



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA UMIDADE NATURAL DO SOLO EM  
SUCESSIVAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO RIACHO  
ANGICO, PERTENCENTE À REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA.**

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**RELATÓRIO FINAL**

**ALUNO: WALKER GOMES DE ALBUQUERQUE, MAT.:2 9911407  
ORIENTADOR: PROF.Dr.JOSÉ DANTAS NETO**

**CAMPINA GRANDE-PB  
OUTUBRO DE 2005**



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA UMIDADE NATURAL DO SOLO EM  
SUCESSIVAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO RIACHO  
ANGICO, PERTENCENTE À REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA.**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**ASSINATURA**

Prof.Dr.José Dantas Neto

José Dantas Neto

Prof.<sup>a</sup>Dra.Vera Lúcia Antunes de Lima

Vera Lúcia Antunes de Lima

Doutoranda, Soahd A.Rached Farias.

Soahd A. Rached Farias

**CAMPINA GRANDE-PB  
OUTUBRO DE 2005**

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, por está sempre ao meu lado guiando os meus caminhos.*

*Meus pais, que juntos puderam dar-me o dom da vida.*

## **OFEREÇO**

*Primeiramente, a conquista do sonho em me formar engenheiro agrícola e de ser um homem digno de princípios morais ao maior tesouro de minha vida, minha mãe Belinha, que esteve sempre ao meu lado como um alicerce de apoio, encorajamento, incentivo e, sobretudo, carinho.*

*Ofereço também essa vitória pessoal à minha tia, Mércia (minha segunda mãe) que me faz sentir privilegiado com sua atenção maternal e às minhas irmãs (Stella, Aninha e Branca) por serem parte do sangue que circula em meu coração.*

*Dedico*

---

## SUMÁRIO

Página:

### LISTA DE FIGURAS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2.OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>3.REVISÕES DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
<b>3.1-Barragem subterrânea</b>	<b>5</b>
<b>3.2-Técnicas de Reuso com Fins Agrícolas:</b>	<b>6</b>
3.2.1-Barra mento com Pneus Usados para Contenção de Solo e Água (BAPUCOSA)	6
<b>3.3-Parâmetros Físico-Hídricos do Solo:</b>	<b>7</b>
3.3.1-Umidade do Solo	7
3.3.2-Peso específico dos solos	9
3.3.3-Granulometria dos solos	10
3.3.4-Porosidade dos solos	11
<b>4.METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
4.1-Descrição da Área Estudada	12
4.2-Monitoramento do Solo	13
4.3-Propriedades Físico-Hídricas do Solo	17
<b>5.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>20</b>
5.1-Monitoramento de Precipitação no Local	20
5.2-Análises do Solo	21
5.3-Propriedades Físicas do Solo e Umidade Disponível para as Plantas	21
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>30</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>31</b>

---

## LISTA DE FIGURAS

- Fig.1- Bacia do Rio São Pedro, pertencendo a Região da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba.  
**Pág.:12**
- Fig.2- Mosaico de Fotografias Aéreas da Microbacia do Riacho Angico (Paus Brancos), em 1999 e com área investigada indicada pelo círculo. **Pág.: 13**
- Fig.3 Barragem 1, com detalhamento das pontas das varas de ferro virada e pedras dispostas na ultima camada. **Pág.:15**
- Fig.4-Barragem 1, vista à jusante após chuvas intensas do mês de janeiro de 2005. **Pág.:15**
- Fig.5- Barragem 2 com detalhe do preenchimento de areia na ausência de pedras. **Pág.:15**
- Fig.6- Barragem 2 após as primeiras chuvas do local. **Pág.:15**
- Fig.7- Panorama da Barragem 3 no Período da Construção. **Pág.:15**
- Fig.8- Trecho da Barragem 3 na calha do riacho após as primeiras chuvas do local, mostrando o “emborcamento” de um único pneu. **Pág.:15**
- Fig.9- Esquema de localização dos pontos coletados de amostras de solo, para três profundidades. **Pág.:19**
- Fig.10- Local de Instalação do Pluviômetro Ville de Paris, Próximo ao Local da Pesquisa.  
**Pág.:20**
- Fig.11- Textura em 57 pontos (30-60cm). . **Pág.:22**
- Fig.12- Textura em 57 pontos (60-90cm). . **Pág.:22**
- Fig.13-. Valores médio, mínimo e máximos de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 30cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral. **Pág.:27**
- Fig.14-Valores médio, mínimo e máximos de Umidade disponível para plantas (%) em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 30cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral. . **Pág.:28**
- Fig.15- Valores médio, mínimo e máximos de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 60cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral. . **Pág.:28**

- Fig. 16- Valores médio, mínimo e máximos de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 90cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral. . **Pág.:29**
- Fig.17- Valores médio, mínimo e máximos de Umidade disponível para plantas (%) em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 90cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral. . **Pág.:29**

---

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Descrição da área estudada no monitoramento de solo em trecho de riacho com a presença de barragens subterrâneas com BAPUCOSA. **Pág.:14**
- Tabela 2. Locais Georeferenciados dos Pontos de Coleta de Solo. **Pág.:18**
- Tabela 3. Dados Pluviométricos do Local Durante a Pesquisa. **Pág.:21**
- Tabela 4. Quantificação da textura de solo encontrada nas profundidades de 30-60 e 60-90 cm. **Pág.:22**
- Tabela 5. Valores estatísticos resultantes da avaliação descritiva dos parâmetros físicos densidade global,densidade das partículas e porosidade em um total de 57 amostras. **Pág.:23**
- Tabela 6. Valores de umidade natural do solo para diversos trechos ao longo do riacho, com resultados de média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação no mês mais crítico (dezembro de 2004). **Pág.:24**
- Tabela 7. Valores de umidade natural do solo para diversos trechos ao longo do riacho, com resultados de média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação no mês mais chuvoso (abril de 2004). **Pág.:24**
- Tabela 8. Média da disponibilidade de água para as plantas em percentual, do perfil 0-90 cm, em cada área estudada, nos dois períodos de monitoramento (dez/04 e abr/05). **Pág.:26**
- Tabela 9. Número de amostras por profundidade e respectivo percentual com relação ao total de 57 amostras que possui disponibilidade de água para plantas nos percentuais maiores que 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. **Pág.:27**

---

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar parâmetros físico-hídricos e físico-químicos foram coletadas amostras de solos em 57 pontos, em profundidades de 0-30, 30-60, 60-90 cm, ao longo de um riacho que possui 06 barragens subterrâneas seqüenciadas, bem como em áreas testemunhas (montante e jusante). As análises apresentaram como resultados a presença de solos com predominância arenosa. O menor percentual de disponibilidade da água para as plantas, como era de se esperar, ocorreu em dezembro/2004 (período seco). Em abril/2005 (período de chuvas) foram obtidos valores médios de umidade na área a montante (testemunha), enquanto nas barragens que possuíam os BAPUCOSA's o teor de umidade foi bem maior, o que confirma que a presença desses obstáculos aumenta a disponibilidade de umidade para as plantas.

**Palavras chave:** Obstáculo superficial, barragem subterrânea, água disponível, diagnóstico de qualidade de água, poço amazonas, terraceamento.

## ABSTRACT

The terracing with tire stripes, implemented on a depredated area, showed, visually, a good efficiency on soil accumulation. Soil samples were collected on 57 points at depth intervals of 0-30, 30-60 and 60-90cm, along a river that has 6 sequenced subterranean reservoirs, as well as in testimonies areas (upward and downward from the BAPUCASA structure) with the objective of evaluate the soil physical-hydrical and physical-chemic attributes. The results showed the presence of mainly sandy soils. As it was expected the lowest soil water availability was found during the month of December (dry period). On April 2005 (rainy period) the areas upward the BAPUCOSA barramundis had medium soil moisture contents however upward these, the soil water availability was much higher showing, thus, that the BAPUCOSA constructions increased the soil water availability for plants

**Key word:** Surface obstacle, subterranean reservoir, available water, water quality diagnostic, Amazonian wells, terracing.



---

## 1. INTRODUÇÃO

Professores e alunos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na Paraíba, criaram uma alternativa social eficiente para enfrentar a seca e a miséria no semi-árido nordestino. Da união de experiências de resultados comprovados e criatividade dos acadêmicos surgiu a proposta Bapucosa - Barragem com pneus usados para contenção de solo e de água. A iniciativa possibilita a obstrução parcial do fluxo hídrico em riachos temporários e permite um maior armazenamento de águas em barragens subterrâneas. Segundo Baracuhy (2001), este acúmulo de água deixa o solo mais úmido e isto aumenta a possibilidade, entre outras coisas, que o pequeno produtor plante na região. As pesquisas que deram origem ao projeto Bapucosa começaram em 1998, quando a UFCG foi convidada pela Prefeitura Municipal de Campina Grande para fazer um levantamento dos problemas sociais do assentamento rural de Paus Brancos, na região semi-árida de Campina Grande. Segundo o professor, o índice de deteriorização socioeconômica da região ficou em 70%, enquanto o aceitável é 10%. As 72 famílias de Paus Brancos viviam em uma situação de extrema miséria. Faltava água, energia e atendimento de saúde. Alguns moradores tinham até cinco verminoses ao mesmo tempo. Entre os problemas encontrados e que poderiam ser estudados mais a fundo pelo Departamento de Engenharia Agrícola se destacou a carência de água, usada como insumo para a produção agrícola, consumo e higiene. Na região semi-árida da Paraíba as chuvas são irregulares, variando entre 400 e 600 mm/ano. Além desta baixa precipitação pluvial, 80% deste volume é atingido em apenas cinco chuvas e o calor provoca uma grande evaporação. Com o objetivo de possibilitar o acúmulo de água durante as poucas chuvas, para que ela pudesse ser utilizada ao longo do ano, o grupo da UFCG começou a testar a construção de barragens subterrâneas, uma tecnologia social já comprovada. A preocupação não se prendia apenas no fato de reter água nos 2.300 hectares da bacia de Paus Brancos, mas, sobretudo, gerar atividades econômicas para os moradores, através da agricultura.

