tabelas 9 e 10.

A Tabela 9 mostra os valores de a (coeficiente linear), m (coeficiente angular) e r (coeficiente de correlação), obtidos da regressão linear entre a umidade volumétrica correspondente à tensão 0,33 atm e os componentes do tamanho de partículas (argila, argila + limo e argila + limo + areia fina), para as camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade e para todo o perfil (0-60 cm de profundidade). Como pode ser observado nesta tabela, existe correlação significativa entre os componentes da análise granulométrica e a umidade volumétrica à tensão de 0,33 atm. Percebe-se ainda que, com a profundidade, o coeficiente angular diminui, independentemente das frações granulométricas consideradas. Este fato pode ser considerado como uma menor tendência à retenção de água das camadras mais profundas. Como o teor da matéria orgânica diminui com o aumento da profundidade (Tabela 2), pode-se inferir

que a diminuição da retenção de água esteja ligada à diminuição deste componente. Apesar desta diferença entre as camadas, a regressão com todos os dados (o perfil todo) também foi altamente significativa, de tal maneira que se pode sugerir, para o perfil 0-60 cm de profundidade da área em questão, a equação 8, para calcular a umidade do solo correspondente à tensão 0,33 atm a partir do teor de argila:

$$\theta_{0,33} = 0,0127 + 0,0043 A\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

onde: $\theta_{0,33}$ = umidade volumétrica ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), correspondente à tensão 0,33 atm.

A% = teor de argila da amostra, em porcentagem.

A Tabela 10 é semelhante à Tabela 9, porém, a umidade é a correspondente à tensão de 15 atm. Nela também se observa alta significância para todo o perfil e para as diversas camadas, porém, os coeficientes angulares são praticamente iguais, mostrando que para 15 atm a influência da matéria orgânica na retenção de água tornou-se negligível. A semelhança do que foi feito para a umidade correspondente à tensão 0,33 atm, a equação 9 pode ser sugerida para o cálculo da umidade volumétrica correspondente à tensão de 15 atm (θ_{15}) a partir do teor de argila (A%) da amostra para o perfil 0-60 cm da área experimental:

$$\theta_{15} = -0,0241 + 0,0041 A\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

As Tabelas 11 e 12 apresentam os dados de água disponível para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, considerando-se como limite superior 0,33 e 0,06 atm, respectivamente, e como limite inferior, 15 cm. A partir dos resultados destas duas tabelas e dos de análise granulométrica das Tabelas 3, 4 e 5, fizeram-se as análises de regressão linear entre água disponível e os componentes do tamanho de partículas. Estes resultados estão nas Tabelas 13 (0,33 e 15 atm como limites de água disponível) e 14 (0,06 e 15 atm como limites de água disponível).

Analisando-se os dados da Tabela 13 verifica-se que só houve significância para os dados da camada 0-20 cm, isto é, para esta camada, o coeficiente de correlação é significativo ao nível de 1%. Para as camadas 20-40 e 40-60 cm, no entanto, isto não se verifica, mostrando que não existiu correlação entre a água disponível e componente do tamanho de partículas, ou seja, as retas são praticamente horizontais, mostrando que a água disponível não variou significativamente com a variação de A, A+L e A+L+AF. Este fato pode estar, novamente, ligado ao teor de matéria orgânica, o qual é mais elevado na camada superficial. Estes resultados, entretanto, contrariam os obtidos por PETERSEN *et alii* (1968). Este fenômeno é comprovado pelos resultados apresentados na Tabela 14, onde o coeficiente de correlação só não foi significativo para a camada 40-60 cm. A significância também para a camada 20-40 cm, neste caso onde os limites são 0,06 e 15 atm, em relação ao caso

anterior onde estes limites eram 0,33 e 15 atm, deve estar relacionada com o aumento da faixa de água disponível para a parte mais úmida da curva de retenção. Os valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,06, 0,33 e 15 atm, para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, foram plotados sobre um mapa da área. A união dos pontos de mesma umidade, através de iso-linhas, forneceram as Figuras 4 a 6, 7 a 9 e 10 a 12, respectivamente. De maneira semelhante, para os dados de água disponível, considerando as umidade correspondentes a 0,06 e 0,33 atm como limites superiores para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm, foram obtidas as Figuras 13-14, 15-16 e 17-18, respectivamente.

A análise das Figuras 4 a 6 mostra que, na camada 0-20 cm, o teor de água atinge o valor máximo na região das parcelas II-7 e II-8, enquanto que o mínimo é encontrado na região das parcelas IV-5 e IV-8. Este fato está relacionado com a classe textural, visto que a região das parcelas II-7 e II-8 é a mais argilosa da área e a das parcelas IV-5 a IV-8, a mais arenosa. Pode ser observada também uma grande alteração nos valores de umidade na transição entre os blocos III e IV, através da aproximação entre as isolinhas, que só pode estar relacionada com a alteração na textura, isto é, a diminuição no teor de água retida é uma consequência da textura que se torna mais grossa a medida que se caminha no bloco II em direção ao bloco IV (Tabela 3). Outro fato que merece ser ressaltado

tado é a semelhança entre as Figuras 5 e 6, sendo uma praticamente o rebatimento da outra e com valores próximos de unidade. A explicação para este caso pode estar relacionada com o fato das tensões correspondentes a estas Figuras, 0,33 e 15 atm, estarem no ramo das curvas de retenção, onde grandes alterações de tensão provocam pequenas alterações na umidade.

Com relação à água disponível na camada 0-20 cm (Figuras 13 e 14), observa-se que os seus valores mínimos estão na região das parcelas IV-5 a IV-8 para ambos os limites adotados, isto é, a região de mínima retenção de água é a de mínima água disponível. O mesmo não acontece com a parcela II-8, que apresenta a maior capacidade de retenção de água da área estudada, porém, não o maior valor de água disponível.

A explicação, mais uma vez, pode ser dada através das classes texturais dos solos destas duas parcelas. O solo da parcela IV-7, por ser o mais arenoso da área, retém muito pouca água (Tabela 3) e já a baixas tensões a cede praticamente toda. Dessa maneira, quando este solo for submetido a tensões mais elevadas, não existirá mais água para ser cedida. Para o caso do solo da parcela II-8, o fato das curvas de retenção das amostras referentes à essa camada serem praticamente lineares e verticais no intervalo entre 0,06 e 15 atm, pode justificar o ocorrido.

Considerações semelhantes podem ser feitas para

a camada 20-40 cm. Também as amostras de textura mais fina (II-8) e mais grossa (IV-6 e IV-8) são responsáveis pela máxima e mínima retenção de água da camada, respectivamente.

Com relação à água disponível, o comportamento é bastante semelhante, visto que a parcela de menor retenção de água é a de mínima água disponível (IV-6 e IV-8), e a de máxima retenção não é a de máxima disponibilidade (II-8) (Figuras 15 e 16).

O comportamento das amostras da camada 40-60 cm de profundidade permite considerações semelhantes àsquelas feitas para as outras camadas (Figuras 17 e 18).

As Figuras 19, 20 e 21 mostram as curvas características médias de retenção de água correspondentes a cada classe textural, para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, respectivamente. Pode ser observado que estas curvas se comportam de acordo com as equações das Tabelas 9 e 10, isto é, a retenção aumenta à medida que a textura se torna mais fina, ou seja, com o aumento do teor de argila.

Na camada 0-20 cm pode ser observado um paralelismo entre os trechos das curvas compreendidos entre 0,06 e 15 atm. A baixas tensões (menor que 0,06 atm), nota-se uma tendência de aumento dos valores absolutos das tangentes às curvas, conforme a textura se torna mais fina.

Para a camada 20-40 cm, podem ser feitas considerações semelhantes: Nesta, aparece uma classe textural (barrento), ausente na camada 0-20 cm, cujo comportamento, sob o ponto de vista de retenção de água, corresponde ao esperado, ou seja, a sua curva característica ficou compreendida entre as das amostras de solo da classe areno-argilosa e argilosa. A tendência das tangentes para esta camada se apresenta de uma maneira menos acentuada.

As curvas características da camada 40-60 cm de profundidade apresentam um comportamento diferente das camadas superiores, no trecho correspondente às tensões 0,0025 e 0,06 atm, onde as curvas apresentam um paralelismo que se mantém até 15 atm.

Um fato que pode estar relacionado com o que se acabou de discutir para tensões abaixo de 0,06 atm é o do decréscimo do teor de matéria orgânica, a medida que se aprofunda no perfil de solo (Tabela 2).

As Tabelas 15, 16 e 17 (correspondentes às camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade) apresentam os valores de Ω para as umidades correspondentes às tensões 0,03, 0,06, 0,33 e 1 atm, obtidos a partir da equação 6 e 7. A partir destas tabelas e das Tabelas 3 a 8, calcularam-se os valores médios de Ω para cada classe textural. Como o comportamento do que vamos explicar a seguir é semelhante para as três camadas, a-

presentamos estes valores, e também os de λ , equação 7, somente para a camada 0-20 cm (Tabela 18).

Como se pode notar na Tabela 18, à medida que a textura se torna mais grossa, menores frações de água são retidas, o que não quer dizer que maiores volumes de água tenham sido liberados. Como se trata de umidade volumétrica adimensionalizada, para se estimar o volume de água retido ou liberado, deve-se multiplicar os valores de Ω e λ , respectivamente, pelo teor de água existente entre 0,0025 e 15 atm. No entanto, em termos comparativos, esta tabela ilustra claramente que a água do solo é mais facilmente liberada à medida que a textura se torna mais grossa.

5. CONCLUSÕES

1. Independentemente do limite superior adotado (0,06 ou 0,33 atm) para o cálculo de água disponível, os solos estudados apresentam baixa capacidade de água disponível.

2. As amostras que apresentaram mínima capacidade de retenção (as mais arenosas) apresentaram também capacidade mínima de água disponível. Para as de máxima retenção (as mais argilosas) não se verificou este comportamento.

3. Tendo em vista estas duas conclusões, a alta taxa de evapotranspiração e a alta intensidade das precipitações dessa região pode-se inferir que, com poucos dias sem precipitação, pode haver problemas de déficit de água, enquanto que, nos períodos chuvosos, problemas ligados à erosão e perda de nutrientes por lixiviação.

4. A elaboração de isolinhas de umidade e água disponível fornecem boa visualização do comportamento da água na á-

rea facilitando o reconhecimento do problema de uma maneira global. Portanto recomenda-se sua elaboração para áreas maiores.

5. Informações sobre os valores de retenção e disponibilidade de água poderão ser obtidas através das seguintes equações:

$$\theta_{0,33} = 0,0127 + 0,0043 A\%$$

$$\theta_{15} = -0,0241 + 0,0041 A\%$$

onde $\theta_{0,33}$ e θ_{15} são unidades volumétricas ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), correspondentes às tensões 0,33 e 15 atm, respectivamente, e A% é o teor de argila da amostra, em porcentagem.

Tabela 1 - Densidade global (g.cm^{-3}) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas.

Bloco	Parcela Nº	Camada de Solo (cm)		
		0-20	20-40	40-60
I	1	1,178	1,307	1,327
	2	1,140	1,158	1,285
	3	1,181	1,251	1,270
	4	1,289	1,322	1,420
	5	1,323	1,395	1,391
	6	1,321	1,199	1,319
	7	1,137	1,192	1,284
	8	1,198	1,291	1,181
II	1	1,155	1,122	1,227
	2	1,096	1,131	1,228
	3	1,276	1,311	1,372
	4	1,199	1,164	1,198
	5	1,249	1,355	1,344
	6	1,199	1,150	1,172
	7	1,165	1,238	1,240
	8	1,193	1,220	1,148
III	1	1,016	0,932	1,262
	2	1,222	1,125	1,344
	3	1,170	1,185	1,442
	4	1,329	1,315	1,362
	5	1,243	1,267	1,400
	6	1,266	1,182	1,406
	7	1,234	1,279	1,444
	8	1,322	1,214	1,364
IV	1	1,211	1,225	1,428
	2	1,235	1,296	1,288
	3	1,352	1,440	1,356
	4	1,248	1,360	1,358
	5	1,400	1,400	1,330
	6	1,244	1,312	1,453
	7	1,203	1,358	1,280
	8	1,323	1,285	1,320

Tabela 2 - Teor de matéria orgânica (%) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas.