No começo do ano 2000, a equipe da Universidade ajudou os moradores da região a construir 15 barragens subterrâneas. Fazendo um corte transversal em um riacho temporário na época de seca, abrindo uma trincheira, com no mínimo 60

centímetros de largura, até atingir o material rochoso do solo e colocando uma lona plástica até o final da escavação na parede oposta ao fluxo de onde desce a água durante as chuvas. Em seguida, repõe-se o solo retirado da vala, excluindo-se as pedras. Só que como o solo semi-árido tem baixa permeabilidade e a água não ficava muito tempo sob o rio, não dava tempo para ela infiltrar. Logo na primeira época de chuvas se percebeu que as barragens não acumulavam o volume de água que era esperado tendo a necessidade de se buscar novas tecnologias. A solução encontrada foi associar um barramento de pneus usados à construção das barragens subterrâneas, acabando por encontrar uma solução para destinação final do lixo de pneus usados, que era uma preocupação muito grande da Prefeitura de Campina Grande na época, por conta da epidemia de dengue na cidade e da queima de pneus realizadas para a retirada do aço neles contidos. A colocação de um barramento em arco com camadas de pneus usados, a dois ou três metros da lona da barragem subterrânea, permitiu o represamento das águas das precipitações ocorridas durante o período de abril e maio, garantindo o ciclo completo de algumas culturas. Os pneus fazem a água ficar mais tempo sob a barragem, dando tempo para ela infiltrar (Baracuh,2001).Com o solo mais úmido, produz-se mais alimentos para a subsistência e é até possível se drenar água para o consumo.

A situação de destinação adequada dos pneus usados no Brasil levou o governo brasileiro em 1999, através da Resolução Nº 258 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), a exigir que fábricas de pneus instaladas no país dessem utilização de todo o ativo/passivo desses produtos usados sem, contudo, contaminar o meio ambiente. Ao desenvolver técnicas de reciclagem com custos baixos este trabalho está contribuindo para aumentar a capacidade de retenção de água e de solos agrícolas, através de práticas ambientais, retirando do meio urbano, resíduos sólidos de grande capacidade de alojar insetos como *Aedes aegypt*, transmissor da dengue e da febre amarela, e poluir o ar quando incinerados.

Em função também da necessidade de utilização de materiais alternativos e mais econômicos para obtenção de melhores resultados agrícolas e de captação de água em áreas rurais, principalmente para atender a agricultura familiar, o presente trabalho teve como objetivo a adoção de novas técnicas de captação de água “in situ” para promover maior suporte hídrico nos solos através do barramento com pneus usados para contenção de solo e de água (BAPUCOSA) numa proposta de produzir obstrução parcial do fluxo hídrico superficial e dos solos carregados em riachos temporários,

produzindo um maior armazenamento de águas em barragens subterrâneas, conforme recomenda Costa, (1987). A outra técnica consiste em instalar terraceamento com tiras de pneus (TETIP) para proteger as encostas degradadas, retendo solo e água e aumentar a capacidade da cobertura vegetal.

Lund (1993), através de estudos efetuados, afirma que o Brasil produz cerca de 32 milhões de pneus por ano. Quase um terço dessa produção é exportada para 85 países e o restante é utilizado nos veículos nacionais. Dentro deste montante as quantidades descartadas precisam ter destinos adequados e não poluentes. Segundo BNDES (1998), como os materiais de constituição dos pneus são de difícil decomposição, a sua disposição torna-se mais complexa. Para que se possa modificar este cenário é imprescindível à necessidade de se promover mudanças na sua destinação final e adequá-la a uma “melhor tecnologia de tratamento disponível, ambientalmente segura e economicamente viável”, principalmente quando se tratar de pneumáticos inservíveis.

---

## **2.OBJETIVOS**

### **Gerais:**

A presente pesquisa foi uma meta do projeto financiado pela FUNASA, sob convenio 158/02, com o objetivo de realizar monitoramento de umidade natural do solo em períodos crítico (dezembro/2004) e chuvoso (abril/2005);

### **Específicos:**

Coletar e analisar a umidade natural do solo nos períodos crítico (dezembro/2004) e chuvoso (abril/2005) a partir dos parâmetros físico-hídricos dos solos e realizar o cálculo da disponibilidade de água para as plantas nestes períodos.

---

### 3. REVISÕES DE LITERATURA

#### 3.1-Barragem subterrânea:

A barragem subterrânea é uma tecnologia curiosa: sua parede é construída para dentro da terra. Desta forma, ela barra as águas de chuvas que escorrem no interior do solo e forma uma vazante artificial onde os agricultores terão um terreno molhado por longo período após a época chuvosa – que no Semi-Árido costuma durar apenas quatro meses. Neste terreno, os riscos de perdas são reduzidos em cultivos como o milho e o feijão e as espécies forrageiras. O armazenamento de água no perfil do solo ocorre graças à interceptação do fluxo superficial e subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado com a construção de uma parede, também conhecida como septo impermeável. Esta parede pode ser construída com argila compactada, alvenaria, concreto ou lona de plástico, dependendo das condições locais do produtor e da disponibilidade de materiais da região (Brito et al., 1989). As principais vantagens são: acumulação de água com reduzida evaporação, menor risco de salinização, quando bem manejada agricolamente, e a não-ocupação de áreas agricultáveis, normalmente cobertas com água nos reservatórios de acumulação superficial (Duque, 1980 & Brito et al., 1989). As águas das chuvas armazenadas na área da barragem subterrânea ficam disponíveis por quase todo o ano porque, guardadas dentro do solo, sofrem pouco os efeitos da evaporação. Para o pesquisador Everaldo Rocha Porto, da Embrapa Semi-Árido, a eficiência desta tecnologia na captação e armazenamento da água das chuvas é tanta que, quando bem gerenciada, dá à área de plantio a aparência de um oásis na época de estiagem no Semi-Árido.

## **3.2-Técnicas de Reuso de pneus usados com Fins Agrícolas:**

### **3.2.1-Barramento com Pneus Usados para Contenção de Solo e Água (BAPUCOSA).**

Esta técnica de captação de água “in situ” é utilizada em conjunto, fazendo parte de uma substituição dentro da construção de Barragens Subterrâneas modelo Costa & Melo, no qual ocorre a substituição do anrocamento de pedras por obstáculos de pneus usados (BAPUCOSA), o qual foi citado como um primeiro modelo construído deste obstáculo segundo BARACUHY et al. (2001) na Comunidade Rural de Paus Brancos, zona rural de Campina Grande-PB. Sua função é reter as águas que passam no período das enxurradas, promovendo “empoçado” após as chuvas, causando um maior acúmulo de água e mantendo a umidade adequada para a montante da barragem subterrânea em períodos de chuvas irregulares no inverno e/ou de pouca precipitação ao longo do ano, o que garante produção agrícola para as culturas anuais e manutenção das perenes, além de aumentar a matéria orgânica no ambiente a sua montante através da sedimentação gradativa das partículas de solo que ficam em suspensão nas enxurradas.

Os pneus utilizados para este trabalho foram preferencialmente de caminhão, modelos tipo 10 x 20; 9 x 20; 11 x 22; 275; 290 e similares, inclusive os rompidos em uma das faces. O BAPUCOSA preferencialmente é construído a jusante da barragem subterrânea, distante no mínimo de 1,0 m na parte do seu vértice máximo.

Resultados do primeiro modelo de BAPUCOSA estão relatados em Baracuchy et. al. (2001) com a seguinte característica: largura de 15 metros com 04 (quatro) camadas completas de pneus, gerando uma altura aproximadamente de 0,88 metros no ponto mais baixo do riacho. Este barramento promoveu uma obstrução física de  $A = 7,22 \text{ m}^2$  da seção do riacho, proporcionando um acúmulo de água no ponto mais extremo longitudinal de 66,9m e garantindo a produção de sorgo forrageiro e milho no ano de 2001, em condições desfavoráveis de distribuição e intensidade de chuvas em período chuvoso.

### **3.3-Parâmetros Físico-Hídricos do Solo:**

#### **3. 3.1-Umidade do Solo**

Os solos são sistemas de três fases: ar, água, e sólidos. Todo o seu estudo vai analisar estes três fatores e a sua correlação.

A persistência com que a água é retida pelos sólidos do solo determina, um grau marcante, a sua movimentação no solo e sua utilização pelos vegetais. Por exemplo, quando o teor de umidade dum solo é ótimo para o crescimento vegetal as plantas podem assimilar prontamente a água do solo porque grande quantidade dela encontra-se nos poros de tamanho intermediário (MILTON VARGAS,1972). Os conhecimentos da umidade dos solos são úteis como apoios para diversos ensaios, especialmente no estudo de compactação. Define-se umidade  $h$  do solo como sendo a razão entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume, expressa em porcentagem (CAPUTO, 1983).

Pode ser determinada em laboratório ou em campo pelos seguintes métodos:

- Método da estufa;
- Método Speedy;
- Método do álcool;
- Método do fogareiro
- Método nuclear
- Equipamento com lâmpada infravermelha;
- Forno microondas especial.

OBS: Foi utilizado para este experimento somente o método da estufa. Este método consiste em determinar o peso da amostra no seu estado natural, razão pela qual a amostra não deve perder umidade, e o peso após completa secagem em uma estufa a 105°C ou 110°C.

Veihmeyer & Hendrickson citado por Boedt & Verheye (1985) conceituam a “água disponível” do solo para as plantas, como sendo a porcentagem de umidade retida entre um limite superior e um limite inferior de disponibilidade de água para as culturas, respectivamente chamados de “capacidade de campo” e “ponto de murcha permanente”. De acordo com Vieira (1986), o conhecimento desse valor é de muita importância para os projetos de irrigação.

Muitos pesquisadores têm discutido sobre a disponibilidade de água entre os limites da capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Assim, Veihmeyer &

Hendrickson (1950), salientam que a água presente neste intervalo está igualmente disponível para as plantas, e o crescimento e a transpiração das mesmas, não são reduzidos, mesmo que a umidade do solo diminua, sempre que sejam mantidos os limites citados. Outros estudiosos (Richards e Wadleigh, 1952; Stanhill, 1957) afirmam que a água estará menos disponível, conforme o conteúdo de água diminua abaixo da capacidade de campo.