Bloco	Parcela Nº	Camada de Solo (cm)		
		0-20	20-40	40-60
I	1	1,1	0,5	0,4
	2	2,1	0,7	0,4
	3	1,7	0,7	0,4
	4	1,0	0,4	0,3
	5	1,4	0,7	0,5
	6	1,9	0,7	0,2
	7	1,8	1,2	0,7
	8	1,3	0,8	0,4
II	1	1,5	0,7	0,4
	2	1,7	0,7	0,4
	3	1,9	0,6	0,4
	4	2,5	1,1	0,5
	5	1,3	0,6	0,3
	6	2,1	1,4	0,5
	7	1,3	0,7	0,5
	8	1,9	0,7	0,6
III	1	1,6	0,8	0,5
	2	2,6	1,1	0,6
	3	1,5	0,7	0,4
	4	1,5	0,8	0,5
	5	1,1	0,7	0,5
	6	2,0	1,0	0,7
	7	1,4	1,0	0,7
	8	3,4	1,4	1,0
IV	1	1,4	0,9	0,4
	2	0,0	1,1	0,5
	3	1,6	1,0	0,6
	4	2,1	1,1	0,8
	5	1,0	1,2	0,6
	6	1,6	1,1	0,8
	7	1,3	0,8	0,8
	8	1,5	1,1	0,7

Tabela 3 - Valor das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Argila %	Limo %	Areia Fina %	Areia Grossa %	Classe Textural
I	1	41	6	12	41	a
	2	42	5	10	43	a
	3	50	5	9	36	a
	4	37	2	9	52	aa
	5	30	2	12	56	aa
	6	31	1	14	54	aa
	7	27	0	12	61	aa
	8	34	1	11	54	aa
II	1	52	4	9	35	a
	2	55	2	9	34	a
	3	35	2	9	54	aa
	4	51	4	11	34	a
	5	37	5	9	49	aa
	6	55	5	9	31	a
	7	50	5	12	33	a
	8	61	4	10	25	ma
III	1	31	1	10	58	aa
	2	41	4	13	42	a
	3	42	3	12	43	a
	4	46	4	13	37	a
	5	37	3	12	48	aa
	6	45	4	10	41	a
	7	47	4	10	39	a
	8	56	5	11	38	a
IV	1	40	2	10	48	a
	2	37	2	13	48	aa
	3	21	1	10	68	ab
	4	34	2	10	54	aa
	5	17	0	12	71	ab
	6	17	2	10	71	ab
	7	15	0	14	71	ab
	8	19	4	12	68	ab

Tabela 4 - Valores das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 20-40 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Argila %	Limo %	Areia Fina %	Areia Grossa %	Classe Textural
I	1	55	1	12	32	a
	2	57	5	7	31	a
	3	61	5	8	26	ma
	4	51	1	9	39	a
	5	40	4	10	46	a
	6	37	10	3	40	a
	7	35	4	9	52	aa
	8	40	5	9	46	a
II	1	62	4	8	26	ma
	2	67	5	7	21	ma
	3	51	4	8	37	a
	4	59	6	9	26	a
	5	56	4	10	30	a
	6	61	5	9	25	ma
	7	64	5	8	23	ma
	8	66	6	8	20	ma
III	1	37	5	11	47	aa
	2	51	5	10	34	a
	3	37	5	12	44	b
	4	56	4	10	30	a
	5	45	1	15	39	a
	6	52	4	11	33	a
	7	60	1	8	31	ma
	8	60	2	11	27	ma
IV	1	50	2	12	36	a
	2	44	2	10	46	a
	3	27	3	11	59	aa
	4	45	2	10	43	a
	5	25	1	10	64	aa
	6	25	1	9	65	aa
	7	27	2	19	52	aa
	8	24	1	16	51	ab

Tabela 5 - Valores das porcentagens de areia, limo e argila e classe textural de todas as parcelas, para a camada 40-60 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Argila %	Limo %	Areia Fina %	Areia Grossa %	Classe Textural
I	1	56	5	9	30	a
	2	60	5	5	30	ma
	3	67	5	6	22	ma
	4	51	1	10	38	a
	5	40	0	8	52	a
	6	51	3	7	39	a
	7	42	3	10	45	a
	8	44	3	9	44	a
II	1	65	2	7	26	ma
	2	67	4	5	24	ma
	3	51	4	8	37	a
	4	69	6	5	20	ma
	5	59	3	9	29	a
	6	69	5	5	21	ma
	7	69	5	5	21	ma
	8	79	6	5	10	ma
III	1	42	3	10	46	a
	2	56	1	11	32	a
	3	54	2	10	34	a
	4	52	3	8	37	a
	5	52	0	12	36	a
	6	56	3	9	32	a
	7	62	3	7	28	ma
	8	65	2	10	23	ma
IV	1	54	1	8	37	a
	2	54	2	8	36	a
	3	35	4	10	51	aa
	4	47	5	9	39	a
	5	25	0	12	63	aa
	6	35	2	10	53	aa
	7	22	0	14	64	ab
	8	26	3	12	59	aa

Tabela 6 - Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	0,469	0,360	0,323	0,208	0,186	0,169
	2	0,450	0,280	0,241	0,193	0,174	0,161
	3	0,435	0,325	0,281	0,227	0,201	0,182
	4	0,438	0,340	0,236	0,175	0,152	0,144
	5	0,380	0,242	0,199	0,151	0,130	0,105
	6	0,431	0,272	0,203	0,135	0,124	0,106
	7	0,476	0,198	0,150	0,130	0,104	0,091
	8	0,442	0,259	0,195	0,134	0,114	0,112
II	1	0,472	0,339	0,302	0,242	0,218	0,200
	2	0,492	0,371	0,322	0,233	0,220	0,192
	3	0,374	0,250	0,214	0,157	0,140	0,122
	4	0,490	0,378	0,353	0,180	0,137	0,111
	5	0,450	0,304	0,249	0,186	0,167	0,129
	6	0,476	0,411	0,382	0,295	0,270	0,210
	7	0,486	0,385	0,336	0,236	0,211	0,190
	8	0,496	0,439	0,403	0,328	0,295	0,250
III	1	0,332	0,187	0,143	0,132	0,107	0,093
	2	0,404	0,349	0,223	0,188	0,178	0,146
	3	0,395	0,294	0,242	0,192	0,178	0,154
	4	0,280	0,262	0,252	0,244	0,228	0,214
	5	0,379	0,298	0,222	0,172	0,163	0,141
	6	0,360	0,340	0,269	0,206	0,187	0,158
	7	0,395	0,367	0,271	0,233	0,212	0,181
	8	0,469	0,406	0,388	0,286	0,276	0,240
IV	1	0,330	0,219	0,173	0,119	0,113	0,101
	2	0,360	0,214	0,143	0,096	0,093	0,063
	3	0,253	0,137	0,095	0,064	0,048	0,044
	4	0,354	0,317	0,292	0,197	0,189	0,169
	5	0,316	0,133	0,070	0,065	0,061	0,041
	6	0,287	0,124	0,080	0,065	0,060	0,044
	7	0,292	0,111	0,069	0,063	0,060	0,044
	8	0,299	0,161	0,141	0,130	0,121	0,107

Tabela 7 - Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 20-40 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	0,451	0,379	0,347	0,258	0,232	0,202
	2	0,431	0,355	0,325	0,226	0,214	0,182
	3	0,449	0,365	0,354	0,268	0,250	0,226
	4	0,425	0,356	0,328	0,231	0,207	0,199
	5	0,444	0,383	0,335	0,226	0,196	0,174
	6	0,459	0,362	0,344	0,231	0,195	0,181
	7	0,462	0,329	0,237	0,180	0,140	0,136
	8	0,456	0,363	0,266	0,211	0,168	0,162
II	1	0,516	0,415	0,345	0,284	0,254	0,234
	2	0,537	0,457	0,406	0,297	0,265	0,253
	3	0,464	0,447	0,373	0,226	0,218	0,214
	4	0,512	0,413	0,369	0,288	0,262	0,240
	5	0,466	0,440	0,382	0,307	0,277	0,255
	6	0,532	0,455	0,399	0,318	0,268	0,254
	7	0,512	0,448	0,416	0,321	0,289	0,263
	8	0,486	0,470	0,404	0,323	0,297	0,285
III	1	0,285	0,225	0,171	0,146	0,130	0,110
	2	0,376	0,326	0,276	0,218	0,207	0,175
	3	0,328	0,289	0,239	0,199	0,179	0,161
	4	0,389	0,346	0,323	0,276	0,250	0,230
	5	0,373	0,340	0,282	0,212	0,193	0,177
	6	0,363	0,251	0,214	0,190	0,178	0,150
	7	0,386	0,345	0,266	0,240	0,210	0,178
	8	0,459	0,371	0,275	0,238	0,218	0,194
IV	1	0,338	0,280	0,228	0,195	0,159	0,115
	2	0,330	0,289	0,201	0,156	0,140	0,104
	3	0,366	0,260	0,133	0,117	0,101	0,073
	4	0,263	0,234	0,195	0,183	0,159	0,121
	5	0,263	0,212	0,163	0,101	0,096	0,091
	6	0,287	0,178	0,116	0,080	0,064	0,060
	7	0,262	0,158	0,119	0,092	0,085	0,066
	8	0,262	0,156	0,113	0,099	0,095	0,076

Tabela 8 - Valores de umidade volumétrica correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas, para a camada 40-60 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	0,431	0,334	0,306	0,259	0,248	0,212
	2	0,421	0,359	0,349	0,284	0,269	0,238
	3	0,438	0,349	0,339	0,287	0,269	0,243
	4	0,431	0,343	0,318	0,254	0,237	0,213
	5	0,425	0,267	0,234	0,186	0,165	0,146
	6	0,464	0,314	0,298	0,243	0,228	0,198
	7	0,453	0,322	0,264	0,213	0,196	0,168
	8	0,437	0,297	0,225	0,175	0,157	0,138
II	1	0,496	0,420	0,351	0,292	0,277	0,245
	2	0,512	0,399	0,365	0,309	0,289	0,265
	3	0,457	0,372	0,322	0,254	0,233	0,211
	4	0,504	0,393	0,356	0,303	0,286	0,262
	5	0,472	0,365	0,349	0,294	0,275	0,255
	6	0,511	0,387	0,336	0,288	0,266	0,252
	7	0,497	0,415	0,389	0,320	0,300	0,273
	8	0,477	0,438	0,401	0,333	0,309	0,280
III	1	0,394	0,338	0,288	0,218	0,194	0,170
	2	0,431	0,384	0,341	0,278	0,254	0,226
	3	0,394	0,345	0,319	0,261	0,234	0,212
	4	0,410	0,370	0,336	0,267	0,241	0,215
	5	0,421	0,392	0,325	0,244	0,221	0,197
	6	0,395	0,364	0,312	0,257	0,236	0,205
	7	0,401	0,350	0,309	0,245	0,227	0,196
	8	0,454	0,377	0,346	0,285	0,262	0,237
IV	1	0,334	0,291	0,241	0,186	0,157	0,133
	2	0,341	0,297	0,245	0,188	0,173	0,144
	3	0,341	0,221	0,178	0,115	0,096	0,072
	4	0,341	0,308	0,251	0,163	0,137	0,105
	5	0,261	0,212	0,154	0,102	0,089	0,066
	6	0,265	0,224	0,177	0,120	0,100	0,076
	7	0,284	0,217	0,173	0,133	0,098	0,072
	8	0,297	0,238	0,197	0,137	0,119	0,091

Tabela 9 - Correlações lineares entre umidade volumétrica correspondente à tensão de 1/3 atm e componentes do tamanho de partículas (A = argila; A+L = argila + limo e A+L+AF = argila + limo + areia fina), para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade e para todo o perfil (0-60 cm) da área experimental.