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; Miranda, 1999). Fontes & Oliveira (1982) informaram que ao se comparar valores de disponibilidade de água de vários solos, devem-se levar em conta outros parâmetros, além dos utilizados na sua obtenção, como por exemplo, as percentagens de areia, silte, argila, valor da CTC e matéria orgânica.

Teixeira (2001), trabalhando em solos da mesma microbacia, realizou uma avaliação geoestatística que resultava em parâmetro físico-hídricos com interligação espacial de distância entre os pontos de 14 a 31m.

A umidade natural do solo pode ser obtida através da umidade gravimétrica ( $U_g$ ) que é a massa de água contida em uma determinada massa de solo.

$$U_g = \frac{m_{ag}}{m_s} \cdot 100 = \frac{m_u - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:  $m_{ag}$ = massa da água;  $m_s$ = massa do solo seco;  $m_u$ = massa de solo úmido.

A água disponível no solo para atender as necessidades hídricas da plantas é obtida pela diferença da capacidade de campo (0,33 atm) e o ponto de murcha permanente (15 atm).

Segundo Azevedo (1999), a capacidade de armazenamento de água pelo solo compreende o cálculo da quantidade de água retida no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, denominada de lâmina líquida inicial de irrigação e o cálculo de quantidade de água retida no solo que a planta pode retirar mantendo níveis econômicos de produção, denominada capacidade de armazenamento aproveitável de água no solo.

$$CAT = \frac{(CC - PMP) \cdot Da \cdot Pc}{100} \quad (2)$$

Onde:

CC=Capacidade de campo da camada do solo, em %



PMP=Ponto de murcha permanente, em %

Da=Densidade aparente do solo

Pc=Profundidade da camada do solo correspondente à profundidade efetiva das raízes (mm).

### 3.3.2-Peso específico dos solos

Peso específico dos sólidos (ou dos grãos) é uma característica dos sólidos. Relação entre o peso das partículas sólidas e o seu volume. É expresso pelo símbolo,  $\gamma_s$ . É determinado em laboratório para cada solo. Coloca-se um peso seco conhecido do solo num picnômetro e, completando-se com água, determina-se o peso total. O peso do picnômetro completado só com água, mais o peso do solo, menos o peso do picnômetro com solo e água, é o peso da água que foi substituída pelo solo. Deste peso, calcula-se o volume o volume de água que foi substituída pelo solo e que é o volume do solo. Com o volume e o peso tem-se o peso específico. O peso específico dos grãos dos solos varia pouco de solo para solo e, por si, não permite identificar o solo em questão, mas é necessário para calcular outros índices. Os valores situam-se em torno de  $27\text{kN/m}^3$ , sendo este valor adotado quando se dispõe do valor específico para o solo em estudo. Grãos de quartzo (areia) costumam apresentar pesos específicos de  $26,5\text{ KN/m}^3$  e argilas lateríticas, em virtude da deposição de sais de ferro, valores até  $30\text{KN/m}^3$ .

Já para as massas específicas (relações entre quantidade de matéria e o volume), seus valores são expressos em  $\text{ton/m}^3$ ,  $\text{kg/dm}^3$  ou  $\text{g/cm}^3$ . No laboratório, determinam-se massas e as normas existentes indicam como se obter massas específicas. Entretanto nas práticas de engenharia, é mais conveniente trabalhar com pesos específicos, razão pela qual se optou por apresentar os índices físicos nestes termos.

**Massa Específica ( $\delta$ ):** A massa específica de uma substância, designada por ( $\delta$ ), é definida como a massa por unidade de volume. Esta unidade é normalmente usada para caracterizar a massa de um sistema fluido. Porém o termo Massa Específica é algumas vezes usado sinônimo para o Peso Específico, que é muito utilizado também na área da Mecânica dos Solos.

**Peso Específico ( $\gamma$ ):** O peso Específico é definido como sendo o peso por unidade de volume. O peso específico dos sólidos de um solo é o valor médio do peso específico dos grãos minerais que o compõem, ou seja, os vazios não são computados ou considerados.

O peso específico aparente úmido permite calcular as pressões na massa de solo. As argilas apresentam valores da ordem de 13 a 17 kN/m<sup>3</sup>, enquanto para as areias obtém-se entre 17 e 20 kN/m<sup>3</sup>. O peso específico aparente saturado refere-se ao valor de (para um material com grau de saturação:  $S = 100\%$ ). O peso específico aparente submerso permite descontar o empuxo hidrostático específico, ou seja, ( $W$ ). O valor resultante é empregado para o cálculo de pressões intergranulares, ou efetivas.

Este ensaio tem como fundamentação teórica o princípio de Arquimedes, segundo o qual um corpo submerso num líquido sofre um empuxo vertical cujo valor é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo corpo.

**Densidade Relativa:** É a razão entre o peso da parte sólida e o peso de igual volume de água pura a 4°C (CAPUTO, 1983). Assim, a densidade relativa e o peso específico são expressos pelo mesmo número, sendo que a densidade é adimensional e o peso específico tem dimensão. Por exemplo, a densidade relativa do quartzo é 2,67 e o seu peso específico é 2,67 g/cm<sup>3</sup> (CAPUTO, 1983).

Conquanto o valor da densidade relativa depende do constituinte mineralógico da partícula, para a maioria dos solos seu valor varia entre 2,65 e 2,85; diminui para os solos que contêm elevado teor de matéria orgânica e cresce para solos ricos em óxidos de ferro (CAPUTO, 1983).

### 3.3.3-Granulometria dos solos:

De acordo com as dimensões das suas partículas e dentro de determinados limites convencionais, as frações constituintes dos solos, recebem designações próprias que se identificam com as acepções usuais dos termos. Essas frações, de acordo com a escala granulométrica brasileira (ABNT,7181), são denominadas *pedregulho* o conjunto de partículas cujas dimensões estão compreendidas entre 76 e 4,8 mm; *Areia* entre 4,8 e 0,05mm; *Silte* entre 0,05 e 0,005mm e *Argila* inferiores a 0,005. (CAPUTO,1983).

**Análise Granulométrica:** É a determinação das dimensões das partículas do solo e das proporções relativas em que elas se encontram. (CAPUTO,1983).

O método usado na análise granulométrica das areias e dos pedregulhos é o do peneiramento, no qual se utilizam peneiras padronizadas em cujas malhas fica retida uma porção do solo ensaiado, porção esta que tem diâmetro maior que a abertura das malhas da peneira. Para os solos mais finos como as argilas, o peneiramento é praticamente impossível, pois as peneiras deveriam ter malhas de aberturas excessivamente pequenas, impossíveis de serem obtidas industrialmente e impossíveis

de serem preservadas com o uso. Assim, para grãos menores que 0,005mm, emprega-se o método da análise por sedimentação. O ensaio de granulometria por sedimentação baseia-se na Lei de Stokes, da queda de partículas num meio resistente, a qual se faz a velocidade uniforme. Através deste ensaio determinamos os diâmetros dos grãos de solo ensaiado e respectivas porcentagens em peso. (VARGAS,1972)

Os materiais que apresentam uma curva granulométrica suave, como nos pedregulhos (solo residual), são denominados bem graduados, já na areia das dunas de Santa Catarina, são mal graduados. As areias de dunas apresentam uma granulometria quase constante devido ao tipo de agente transportador, o vento. Os grãos de areia podem ser classificados de acordo com a forma, que pode ser angular, sub-angular e arredondada, sendo esta última característica das areias de rios (ORTIGÃO, 1995).

#### **3.3.4-Porosidade dos solos:**

É constituída pelo espaço poroso, após o arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em condições naturais, é ocupada por água e ar. As areias retêm pouca água, porque seu grande espaço poroso permite a drenagem livre da água dos solos. As argilas absorvem relativamente, grandes quantidades de água e seus menores espaços porosos a retêm contra as forças de gravidade. Apesar dos solos argilosos possuírem maior capacidade de retenção de água que os solos arenosos, esta umidade não está totalmente disponível para as plantas em crescimento. Os solos argilosos (e aqueles com alto teor de matéria orgânica) retêm mais fortemente a água que os solos arenosos. Isto significa mais água não disponível. Muitos solos do Brasil e da região tropical, apesar de terem altos teores de argila, comportam-se, em termos de retenção de água, como solos arenosos. São solos com argilas de baixa atividade (caulinita e sesquióxidos), em geral altamente porosos. Muitos Latossolos sob cerrado apresentam esta característica (VARGAS, 1972).

## 4.METODOLOGIA

### 4.1-Descrição da Área Estudada

O presente trabalho de pesquisa abrangeu ações num trecho de um afluente pertencente à micro bacia do Riacho Angico, sendo este um afluente do Rio São Pedro (o contorno de sua bacia e apresentado na Figura 1), o qual deságua no Rio Bodocongó, e este no Rio Paraíba.

O monitoramento do solo foram georeferenciados através do aparelho de GPS 12XL, marca Garmim, e transferido para localização em mapa com os dados de latitude e longitude, apresentados na Tabela 2(pág. 19), usando-se o programa MAPINFO 7.0.

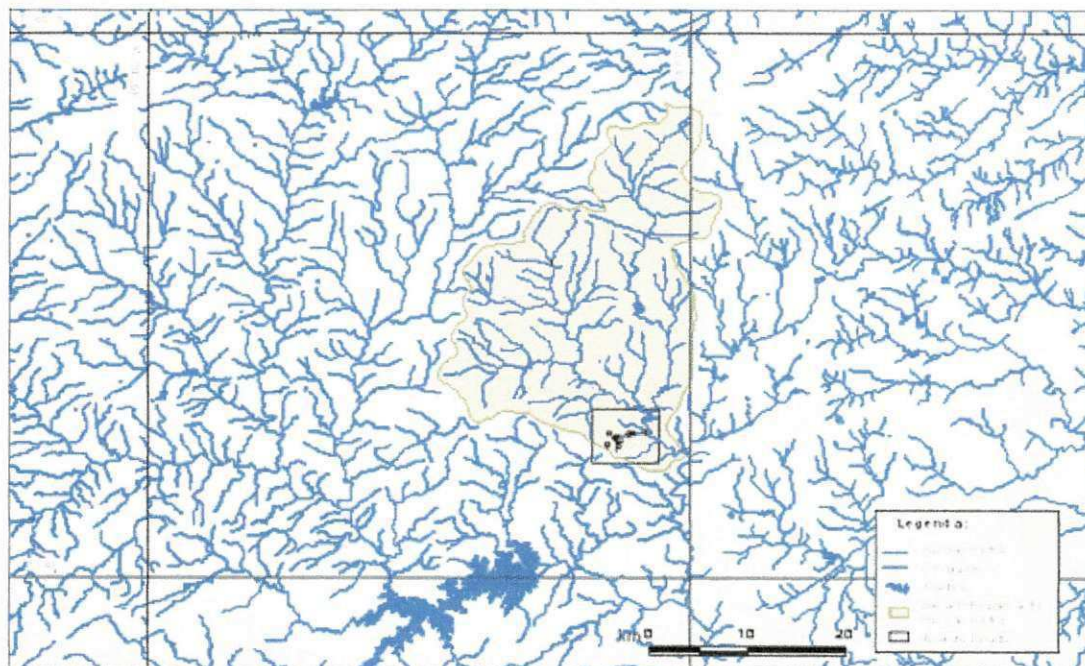


Figura 1 - Bacia do Rio São Pedro, pertencendo a Região da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba.

A microbacia do Riacho Angico (Paus Brancos), Figura 2 está localizada no extremo sudoeste do município de Campina Grande, em área estritamente rural, onde reside grande parte das 72 famílias assentadas e tuteladas pelo Instituto de Terras da Paraíba (INTERPA), desde 1986, além de vários proprietários que ocupam também as nascentes. Sua extensão territorial é de 2.309,70 hectares (Baracuhy, 2001), e está localizada entre as latitudes 07° 25' 00" e 07° 20' 00" Sul e longitudes 36° 02' 20" e 36° 07' 00" Oeste.

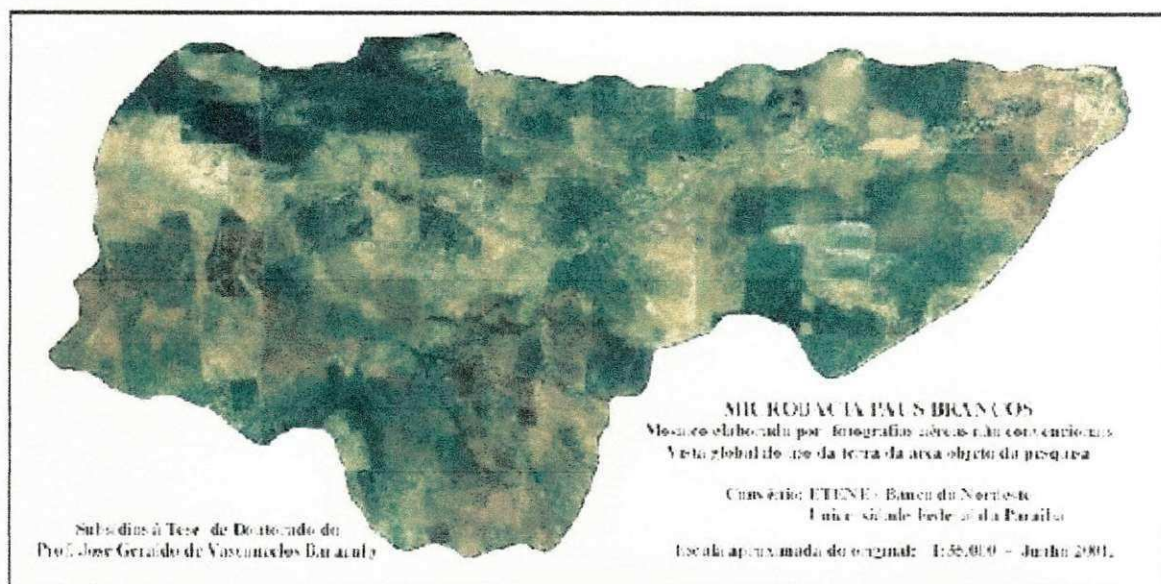


Figura 2. Mosaico de Fotografias Aéreas da Microbacia do Riacho Angico (Paus Brancos), em 1999 e com área investigada indicada pelo círculo.

#### 4.2-Monitoramento do Solo

Para este trabalho de monitoramento de solo efetuou-se análise da umidade, coletando-se amostras em uma área, particularmente única, que contemplava uma seqüência de 06 barragens subterrâneas com anos variados de construção (desde 1999 até 2002), conforme apresentado na Tabela 1, com o uso de obstáculos de pneus (BAPUCOSA) construídos em 2004.

Tabela 1. Descrição da área estudada no monitoramento de solo em trecho de riacho com a presença de barragens subterrâneas com BAPUCOSA.

Descrição dos trechos do riacho	Lote/ Proprietário	Cobertura Vegetal	Pontos	Cód.
Jusante após a barragem subterrânea 1 sendo colhido antes e depois do BAPUCOSA com 7 amostras simples, com seu ponto mais distante de coleta do B1 em torno de 30m.	Rosa Mendes	Apenas no ponto 3 (sorgo forrageiro)	57, 56, 55, 1, 2, 3, 4	J
Barragem subterrânea 1 construída em 1999, possuindo a jusante BAPUCOSA construído em 2001, rompido em 2003 e recuperado em 2004, com 9 amostras simples, distante do B2 em torno de 120m.	Sebastião Cardoso	Sorgo forrageiro	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	B1
Barragem subterrânea 2 construída em 2000, possuindo a montante BAPUCOSA construído em 2002, com 14 amostras simples, distante do B3 em torno 85m	Sebastião Cardoso	Cana, capim elefante e sorgo forrag.	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27	B2
Barragem subterrânea 3 construída em 2000, possuindo a jusante BAPUCOSA construído em 2002 e rompido em 2004, com 10 amostras simples, distante do B4 em torno de 90m.	Sebastião Cardoso	Plantio de capim elefante	28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37	B3
Barragem subterrânea 4 construída em 2002, possuindo a jusante BAPUCOSA construído em 2003/2004, com 7 amostras simples, distante do B5 em torno de 85m.	Sebastião Cardoso	Plantio de capim elefante e sorgo forrag.	38, 39, 40, 41, 42, 43, 44	B4
Barragem subterrânea 5 construída em 2002, possuindo a jusante BAPUCOSA construído em 2004 com 2 amostras simples, distante do B6 em torno de 75m	Alexandre	Ausência de veget.	45, 46	B5
Barragem subterrânea 6 construída em 2002, possuindo a jusante BAPUCOSA construído em 2004 ficando a mesma distante da coleta a montante em torno de 150m, com 1 amostra simples logo após o barramento com lona.	Alexandre	Veget. nativa da caatinga	47	B6
Região Montante das barragens sem influência dos barramentos (testemunha), com abundante vegetação nativa, com 7 amostras simples	Alexandre	Veget. nativa da caatinga	48, 49, 50, 51, 52, 53, 54	M

A seguir, estão fotografias de algumas das barragens anteriormente citadas.



Figura-3-Barragem-1, com detalhamento das pontas das varas de ferro virada e pedras dispostas na ultima camada.



Figura-4-Barragem-1, vista a jusante após duas chuvas intensas no mês de jan./05



Figura-5-Barragem 2 com detalhe do preenchimento de areia na ausência de pedras.



Figura-6-Barragem 2 após as primeiras chuvas do local



Figura-7-Panorama da Barragem 3 no Período da Construção.



Figura-8-Trecho da Barragem 3 na calha do riacho após as primeiras chuvas do local, mostrando o "emborcamento" de um único pneu.

No campo as amostras de solo foram coletadas em latas de alumínio, previamente pesadas e identificadas, onde foram rapidamente lacradas com tampa e fita adesiva no local da coleta, evitando-se com isto perdas por evaporação, nas profundidades de 30, 60 e 90 cm.

Os valores de percentual de água disponível para plantas foram obtidos utilizando-se do valor da umidade natural menos o ponto de murcha sobre a água disponível do solo, isto é:

$$\% \text{ água disponível para planta} = \frac{\text{Umidade natural do solo} - \text{PMP}}{(\text{CC} - \text{PMP})} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde: PMP=Umidade em Ponto de murcha permanente (%) e CC=umidade em capacidade de campo (%)

A análise granulométrica foi determinada pelo método do hidrômetro segundo recomendações de Bouyoucos (1951). Quanto à análise textural, a dispersão foi obtida de forma mecânica (agitação) e o reagente utilizado foi o hidróxido de sódio na concentração de 1,0 normais.

A densidade real foi determinada pelo método do balão volumétrico, enquanto que a densidade global foi determinada pelo método da proveta, de acordo com o manual de métodos de análises de solo da EMBRAPA (1979).

A porosidade total foi determinada pela relação entre a densidade global e a densidade das partículas do solo, utilizando-se como referência a equação Veihmeyer, citada por Black (1965).



Os solos onde se encontram as barragens subterrâneas são normalmente de formação sedimentar, decorrentes de arrastos de partículas de solo das encostas durante a incidência das chuvas, caracterizando-o ser constituído de estrutura textural diversificada, razão pela qual se faz necessária realizar uma seqüência na coleta de pontos dentro de um riacho, de forma a que se possa caracterizar melhor o comportamento de tendência dos resultados a serem analisados para que se tenha maior segurança. Desta forma escolhido o trecho em decorrência de existir uma seqüência de barragens subterrâneas já construídas com os primeiros BAPUCOSA's houve a necessidade de realizar verificações a jusante e a montante desta seqüência.

#### **4.3-Propriedades Físico-Hídricas do Solo**

Foram coletadas amostras nas profundidades de 0-30, 30-60 e 60-90 cm em cada um dos 57 pontos pré-estabelecidos, com a finalidade de se obter os seguintes parâmetros físico-hídricos nas duas camadas mais profundas: granulometria, densidade das partículas, densidade global e porosidade total. Para os parâmetros capacidade de campo, ponto de murcha e água disponível foram realizados ensaios em todas as profundidades.