Camada de Solo (cm)	Nº de Amostras	Componentes do Tamanho de Partículas		
		A	A+L	A+L+AF
0-20	32	a = -0,0174	-0,0229	-0,0835
		m = 0,0050	0,0048	0,0049
		r = 0,910**	0,927**	0,919**
20-40	32	a = -0,0039	-0,0099	-0,0758
		m = 0,0046	0,0044	0,0048
		r = 0,910**	0,923**	0,911**
40-60	32	a = 0,0103	0,0166	-0,0564
		m = 0,0043	0,0039	0,0045
		r = 0,911**	0,901**	0,911**
0-60	96	a = 0,0127	-0,0050	-0,0740
		m = 0,0043	0,0043	0,0048
		r = 0,900**	0,926**	0,924**

a = coeficiente linear

m = coeficiente angular

r = coeficiente de correlação

** = significativo ao nível de 1%

Tabela 10 - Correlações lineares entre umidade volumétrica correspondente à tensão de 15 atm e componentes do tamanho de partículas (A = argila, A+L = argila + limo, A+L+AF = argila + limo + areia fina), para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade e para todo o perfil (0-60 cm) da área experimental.

Camada de Solo (cm)	Nº de Amostras	Componentes do Tamanho de Partículas		
		A	A+L	A+L+AF
0-20	32	a = -0,0202	-0,0257	-0,0755
		m = 0,0041	0,0039	0,0041
		r = 0,881**	0,901**	0,895**
20-40	32	a = -0,0293	-0,0395	-0,0961
		m = 0,0042	0,0041	0,0044
		r = 0,879**	0,905**	0,877**
40-60	32	a = -0,0362	-0,0298	-0,1021
		m = 0,0043	0,0039	0,0045
		r = 0,909**	0,900**	0,907**
0-60	96	a = -0,0241	-0,0295	-0,0900
		m = 0,0041	0,0040	0,0043
		r = 0,901**	0,913**	0,903**

a = coeficiente linear

m = coeficiente angular

r = coeficiente de correlação

** = significativo ao nível de 1%

Tabela 11 - Valores de capacidade de água disponível (mm) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas, considerando 1/3 e 15 atm como limites superior e inferior, respectivamente.

Bloco	Parcela Nº	Camada de Solo (cm)		
		0-20	20-40	40-60
I	1	7,8	11,2	9,4
	2	6,4	8,8	9,2
	3	9,0	8,4	8,8
	4	6,2	6,4	8,2
	5	9,2	10,4	8,0
	6	5,8	10,0	7,0
	7	7,8	8,8	9,0
	8	4,4	9,8	7,4
II	1	8,4	10,0	9,4
	2	8,2	8,8	8,8
	3	7,0	2,4	8,6
	4	13,8	9,6	8,2
	5	11,4	10,4	8,6
	6	17,0	12,8	7,2
	7	9,2	11,6	11,8
	8	14,6	7,6	10,6
III	1	7,8	7,2	9,6
	2	8,4	8,6	10,2
	3	7,6	7,6	9,8
	4	6,0	9,2	10,4
	5	6,2	7,0	9,4
	6	9,6	8,0	10,4
	7	10,4	12,4	9,8
	8	9,2	8,8	9,6
IV	1	3,6	16,0	10,6
	2	6,6	10,4	8,8
	3	4,0	8,8	8,6
	4	5,6	12,4	11,6
	5	4,8	3,6	7,2
	6	4,2	4,0	8,8
	7	3,8	16,4	8,2
	8	4,6	4,6	9,2

Tabela 12 - Valores de capacidade de água disponível (mm) das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade de todas as parcelas, considerando 0,06 e 15 atm como limites superior e inferior, respectivamente.

Bloco	Parcela Nº	Camada de Solo (cm)		
		0-20	20-40	40-60
I	1	18,8	29,0	18,8
	2	22,2	34,6	22,2
	3	19,8	25,6	18,0
	4	18,4	25,8	21,0
	5	18,8	32,2	17,6
	6	19,4	32,6	20,0
	7	11,8	20,2	19,2
	8	16,8	20,8	17,4
II	1	20,4	22,2	21,2
	2	26,0	30,6	20,0
	3	18,4	31,8	22,2
	4	48,4	25,8	18,8
	5	24,0	25,4	18,8
	6	34,4	29,0	16,8
	7	29,2	30,6	23,2
	8	29,6	23,8	24,2
III	1	10,0	12,2	23,6
	2	15,4	20,2	23,0
	3	17,6	15,6	21,4
	4	7,6	18,6	24,2
	5	16,2	21,0	25,6
	6	22,2	12,8	21,4
	7	18,0	17,6	22,6
	8	29,8	16,2	21,8
IV	1	14,6	22,6	21,6
	2	16,0	19,4	20,2
	3	10,2	12,0	21,2
	4	24,6	14,8	29,2
	5	7,2	14,0	17,6
	6	7,2	11,2	20,2
	7	5,0	18,6	20,2
	8	6,8	7,4	21,2

Tabela 13 - Correlações lineares entre água disponível (1/3 e 15 atm como limites) e componentes do tamanho de partículas (A = argila, A+L = argila + limo, A+L+AF = argila + limo + areia fina) para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade da área experimental.