As umidades naturais do solo foram coletadas em dois períodos distintos, isto é, em 14 de dezembro de 2004, considerado período de maior déficit de água no solo e em 23 de abril de 2005, quando já tinham ocorrido chuvas desde janeiro, embora que ainda não fosse considerada satisfatória para plantios de sequeiro. Os pontos coletados foram georeferenciado e após a primeira coleta (dezembro/2004) foi colocado um piquete de PVC e retornado o solo pesquisado. Para a coleta seguinte (abril/2005) foram escolhidos pontos que se distanciavam dos pontos anteriormente colhidos, com variações de 1,5 a 3 m. Com isto permitiu-se que as análises físicas-hídricas do solo servissem para os dois resultados. As duas coletas de amostras tiveram o mesmo procedimento de tempo e de homem no campo, iniciando nos pontos a montante (M) passando pelas barragens subterrâneas e partindo com direção a jusante (J).

Para obtenção dos valores de umidade natural do solo foi utilizado o método da estufa (gravimétrico), segundo procedimentos recomendado pela EMBRAPA (1979).

No monitoramento do solo, foi realizado ainda o georeferenciamento de pontos no solo das barragens subterrâneas por duas oportunidades (dez/2004 e abr./2005), quando foram realizadas leituras de umidades em 57 pontos previamente georeferenciados (Tabela 2), onde a figura 9, mostra o esquema de distribuição dos pontos no campo.

Tabela 2. Locais Georeferenciados dos Pontos de Coleta de Solo.

NOME (Ponto)	LATITUDE SUL			LONGITUDE OESTE			NOME (Ponto)	LATITUDE SUL			LONGITUDE OESTE		
	GRAU	MIN	SEC	GRAU	MIN	SEC		GRAU	MIN	SEC	GRAU	MIN	SEC
1	7	22	25,5	36	3	52,7	29	7	22	30,7	36	3	56,5
2	7	22	25,4	36	3	52,6	30	7	22	31,7	36	3	57,4
3	7	22	25,9	36	3	52,8	31	7	22	32,0	36	3	57,1
4	7	22	25,9	36	3	52,6	32	7	22	32,4	36	3	58,1
5	7	22	26,1	36	3	52,8	33	7	22	32,6	36	3	57,9
6	7	22	26,1	36	3	52,6	34	7	22	32,7	36	3	57,6
7	7	22	26,1	36	3	52,4	35	7	22	32,7	36	3	58,5
8	7	22	28,2	36	3	53,4	36	7	22	32,8	36	3	58,2
9	7	22	28,2	36	3	53,1	37	7	22	32,9	36	3	57,9
10	7	22	28,3	36	3	52,8	38	7	22	32,8	36	3	58,5
11	7	22	29,2	36	3	53,8	39	7	22	32,9	36	3	58,2
12	7	22	29,3	36	3	53,5	40	7	22	33,0	36	3	57,9
13	7	22	29,3	36	3	53,2	41	7	22	34,1	36	3	58,8
14	7	22	29,4	36	3	54,1	42	7	22	34,1	36	3	58,5
15	7	22	29,5	36	3	53,6	43	7	22	34,1	36	3	58,1
16	7	22	29,6	36	3	53,2	44	7	22	35,5	36	3	58,3
17	7	22	29,4	36	3	54,3	45	7	22	35,5	36	3	58,4
18	7	22	29,6	36	3	54,0	46	7	22	37,1	36	3	59,9
19	7	22	29,7	36	3	53,7	47	7	22	37,2	36	4	0,1
20	7	22	29,8	36	3	53,4	48	7	22	38,1	36	4	3,6
21	7	22	29,6	36	3	55,3	49	7	22	37,9	36	4	3,9
22	7	22	29,9	36	3	55,2	50	7	22	37,8	36	4	4,2
23	7	22	30,2	36	3	55,1	51	7	22	38,3	36	4	4,1
24	7	22	30,0	36	3	56,2	52	7	22	38,6	36	4	3,7
25	7	22	30,5	36	3	55,9	53	7	22	38,6	36	4	4,1
26	7	22	30,3	36	3	56,4	54	7	22	38,7	36	4	4,3
27	7	22	30,6	36	3	56,2	55	7	22	25,06	36	3	52,8
28	7	22	30,5	36	3	56,7	56	7	22	24,77	36	3	52,8
							57	7	22	24,5	36	3	53,0

CROQUI DA DISTRIBUIÇÃO DOS 57 PIQUETES E PONTOS DE AMOSTRAS DA PESQUISA

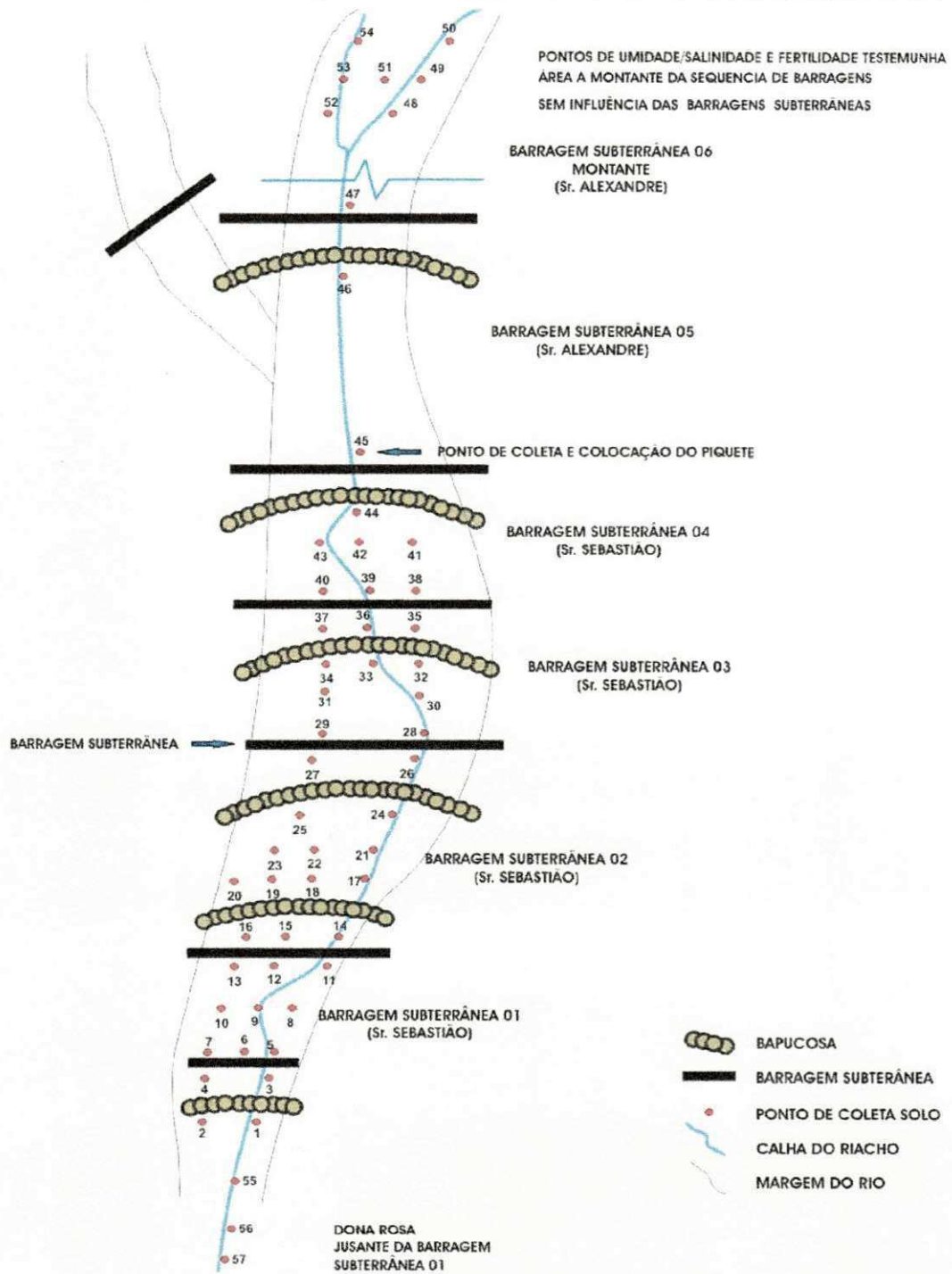


Figura 9. Esquema de localização dos pontos coletados de amostras de solo, para três profundidades.

---

## 5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1-Monitoramento de Precipitação no Local

Instalou-se um pluviômetro na parte alta do Assentamento, particularmente na área explorada pelo agricultor Sebastião Cardoso (figura10), em decorrência de ser um trecho com seqüências de barragens subterrâneas, realizando-se o monitoramento do solo, através da obtenção de umidade natural, salinidade e fertilidade. Na Tabela 3 constam os dados de 2003 e 2004, com exceção do mês de dezembro de 2004 que não foi feita leitura, devido ao fato de não ter ocorrido chuva. Para o ano de 2005 foram colhidas informações do posto pluviométrico mais próximo, pertencente à Fazenda Emas, município de Caturité, que dista 2 km do local, e que possui histórico de chuvas média do local (ano de 2000).



Figura 10. Local de Instalação do Pluviômetro Ville de Paris, Próximo ao Local da Pesquisa.

O caso mais atípico de chuvas na região foi em 2004, quando ocorreram chuvas de verão, quase interruptas durante 25 dias (janeiro e fevereiro de 2004), que provocou rompimentos nos barramentos com pneus existentes do projeto e promoveu um dos maiores índices de chuvas para o local, ficando em torno de 885,3mm, o que é considerada como uma expressiva precipitação, considerando-se que a média é de 519,4mm.

As precipitações de chuvas ocorridas no início do ano de 2005 apresentaram irregularidade na sua distribuição, embora o seu acúmulo durante o trimestre esteja acima da média, mas identifica a dificuldade de planejamento na agricultura de sequeiro, onde a irregularidade de previsão quando se utilizam os dados da média ao longo dos meses é impraticável. Também foi verificado que a cada ano, mesmo em anos menos privilegiados de chuvas, ocorreram chuvas entre janeiro a abril o que permitia a presença de águas em abundância nos riachos, numa frequência que variava de 02 a 04 vezes ao ano. São situações como essas em que a presença do BAPUCOSA e TETIP promovem a retenção de água devido à inserção dos seus obstáculos.

Tabela 3. Dados Pluviométricos do Local Durante a Pesquisa.