Camada de Solo (cm)	Nº de Amostras	Componentes do Tamanho de Partículas		
		A	A+L	A+L+AF
0-20	32	a = 0,7695	0,6726	-1,4008
		m = 0,1816	0,1701	0,1747
		r = 0,707**	0,708**	0,696**
20-40	32	a = 6,3128	6,3248	4,6012
		m = 0,0586	0,0546	0,0738
		r = 0,249	0,245	0,303
40-60	32	a = 9,1167	0,0034	9,3501
		m = 0,0064	9,2600	0,0016
		r = 0,045	0,026	0,010

a = coeficiente linear

m = coeficiente angular

r = coeficiente de correlação

** = significativo ao nível de 1%

Tabela 14 - Correlações lineares entre água disponível (0,06 e 15 atm como limites) e componentes de tamanho de partículas (A = argila, A+L = argila + limo, A+L+AF = argila + limo + areia fina) para as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade da área experimental.

Camada de Solo (cm)	Nº de Amostras	Componentes de Tamanho de Partículas		
		A	A+L	A+L+AF
0-20	32	a = -2,3062	-2,0921	-8,3539
		m = 0,5504	0,5024	0,5188
		r = 0,743**	0,728**	0,719**
20-40	32	a = 7,0125	5,3409	2,7384
		m = 0,3081	0,3193	0,3095
		r = 0,561**	0,608**	0,544**
40-60	32	a = 20,3903	20,0459	19,8510
		m = 0,0108	0,0188	0,0261
		r = 0,054	0,105	0,131

a = coeficiente linear

m = coeficiente angular

r = coeficiente de correlação

** = significativo ao nível de 1%

Tabela 15 - Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm, de todas as parcelas, para a camada 0-20 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	1	0,64	0,51	0,13	0,06	0
	2	1	0,41	0,28	0,11	0,04	0
	3	1	0,56	0,39	0,18	0,07	0
	4	1	0,66	0,31	0,10	0,03	0
	5	1	0,51	0,30	0,12	0,06	0
	6	1	0,28	0,15	0,10	0,03	0
	7	1	0,28	0,15	0,10	0,03	0
	8	1	0,44	0,25	0,07	0,01	0
II	1	1	0,51	0,37	0,15	0,07	0
	2	1	0,60	0,43	0,14	0,09	0
	3	1	0,51	0,36	0,14	0,09	0
	4	1	0,70	0,64	0,18	0,07	0
	5	1	0,54	0,37	0,17	0,12	0
	6	1	0,75	0,64	0,32	0,22	0
	7	1	0,66	0,49	0,15	0,07	0
	8	1	0,74	0,61	0,30	0,16	0
III	1	1	0,39	0,21	0,16	0,06	0
	2	1	0,90	0,30	0,16	0,12	0
	3	1	0,58	0,36	0,16	0,10	0
	4	1	0,72	0,58	0,45	0,21	0
	5	1	0,66	0,34	0,13	0,09	0
	6	1	0,90	0,55	0,24	0,14	0
	7	1	0,87	0,42	0,20	0,14	0
	8	1	0,72	0,65	0,20	0,16	0
IV	1	1	0,52	0,31	0,09	0,08	0
	2	1	0,51	0,27	0,11	0,10	0
	3	1	0,44	0,24	0,10	0,02	0
	4	1	0,80	0,66	0,15	0,11	0
	5	1	0,33	0,12	0,09	0,07	0
	6	1	0,32	0,15	0,09	0,07	0
	7	1	0,23	0,10	0,08	0,06	0
	8	1	0,28	0,18	0,12	0,07	0

Tabela 16 - Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm de todas as parcelas para a camada 20-40 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	1	0,71	0,51	0,22	0,12	0
	2	1	0,61	0,57	0,19	0,13	0
	3	1	0,62	0,57	0,19	0,11	0
	4	1	0,69	0,57	0,14	0,02	0
	5	1	0,77	0,60	0,19	0,08	0
	6	1	0,65	0,58	0,18	0,05	0
	7	1	0,59	0,31	0,13	0,01	0
	8	1	0,68	0,35	0,12	0,02	0
II	1	1	0,64	0,39	0,18	0,07	0
	2	1	0,71	0,54	0,15	0,04	0
	3	1	0,93	0,64	0,05	0,02	0
	4	1	0,64	0,47	0,18	0,08	0
	5	1	0,88	0,60	0,25	0,10	0
	6	1	0,72	0,52	0,23	0,05	0
	7	1	0,74	0,61	0,23	0,10	0
	8	1	0,92	0,59	0,19	0,06	0
III	1	1	0,66	0,35	0,21	0,11	0
	2	1	0,75	0,50	0,21	0,16	0
	3	1	0,77	0,47	0,23	0,11	0
	4	1	0,73	0,58	0,29	0,13	0
	5	1	0,83	0,54	0,18	0,08	0
	6	1	0,47	0,30	0,19	0,13	0
	7	1	0,80	0,42	0,30	0,15	0
	8	1	0,67	0,31	0,17	0,09	0
IV	1	1	0,74	0,51	0,36	0,20	0
	2	1	0,82	0,52	0,23	0,16	0
	3	1	0,64	0,21	0,15	0,10	0
	4	1	0,80	0,52	0,44	0,27	0
	5	1	0,70	0,41	0,05	0,02	0
	6	1	0,52	0,25	0,09	0,02	0
	7	1	0,47	0,27	0,13	0,10	0
	8	1	0,42	0,20	0,12	0,10	0

Tabela 17 - Valores de umidade adimensional correspondentes às tensões 0,0025; 0,03; 0,06; 0,33; 1 e 15 atm, de todas as parcelas para a camada 40-60 cm de profundidade.

Bloco	Parcela Nº	Tensão (Atm)					
		0,0025	0,03	0,06	0,33	1	15
I	1	1	0,56	0,43	0,21	0,14	0
	2	1	0,66	0,61	0,25	0,17	0
	3	1	0,54	0,49	0,23	0,13	0
	4	1	0,59	0,48	0,19	0,11	0
	5	1	0,43	0,31	0,14	0,07	0
	6	1	0,44	0,38	0,17	0,11	0
	7	1	0,51	0,46	0,26	0,10	0
	8	1	0,53	0,29	0,12	0,06	0
II	1	1	0,70	0,42	0,19	0,13	0
	2	1	0,54	0,40	0,18	0,10	0
	3	1	0,65	0,45	0,17	0,09	0
	4	1	0,54	0,39	0,17	0,10	0
	5	1	0,51	0,43	0,18	0,09	0
	6	1	0,52	0,32	0,14	0,05	0
	7	1	0,63	0,52	0,21	0,12	0
	8	1	0,80	0,61	0,27	0,15	0
III	1	1	0,75	0,53	0,21	0,11	0
	2	1	0,77	0,56	0,25	0,14	0
	3	1	0,73	0,59	0,27	0,12	0
	4	1	0,79	0,62	0,24	0,10	0
	5	1	0,87	0,57	0,21	0,11	0
	6	1	0,84	0,56	0,27	0,16	0
	7	1	0,75	0,55	0,24	0,15	0
	8	1	0,64	0,50	0,22	0,12	0
IV	1	1	0,79	0,54	0,26	0,12	0
	2	1	0,78	0,51	0,22	0,15	0
	3	1	0,55	0,39	0,16	0,09	0
	4	1	0,86	0,62	0,38	0,14	0
	5	1	0,75	0,45	0,18	0,12	0
	6	1	0,78	0,53	0,23	0,13	0
	7	1	0,68	0,48	0,19	0,12	0
	8	1	0,71	0,51	0,22	0,14	0

Tabela 18 - Valores médios de umidade volumétrica adimensionalizada (Ω) e fração de água liberada (λ), para cada classe textural da camada 0-20 cm.

Classe	$\Omega_{0,0025}$	$\Omega_{0,03}$	$\Omega_{0,06}$	$\Omega_{0,33}$	Ω_1	Ω_{15}
Muito Argiloso	1	0,74	0,61	0,30	0,16	0
Argiloso	1	0,67	0,46	0,19	0,11	0
Areno-Argiloso	1	0,53	0,32	0,13	0,07	0
Areno-Barrento	1	0,32	0,16	0,10	0,06	0

Classe	$\lambda_{0,0025}$	$\lambda_{0,03}$	$\lambda_{0,06}$	$\lambda_{0,33}$	λ_1	λ_{15}
Muito Argiloso	0	0,26	0,39	0,70	0,84	1
Argiloso	0	0,33	0,54	0,81	0,89	1
Areno-Argiloso	0	0,47	0,68	0,87	0,93	1
Areno-Barrento	0	0,68	0,84	0,90	0,94	1

IV-8	IV-7	III-8	III-7	II-8	II-7	I-8	I-7
IV-6	IV-5	III-6	III-5	II-6	II-5	I-6	I-5
IV-4	IV-3	III-4	III-3	II-4	II-3	I-4	I-3
IV-2	IV-1	III-2	III-1	II-2	II-1	I-2	I-1

Figura 1 - Diagrama da área experimental de dimensões 300m x 400m, dividida em 4 blocos e 32 parcelas

Figura 2 - Sistema de câmaras de pressão de Richards (adaptação do Catálogo da Soil Moisture Equipment Co.)

Figura 3 - Esquema da mesa de tensão utilizada para determinação das tensões de 0,0025 e 0,03 atm

Figura 4 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 0,06 atm, para a camada 0-20 cm

Figura 5 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão $1/3$ atm, para a camada 0-20 cm

Figura 6 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 15 atm, para a camada 0-20 cm

Figura 7 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 0,06 atm, para a camada 20-40 cm

Figura 8 - Campo de umidade em por cento em volume, correspondente à tensão $1/3$ atm, para a camada 20-40 cm

Figura 9 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 15 atm, para a camada 20-40 cm

Figura 10 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 0,06 atm, para a camada 40-60 cm

Figura 11- Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão $\frac{1}{3}$ atm, para a camada 40-60 cm

Figura 12 - Campo de unidade em por cento em volume, correspondente à tensão 15 atm, para a camada 40-60 cm

Figura 13 - Campo de água disponível em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada 0-20 cm

Figura 14 - Campo de água disponível em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada

0-20 cm

Figura 15 - Campo de água disponível em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada

20-40 cm

Figura 16 - Campo de água disponível em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada

20-40 cm

F gura - Campo de água disponível, em mm de água, considerando 0,06 e 15 atm como limites, para a camada 40-60 cm

Figura 18 - Campo de água disponível, em mm de água, considerando 1/3 e 15 atm como limites, para a camada 40-60 cm

ψ_m (atm)

Figura 19 - Curvas características médias de retenção de água, correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), areno argilosa (aa) e areno-barrento (ab), da camada 0-20 cm de profundidade.

Figura 20 - Curvas características médias de retenção de água, correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), barrento (b), areno-argilosa (aa) e areno-barrento (ab), da camada 20 - 40 cm de profundidade.

ψ (atm)
m

Figura 21 - Curvas características médias de retenção de água correspondente às classes texturais: muito argilosa (ma), argilosa (a), areno-argilosa (aa) e areno-barrento (ab), da camada 40-60 cm de profundidade.

6. LITERATURA CITADA

- ABROL, I.P. e J.P. PALTA, 1968. Bulk density determination of soil clods using rubber solution as a coating material. *Soil Science*, New Brunswick, 106: 465-468.
- ANDERSON, A.B., 1978. Aspectos florísticos e fitogeográficos de campinas e compinaranas na Amazônia Central. Manaus, INPA/FUA. 104p. (Tese de Mestrado).
- BLACK, C.A.; D.D. EVANS; J.L. WHITE; L.E. ENSMINGER e F.E. CLARK, 1965. *Methods of soil analysis*: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy. v. 1 (Agronomy, 9).
- BRASHER, B.R.; D.P. FRANZMEIER; V. VALASSIS e S.E. DAVIDSON, 1966. Use of Saran resin to coat natural soil clods for bulk density and moisture retention measurements. *Soil Science*, New Brunswick, 101(2): 108.