PRECIP.(mm)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Ano 2003	90,1	36,4	68,9	157,2	45,0	87,0	15,0	27,0	8,0	10,0	7,5	0,0	552,1
Ano 2004	293,8	150,3	50,7	27,9	76,1	120,4	138,4	18,5	6,2	2,0	1,0	---	885,3
Ano 2005	99,0	20,8	46,0										165,8
Prec.média	25,9	44,2	82,9	89,4	66,4	67,7	63,6	26,6	13,8	7,2	6,8	14,0	519,4

## 5.2-Análises do Solo

Em 2004 foram colhidas em 57 pontos de amostragem 171 amostras simples de solo para análise físico-hídricas e para umidade natural do solo foram colhidas 342 amostras, sendo 171 destinadas para umidade natural em dezembro de 2004. Em abril de 2005 foram repetidas as 171 amostras de umidade natural distanciada em torno de 1,5 a 3m dos pontos anteriormente coletados, e norteados por piquetes colocados na ocasião da primeira coleta.

## 5.3-Propriedades Físicas do Solo e Umidade Disponível para as Plantas

As análises de textura, porosidade, densidade global e das partículas do solo foram coletadas às profundidades de 30-60 e 60-90cm, já que essas camadas são as que particularmente manifesta o maior efeito de capilaridade (umidade) para o sistema radicular das plantas.

A distribuição dos tipos de textura que compõem as camadas (tabela 4) e seus percentuais (figuras 11 e 12,), mostram grande predominância de textura areia, areia franca a franco arenosa, representando 65% na camada de 30-60 cm e 57% na camada

de 60-90 cm, também possui uma quantidade expressiva de solos mais argilosos, quando analisa-se o conjunto de solo franco argilo-arenoso e franco argiloso que representa 31% e 37% nas respectivas camadas 30-60 e 60-90cm. Existe um razoável aumento da presença de argila na composição da textura na profundidade de 60-90 cm, observado através da diminuição da quantidade de amostras arenosas e aumento gradativo de amostras com presença da argila. Vale salientar que não ocorreu amostra de textura essencialmente argilosa, isto é, com mais de 40% de argila na composição do solo.

Tabela 4. Quantificação da textura de solo encontrada nas profundidades de 30-60 e 60-90 cm.

Textura	Abreviação	Quantidade de amostras	
		30-60cm	60-90cm
Areia	A	0	1
Areia Franca	AF	14	9
Franco Arenosa	FA	23	22
Franca	F	2	4
Franca Argilo-Arenosa	FAA	15	13
Franco Argilosa	FARG	3	8

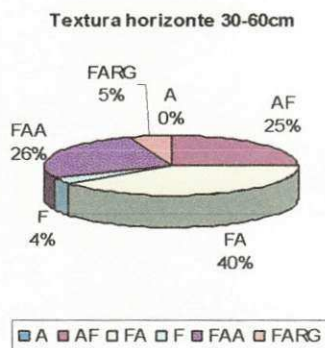


Figura 11 Textura em 57 pontos (30-60cm).

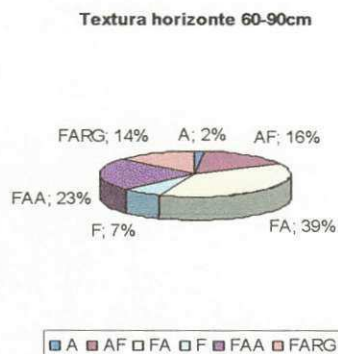


Figura 12. Textura em 57 pontos (60-90cm).

Analisando-se os parâmetros físicos do solo através do estudo da estatística descritiva que constam na Tabela 5, tem-se que:

Na profundidade de 30-60 cm 44% dos valores das densidades globais colhidas, 54% das densidades das partículas e 56% da porosidade analisadas são superiores a média apresentada.

Na profundidade de 60-90 cm 37% dos valores das densidades globais colhidas, 46% das densidades das partículas e 60% da porosidade analisadas são superiores a média apresentada.

Tabela 5. Valores estatísticos resultantes da avaliação descritiva dos parâmetros físicos densidade global, densidade das partículas e porosidade em um total de 57 amostras.

Parâmetros físicos do solo.	Densidade global (aparente)		Densidade das partículas (real)		Porosidade total (%)	
	30-60cm	60-90cm	30-60cm	60-90cm	30-60cm	60-90cm
Média	1,422	1,396	2,671	2,665	46,727	47,639
Mediana	1,400	1,380	2,680	2,670	47,230	48,350
Mínimo	1,200	1,240	2,590	2,580	40,470	40,950
Máximo	1,630	1,610	2,740	2,760	54,720	53,500
Desvio Padrão	0,10	0,08	0,04	0,04	3,29	2,87
Coefficiente de variação	7,10	6,00	1,44	1,52	7,05	6,02

Após a coleta de amostras de umidade natural do solo, os dados foram analisados através da estatística descritiva nas profundidades de 30, 60 e 90 cm, onde a tabela 6 e tabela 7 resumem os valores obtidos de média, mínimo, máximo desvio padrão e coeficiente de variação, através de agrupamentos de amostras por trechos de barragens e geral nos períodos seco (dezembro 2004) e úmido (abril de 2005), onde são observados que os maiores coeficientes de variação de umidade natural (em geral) encontram-se na profundidade colhida menor, isto é, 30cm, isto se deve ao fato de ocorrer uma maior influência de evaporação do solo combinado a solos de texturas mais heterogêneas.

Os percentuais negativos obtidos na umidade disponível para as plantas são explicados em virtude da umidade obtida no período da pesquisa estar abaixo da disponibilidade mais adequada pela planta, isto é, encontrava-se em condições de déficit hídrico para o seu desenvolvimento, o que para as plantas nativas (xerófitas) promoveram a perda de folhas, o que permitiu baixa evapotranspiração, com eventual morte nas estiagens mais prolongadas, enquanto para as culturas de plantio como capim elefante, sorgo forrageiro e cana forrageira, são momentos de recomendações de corte “rente” para diminuir a área foliar e reduzir também a evapotranspiração. Isto é observado com maior frequência no mês de dezembro, onde se destaca as barragens mais antigas que já tiveram seu funcionamento conjuntamente com BAPUCOSA e que pode ser observada a disponibilidade em média a 90cm de forma positiva, o que representa o efeito de deslocamento da água percolada no inverno de 2004 e que por capilaridade disponibiliza para as plantas umidade em condições mínimas para o processo de sobrevivência até a chegada do período chuvoso no ano seguinte .

Tabela 6. Valores de umidade natural do solo para diversos trechos ao longo do riacho, com resultados de média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação no mês mais crítico (dezembro de 2004).

Parâmetros de Umidade	Prof.	UMIDADE NATURAL DO SOLO EM DEZEMBRO (%)					UMIDADE DISPONIVEL PARA PLANTA EM DEZEMBRO (%)					
		local	(cm)	Média	Mín.	Máx.	Desv.P	CV%	Média	Mín.	Máx.	Desv.P
J		30	4,67	0,38	8,49	2,39	51,18	-66,68	-158,76	103,58	81,30	-121,91
		60	5,49	0,72	7,43	2,22	40,42	-53,33	-154,83	98,79	83,13	-155,87
		90	5,74	3,28	8,70	2,08	36,21	21,11	-62,57	421,20	176,97	838,48
B1		30	6,20	2,07	12,68	3,16	50,91	-20,18	-178,66	311,40	145,45	-720,94
		60	4,52	2,49	7,33	1,72	37,96	-74,09	-106,54	-12,35	28,56	-38,55
		90	5,74	3,28	8,70	2,08	36,21	21,11	-62,57	421,20	176,97	838,48
B2		30	5,34	0,69	9,67	2,90	54,30	-45,61	-424,67	159,89	146,41	-321,02
		60	4,97	1,28	9,49	2,61	52,64	-23,92	-134,12	383,32	126,14	-527,26
		90	5,89	1,65	11,04	2,40	40,76	-11,10	-114,28	253,47	91,54	-824,98
B3		30	4,57	1,00	7,29	2,44	53,24	-14,00	-133,49	246,35	110,88	-792,00
		60	5,52	1,25	9,95	3,05	55,25	130,76	-206,18	1626,59	534,34	408,64
		90	7,37	4,98	10,66	1,77	24,00	-0,39	-111,57	149,13	92,00	-23360,09
B4		30	5,32	3,38	9,99	3,1773	58,80	-0,59	-84,13	217,11	145,60	-24572,10
		60	6,50	4,50	8,72	1,44	22,14	-10,63	-103,38	330,19	152,23	-1431,83
		90	6,79	4,32	8,25	1,27	18,75	-4,20	-105,03	298,15	139,00	-3312,67
B5		30	5,29	1,15	9,44	5,86	110,75	-34,11	-102,47	34,25	96,68	-283,44
		60	6,34	5,82	6,86	0,74	11,63	-24,42	-56,71	7,86	45,66	-186,96
		90	6,44	5,22	7,67	1,73	26,92	-40,77	-91,80	10,26	72,16	-177,00
M		30	6,03	2,88	8,79	2,25	37,33	-57,71	-189,92	36,96	79,78	-138,25
		60	5,76	2,91	8,00	2,06	35,67	-59,19	-117,15	37,36	52,41	-88,54
		90	5,72	1,82	11,74	3,21	56,14	-42,08	-100,40	6,63	37,33	-88,71
Geral por prof.		30	5,49	0,38	12,69	2,72	49,47	-34,89	-424,67	311,40	114,87	-329,20
		60	5,39	0,72	9,95	2,26	41,91	-11,87	-206,18	1626,59	241,06	-2030,71
		90	6,18	1,65	11,74	2,25	36,48	-14,70	-153,53	421,20	100,45	-683,25

No mês de abril de 2005, após algumas represadas no BAPUCOSA, foram colhidas amostras de solo em pontos distantes colhido em dezembro, como forma de preservar as mesmas informações de características físicas do solo. Pelos resultados constantes na Tabela 7 constatou-se que existiu uma relativa desuniformidade de valores, o que provavelmente decorreu do processo de movimento de água no solo, considerando-se principalmente a variação de textura, o que permitiu ocorrer drenagem de água de forma mais rápida, enquanto em solos mais argilosos foi mais lenta.