COLMAN, E.A., 1947. A laboratory procedure for determining of field capacity of soils. *Soil Science*, New Brunswick, 67: 277-283.

E.U.A., 1975. Soil survey staff soil taxonomy - a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., (Agriculture Handbook, 436, U.S. Government Printing Office).

FRANZMEIER, D.P.; E.P. WHITESIDE e A.E. ERICKSON, 1960. Relationship of texture classes of fine earth to readily available. *Transactions of 7th International Congress of Soil Science*, Madison, 1: 354-363.

GARDNER, W.R., 1965. Dynamic aspects of soil water availability to plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 16: 323-342.

GROHMANN, F., 1960. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 19: 319-328.

GROHMANN, F. e H.P. MEDINA, 1962. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 21(8): 285-293.

JAMISON, V.C. e I.F. REED, 1949. Durable asbestos tension table. *Soil Science*, New Brunswick, 67: 311-318.

- JAMISON, V.C.; H.H. WEAVER e I.F. REED, 1950. A hammer-driven soil core sampler. *Soil Science*, New Brunswick, 69:487-496.
- JAMISON, V.C., 1956. Pertinent factors governing the availability of soil moisture to plants. *Soil Science*, New Brunswick, 81: 459-471.
- JAMISON, V.C. e E.M. KROTH, 1958. Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of several Missouri soils. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 22: 189-192.
- KIEHL, E.J., 1979. *Manual de edafologia; - relações solo-planta*. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 264p.
- LUTZ, J.F., 1947. Apparatus for collecting undisturbed soil samples. *Soil Science*, New Brunswick, 64: 399-401.
- MACLEAN, A.H. e T.U. YAGER, 1972. Available water of Zambian soils in relation to pressure plates measurements and particle size analysis. *Soil Science*, New Brunswick, 113: 23-29.
- MARSHALL, T.J., 1959. Distribution of water in soil. In: Comm. Bur. Soils Tech. Commun., eds. *Relation between water and soil*. p. 39-45.
- NYE, P.H. e O.J. GREENLAND, 1960. The soil under the shifting

cultivation. Comm. Bur. of Soils, Harpendn, England.

PETERSEN, G.W.; R.L. CUNNINGHAM e R.P. MATELSKI, 1968. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention related to texture. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 32(2): 271-275.

PREVEDELLO, C.L., 1978. Fluxo bidimensional de água à raiz da planta. Santa Maria, UFSM/RS. 64p. (Dissertação de Mestrado).

RANZANI, G., 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazonica*, Manaus, 10(1): 7-41.

REICHARDT, K., 1975. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Piracicaba, Fundação Cargill. 286p.

RICHARDS, L.A. e M. FIREMAN, 1943. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, New Brunswick, 56: 395-404.

RICHARDS, L.A. e L.R. WEAVER, 1943. Fifteen atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. *Soil Science*, New Brunswick, 56: 331-339.

RICHARDS, L.A., 1949. Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Science*, New Brunswick, 68: 95-112.

RICHARDS, L.A. e C.H. WADLEIGH, 1952. Soil water and plant growth. In: *Soil physical conditions and plant growth*. p. 13. Am. Soc. Agron. Monograph. 2. Fundação Cargill: 285p.

RIVER, E.D. e R.F. SHIPP, 1978. Soil water retention as related to particle size in selected sands and Loamy sands. *Soil Science*, New Brunswick, 126: 94-100.

ROBERTSON, L.S. e H. KOHNKE, 1946. The pF at the wilting point of several Indiana soils. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 11: 50-52.

SALTER, P.J. e F. HAWORTH, 1961. The available water capacity of a sandy loam soil. I. A critical comparison of methods of determining the moisture content of soil at field capacity and the permanent wilting point. *Journal of Soil Science*, Oxford, 12: 326-334.

SALTER, P.J. e J.B. WILLIAMS, 1965a. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. I. A critical comparison of technique for determining the available water capacity and moisture characteristic curve of a soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, 16: 1-15.

SALTER, P.J. e J.B. WILLIAMS, 1965b. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available

water capacity and moisture release characteristics.

Journal of Soil Science, Oxford, 16: 310-317.

SALTER, P.J.; G. BERRY e J.B. WILLIAMS, 1966. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. III. Quantitative relationship between particle size composition and available water capacity. *Journal of Soil Science*, Oxford, 17: 93-98.

SALTER, P.J. e J.B. WILLIAMS, 1969. The influence of texture on moisture characteristics of soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, 20: 126-131.

SLAVICK, B., 1974. Water exchange between plant roots and soil. *Apud* PREVEDELLO, C.L., 1978.

SMITH, R.M. e D.R. BROWNING, 1947. Soil moisture tension and pore space relations for several soils in the rang of "field capacity". *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 12: 17-21.

SOIL SURVEY STAFF, 1960. Soil classification. 7th. Approx. and Suppl. U.S. Dept. Agr., Washington. *Soil Science*, 133: 29.

TAYLOR, S.A. (s.d.). Evaluating soil water. *Bull. Utah Agric. Experim. Station*, Utah State University, Logan, n^o 426.

- TISDALL, A.L., 1951. Comparison of methods of determining apparent density of soils. *Australian Journal Agricultural Research*, Melbourne, 2: 349-354.
- VAN BAVEL, C.H.M.; N. UNDERWOOD e S.R. RAGAR, 1957. Transmission of gamma radiation by soils and soil densitometry. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 21: 588-591.
- VEIHMEYER, F.J. e A.H. HENDRICKSON, 1927. Soil moisture condition in relation to plant growth. *Plant Physiology*, Lancaster, 2: 71.
- VEIHMEYER, F.J. e A.H. HENDRICKSON, 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. *Soil Science*, New Brunswick, 32: 181-193.
- VEIHMEYER, F.J. e A.H. HENDRICKSON, 1949. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. *Soil Science*, New Brunswick, 68: 75-95.
- VOMOCIL, J.A., 1965. Porosity. In: BLACK, C.A., ed. *Methods in soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy. v. 1. (Agronomy, 9).