Em geral o que foi observado é que os valores médios nas barragens subterrâneas são positivos com a particularidade de ter valores bem mais elevados do que os de disponibilidade de água para as plantas quando analisados com a área a montante (testemunha) que possuía uma média menor.



Tabela 7. Valores de umidade natural do solo para diversos trechos ao longo do riacho, com resultados de média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação no mês mais chuvoso (abril de 2004).

Parâmetros de Umidade	UMIDADE NATURAL DO SOLO EM ABRIL (%)					UMIDADE DISPONIVEL PARA PLANTA EM ABRIL (%)					
	Local	Média	Mín.	Máx.	Desv.P	CV%	Média	Mínimo	Máximo	Desv.P	CV%
J		14,19	10,35	18,10	2,84	19,98	74,86	-43,4	402,41	150,63	201,2
		15,38	10,11	18,23	2,75	17,9	110,43	-4,97	489,67	170,02	153,96
		14,73	9,15	18,37	3,58	24,28	14,73	9,15	18,37	3,58	24,28
B1		14,96	9,60	21,15	4,25	28,41	218,94	25,97	716,92	239,67	109,47
		16,40	11,27	19,03	2,58	15,73	93,01	33,57	183,97	47,64	51,22
		14,73	9,15	18,37	3,58	24,28	190,45	-7,93	1050,26	380,24	199,65
B2		15,05	10,47	21,41	3,41	22,7	217,75	-67,67	592,77	210,74	96,78
		16,20	9,10	25,52	4,68	28,86	239,92	-15,8	1182,14	313,76	130,78
		18,10	10,52	26,87	3,98	22,02	277,3	38,55	908,92	253,46	91,4
B3		7,83	1,45	14,04	5,05	64,47	14,09	-85,34	160,79	89,53	635,6
		10,68	1,84	17,09	4,14	38,79	91,78	-175,34	380,47	150,56	164,05
		13,03	6,97	21,93	4,96	38,08	166,61	-50,98	1044,18	347,33	208,46
B4		14,6	9,56	21,46	5,51	37,77	241,87	32,03	790,86	367,13	151,79
		18,42	15,76	21,96	2,38	12,89	307,43	21,30	1687,44	610,58	198,61
		18,80	14,71	23,34	3,29	17,5	183,02	22,14	775,07	266,01	145,34
B5		18,27	16,75	19,79	2,15	11,76	94,67	80,26	109,08	20,38	21,53
		19,49	17,86	21,13	2,32	11,88	106,92	93,42	120,42	19,09	17,86
		19,05	17,07	21,03	2,80	14,71	163,92	96,33	231,51	95,58	58,31
M		11,27	5,84	19,07	4,02	35,68	25,25	-53,75	177,34	83,45	330,51
		14,01	9,16	17,85	3,21	22,9	54,28	16,14	123,57	37,55	69,18
		15,62	12,84	20,20	2,67	17,09	72,76	17,24	160,88	52,66	72,37
Geral por prof.		13,22	1,45	21,46	4,76	35,97	130,29	-85,34	790,86	197,92	151,91
		15,23	1,84	25,52	4,21	27,67	153,09	-175,34	1687,44	278,78	182,1
		16,46	6,97	26,87	4,18	25,41	180,37	-50,98	1050,26	251,72	139,56

Após proceder a uma avaliação global do perfil através do valor médio nas três profundidades (30, 60 e 90 cm), é apresentada sua síntese na Tabela 8, e identificado a validade da sustentabilidade de águas através do BAPUCOSA's, quando foram avaliados os valores obtidos em dezembro de 2004 em que a média a montante e a B5 (sem BAPUCOSA no período chuvoso de 2004) representaram o primeiro e segundo maiores déficits para a planta, enquanto que o terceiro a jusante da B1 que se encontrava sem BAPUCOSA no inverno de 2004. Coube apenas para os B1, B2, B3 e B4 os menores valores de déficit apresentados e o valor médio positivo para o B3 que teve seu BAPUCOSA também perdido durante as chuvas de 2004.

Na avaliação do período chuvoso de abril de 2005, com a presença dos BAPUCOSA's nas barragens subterrâneas com exceção da B3, verificou-se que mantida a menor disponibilidade de água em percentual na área montante (testemunha), seguido da área a jusante e devido a ausência do obstáculo do BAPUCOSA neste período chuvoso o B3 ocorreram valores menores de retenção, o que reforça adequadamente que a presença do obstáculo superficial em barragens subterrâneas é imprescindível ao seu bom funcionamento.

Tabela 8. Média da disponibilidade de água para as plantas em percentual, do perfil 0-90 cm, em cada área estudada, nos dois períodos de monitoramento (dez/04 e abr/05).

Média do perfil	Dez/04	Abr/05
	%	%
J	-32,97	66,67
B1	-24,39	167,47
B2	-26,88	244,99
B3	38,79	90,83
B4	-5,14	244,11
B5	-33,10	121,84
M	-52,99	50,76

A Tabela 9 apresenta os resultados de forma geral por cada profundidade da disponibilidade de água para as plantas nos dois períodos analisados, onde se pode observar que nas profundidades coletadas, o solo apresentava um percentual de amostras com mais de 50% de água disponível para as plantas em 30, 60 e 90 cm, respectivamente, na ordem de 15,8% , 12,3% e 15,8% para o mês de dezembro de 2004 e de 63,2%, 71,9% e 70,2% em abril de 2005.

Tabela 9. Número de amostras por profundidade e respectivo percentual com relação ao total de 57 amostras que possui disponibilidade de água para plantas nos percentuais maiores que 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

Percentual de disponibilidade de água para planta	Profundidade 30 cm				Profundidade 60 cm				Profundidade 90 cm			
	Dezembro de 2004		Abril de 2005		Dezembro de 2004		Abril de 2005		Dezembro de 2004		Abril de 2005	
	Quant.	(%)	Quant.	(%)	Quant.	(%)	Quant.	(%)	Quant.	(%)	Quant.	(%)
> 0%	18	31,6	44	77,2	10	17,5	53	93,0	14	24,6	51	89,5
> 25%	13	22,8	41	71,9	9	15,8	49	86,0	10	17,5	48	84,2
> 50%	9	15,8	36	63,2	7	12,3	41	71,9	9	15,8	40	70,2
> 75%	8	14,0	26	45,6	6	10,5	32	56,1	7	12,3	29	50,9
> 100%	7	12,3	20	35,1	4	7,0	22	38,6	6	10,5	24	42,1

Analisando-se as figuras 13(A e B), 14(A e B) e 15(A e B) constata-se que a barragem subterrânea 3 apresentou resultados de umidade natural (média, mínimo e máximo) discretamente inferior nas profundidades de 30 e 60cm, com relação às outras barragens subterrâneas. Isto ocorreu devido ao fato da mesma apresentar características de solo com textura mais arenosa, além da mesma também ter os menores valores de disponibilidade de água para as plantas no período chuvoso. Isto é explicado devido a mesma ter perdido seu BAPUCOSA em chuvas torrenciais no ano de 2004 sem reposição, o que não permitiu uma maior retenção de água durante a fase de avaliação de umidade no período chuvoso da pesquisa. Vale salientar que a intensidade de solicitação da área quanto à cobertura vegetal (capim elefante) era maior do que a área a montante (vegetação nativa). Isto promoveu um maior consumo de água e menos disponibilidade também.

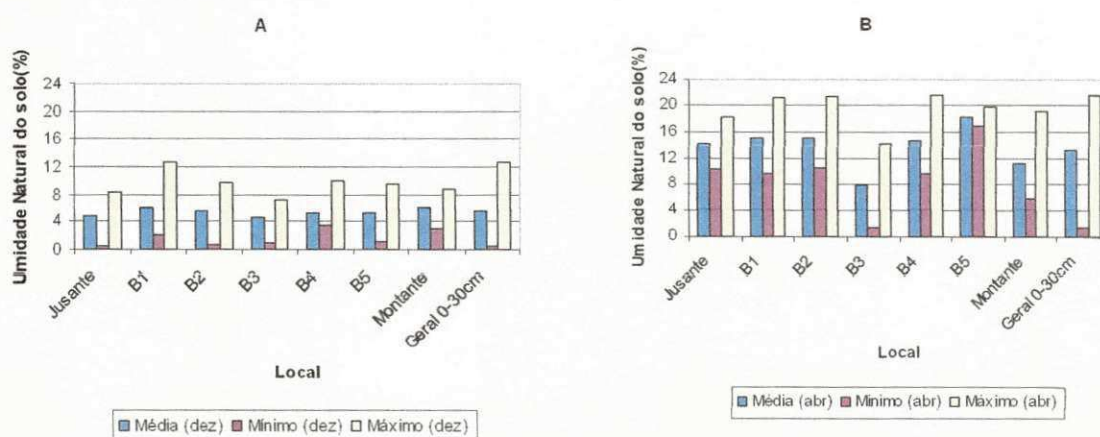


Figura 13: Valores média, mínima e máxima de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 30 cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante (testemunha) e geral.

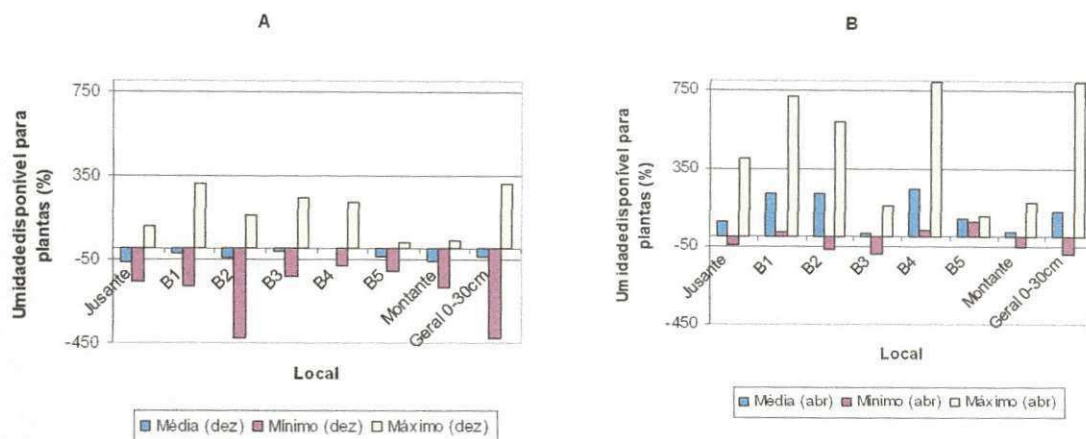


Figura 14. Valores médio, mínimo e máximos de Umidade disponível para plantas (%) em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 30cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante(testemunha) e geral.

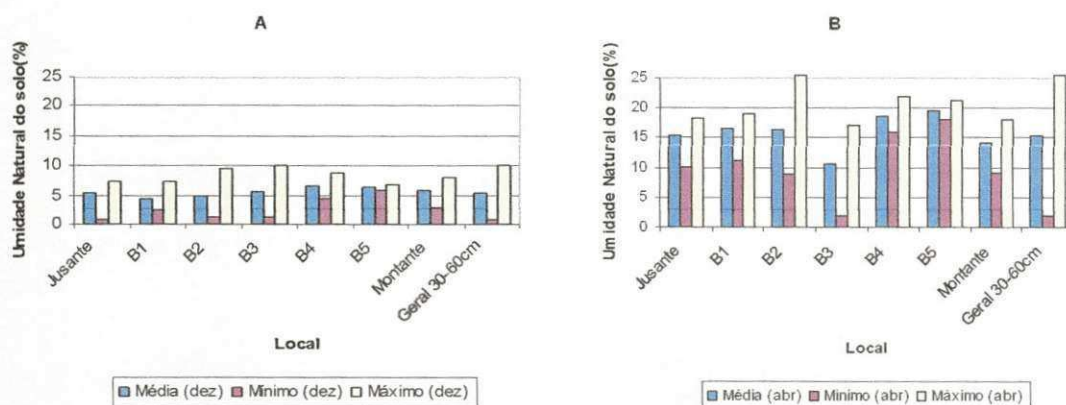


Figura 15. Valores médio, mínimos e máximos de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 60 cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante (testemunha) e geral.

Nas figuras 16(A e B) são apresentados os valores médio, mínimo e máximo da umidade natural dos solos nos dois períodos de coleta (dez/04 e abr./05). Verifica-se pelos histogramas que houve um aumento significativo no armazenamento de água no solo, decorrente das chuvas ocorridas no período, podendo verificar um dados praticamente uniformes entre as áreas, porém através do percentual de disponibilidade de água para a planta, que é particular para cada textura do solo, constata-se que foram obtidos valores máximos em pleno período crítico de chuvas na região nas barragens subterrâneas (Figuras 17 A e B) e os menores valores médios e máximos em áreas jusantes e montante, comprovando ser possível a sustentabilidade de culturas perenes em períodos chuvosos, onde ocorreu maior infiltração da água devido ao barramento, obtendo valores acima de 100%, o que indica que o movimento da água no solo encontrava-se em fase de drenagem para o lençol freático.

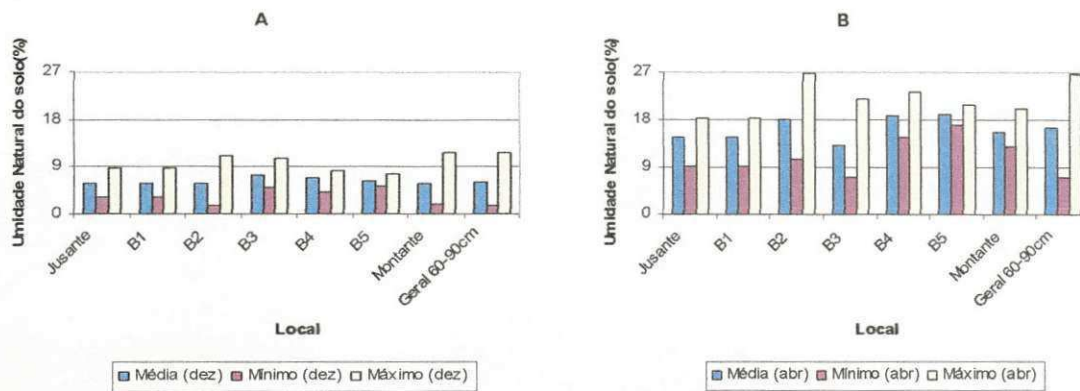


Figura 16. Valores médio, mínimos e máximos de Umidade natural do solo (%) obtido em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 90 cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante (testemunha) e geral.

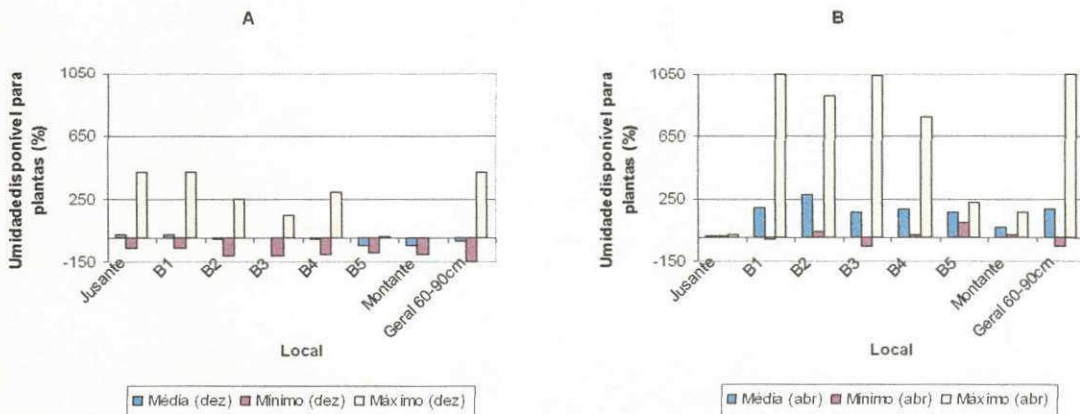


Figura 17. Valores médio, mínimos e máximos de Umidade disponível para plantas (%) em Dezembro de 2004 (A) e Abril de 2005 (B) na profundidade 90 cm, em diversos trechos do rio: jusante, B1, B2, B3, B4, B5 e Montante (testemunha) e geral.

---

## 6. CONCLUSÃO

Foi observada uma grande variação de texturas do solo e verificou-se que a umidade natural estudada nos dois períodos não apresentou diferenciação entre os valores obtidos nas barragens subterrâneas e em área testemunha a montante.

Os percentuais máximos de disponibilidade de água para planta, indicaram o menor valor médio o perfil a Montante (testemunha) nos dois períodos investigados o que valida como positivo a presença das barragens subterrâneas como promoção do aumento de água para as plantas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 7181, SOLO –Análise Granulométrica. Norma Brasileira.

BARACUHY, J.G.V. **Manejo Integrado de Microbacias Hidrográficas no Semi-árido Nordestino: Estudo de um Caso. Campina Grande:** UFPB, 2001, 220p. (Tese de Doutorado).

BARACUHY, J.G.V., NETO, J.D., FARIAS, S.A.R., BAPUCOSA- **Barramento com pneus usados para contenção de solo e água.** In: III Simpósio de Captação de água de chuva no Semi-Árido Nordeste, 2001, Campina Grande. Resumo 033, CD rom.

BNDES, **Pneus**, 1998, [www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/pneus.pdf](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/pneus.pdf) - 24/05/05

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.

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

BUCKMAM, H.D., BRADY, N.D. **Natureza e Propriedade dos Solos.** 3 ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. p 339-429

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações.** V. I. Livros Técnicos e Científicos Editora. São Paulo. 1983.

CARVALHO, J., **Ficha técnica: Pneus**, EP-PCC/USP, São Paulo, SP, 2005, <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/pneus.htm> - 24/04/05

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução nº 258/99, de 26 de agosto de 1999, MMA**, Brasília-DF, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 20-18 de junho de 1986- In: **Legislação de conservação da Natureza.** 4ªEd., São Paulo, SP. FBCN/CESP, 720p.

COSTA, R.G. & GHEYI, H. R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha – PB. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, 19(8):1021 –1025 ago. 1984.

COSTA, R.G. **Caracterização da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha – PB.** Campina Grande-PB, 1982. (dissertação de mestrado)

COSTA, W. D., **Manual de barragens subterrâneas: conceitos básicos, aspectos locais e construtivos.** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco-PE, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) **Manual de métodos de análises de solo**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro, 1v. 1979.

**Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAO/UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity**. Paris, Hutchison, 1973. 510p.

FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos com ênfasis em suelos de America Latina**. 2ed. San Jose: IICA, 1994. 420p. (Colecion de Libros y Materiales Educativos/IICA, 481).

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

HACKBART, R., LIMA T. de, **Nota Técnica: a destinação final aos pneus\_- análise da Resolução n.º 258/99, CONAMA**, Gabinete do PT, Brasília -DF- [www.pt.org.br/assessor/pneus.htm](http://www.pt.org.br/assessor/pneus.htm) - 24/04/05

MIRANDA, R. J. A., **Caracterização da água disponível a partir de parâmetros físicos-hídricos em solos das zonas da mata e agreste do Estado de Pernambuco**. UFPE, Recife, PE. 1999. VIII, 79p. il (Dissertação de mestrado)

ORTIGÃO, J.A.R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro. 1995.

RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook; 60).

RICHARDS, L.A., WADLEIGH, C. H., **Soil water and plant growth**. In: "Soil physical conditions and plant growth". B.T. Shaw, Ed. Am. Soc. Agron. Monograph, vol 2. ed. Academic Press, New York, 1952.

ROCHA, J. S. M. da & KURTZ, S. M. de J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2ª ed. Santa Maria: UFSM, 1991, 181 p.

Rome, FAO, 1970. 275p (FAO SOIL BURLATIN, 10)

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.

SUDENE. **Levantamento Exploratório e Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba**. Boletim Técnico 15. Rio de Janeiro: 1972, p.



TEXEIRA FILHO, A . de J, **Variabilidade Espacial de parâmetros físico-hídricos num solo aluvial da microbacia hidrográfica do riacho São Pedro-Paraíba-Brasil.** Campina Grande,UFPB, 2001,101p.(Dissertação de mestrado).

VARGAS, M. Mecânica dos Solos. Escola Politécnica - Universidade de São Paulo. 1972.

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