



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Título:

**Avaliação da distribuição espacial de zona de armazenamento de água em nascente perene de microbacia instável Barra de Guaratiba, RJ.**

**WILSON MENDONÇA DE SOUSA NETO**

**Orientador: RICARDO VALCARCEL**

**SEROPÉDICA-RJ  
Janeiro 2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ZONA DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM NASCENTE PERENE DE MICROBACIA  
INSTÁVEL BARRA DE GUARATIBA, RJ.**

**WILSON MENDONÇA DE SOUSA NETO**

Monografia apresentada ao  
Instituto de Florestas da  
Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro, como parte dos  
requisitos para a obtenção do  
título de Engenheiro Florestal.

*Sob Orientação do Professor*

**RICARDO VALCARCEL**

Seropédica, RJ  
Janeiro de 2010

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ZONA DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM NASCENTE PERENE DE MICROBACIA  
INSTÁVEL BARRA DE GUARATIBA, RJ.**

WILSON MENDONÇA DE SOUSA NETO

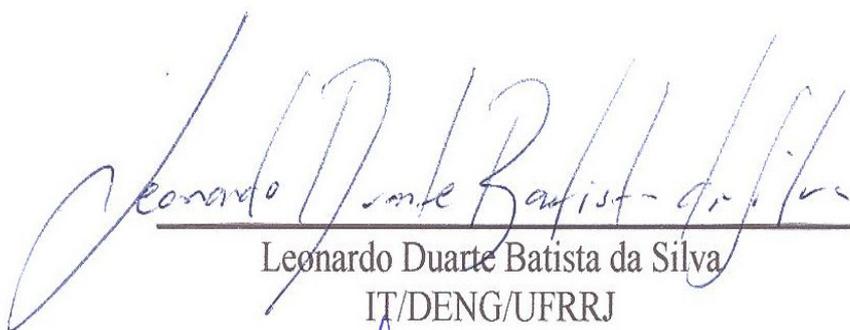
Seropédica, 08 de janeiro de 2010

**BANCA EXAMINADORA**



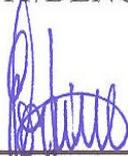
---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Ricardo Valcarcel  
DCA/IF/UFRRJ  
(Orientador)



---

Leonardo Duarte Batista da Silva  
IT/DENG/UFRRJ



---

Erika Cortines  
Doutoranda / PPGCAF

Dedico este trabalho à mulher da minha vida, minha Mãe, pessoa que eu mais amo neste mundo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha Mãe que sempre me apoiou e me ajudou em tudo que eu precisei na minha vida, ao meu Pai que sempre esteve ao meu lado, à minha Avó que participou com muito amor em minha formação profissional e ao meu Irmão meu melhor amigo pelas sábias conversas que tivemos e pelo imenso apoio ofertado a mim.

Agradeço ao Professor Ricardo Valcarcel por me orientar e me transferir conhecimentos inestimáveis, que com certeza me tornou um homem mais preparado para encarar os desafios tanto profissionalmente quanto para a própria vida.

Agradeço à grande amiga Érika, que muito me ajudou e que se não fosse ela, esta monografia nunca iria existir.

Agradeço muito à minha amiga Flávia que tanto me ajudou e colaborou para que tudo desse certo.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas da UFRuralRJ, amigos que tiveram paciência comigo e sempre me acolheram.

Agradeço ao Marquinho, a Juliane e a Ângela Claudia Rodrigues Lopes.

Agradeço à minha família da Rural, pessoas importantes que fazem parte da minha vida, amigos que eu nunca vou esquecer.

Agradeço a todos que me apoiaram e acreditaram em mim.

## RESUMO

O presente estudo avaliou os fatores edáficos que permitem administrar água em nascente perene de microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ. A área de captação encontra-se em microbacia de 16,3 ha; cuja “Área de Influência Direta” remonta a apenas 300 m<sup>2</sup>. Ela tem dados médios de declividade (26,4%), altitude (230 m), comprimento de rampa (27,4 m), orientação (oeste), e vegetação reflorestada pelo Projeto Mutirão do Rio de Janeiro. Foram amostrados tridimensionalmente a umidade, utilizando eixos radiais e transversal da zona úmida registrada pelas espécies hidrófilas. A umidade do solo foi levantada de forma sistemática e medida pelo método gravimétrico. A textura foi determinada, a partir do tamisador automático (Agitador Bertel) seguindo procedimentos descritos na literatura. Foram aplicadas estatísticas descritivas dos dados obtidos e correlação de Pearson entre as variáveis umidade do solo (%) e teor da fração argila (%). Os resultados mostraram variabilidade espacial e temporal na umidade do solo, indicando que há variação espaço-temporal na umidade das zonas hidrogenéticas. Não houve correlação formal entre umidade e profundidade durante o estudo. O mês de maior umidade do solo foi dezembro de 2007, apresentando também os maiores desvio padrão, principalmente na camada de 20 a 40 centímetros do solo. Estes resultados contrastam com os da precipitação, por apresentarem os menores valores nos últimos 20 dias anteriores, indicando que há fontes alternativas de recarga nos aquíferos da nascente. Os pontos mais úmidos encontram-se próximos às pedras e zonas de microrelevo diferenciado, formando pequenos platôs, onde também se observou outros elementos de controle estrutural do movimento da água: calhas entulhadas, presença de raízes e *pipe*, que podem contribuir para manutenção da perenidade de nascente.

**Palavras Chave:** Serviços ambientais, Funções hidrológicas

## ABSTRACT

The present project has evaluated the “edaficos” factors that allow managing water at a perennial rising of the instable microbasin at Barra de Guaratiba – RJ. The area of resources capitation is found on a microbasin with 16,3ha whose” Direct Influence Area “has only 300m<sup>2</sup>. It has an average declivity (26,4%), altitude of 230m , and the width of ramp (27,4 m) , orientation (west) , and a reforested vegetation by the “Projeto Mutirão”. It was sampled tridimensional the humidity by using radial and transversal axes of the humidity zones registered by the hydrophilic species. The humidity of the soil has been raised by a systematic shape and measured by the gravimetric method. The texture was determined from the automatic tamisador (Bertel Agitator) following the procedures described at the literature. It was applied descriptive statistic of the data obtained and Pearson Correlation between the humidity of soil (%) and the content of clay (%). The results show the spacial and temporal variability in the humidity of the hydrogenetic zones. It hasn’t a formal correlation between the humidity and the depth during the studies. The month of bigger humidity of the soil was in December 2007, also showing the biggest standard deviation, mainly at the layer of 20 to 40 centimeter of the soil. The results contrast with the ones of the precipitation because they show less values if compared with the last 20 days, indicating that there are alternative sources of recharging at the aquifers of the rising. The points with more humidity are found next to the stones and at the differentiated micro relief formed by small plateau where also has been observed other elements of structural control of water movement: blocked gutters, and the presence of roots and pipes that contributes to maintain the perenity of the rising.

**Keywords:** Environmental Services, Hydrologic Functions

## SUMARIO

<b>LISTA DE EQUAÇÕES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3 - REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
3.1 ÁREA DE INFLUENCIA DIRETA (AID) E ÁREA DE INFLUENCIA INDIRETA (AII) DAS NASCENTES .....	5
3.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DINÂMICA .....	6
3.3 CLASSIFICAÇÃO DE NASCENTES QUANTO À ORIGEM .....	7
3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS NASCENTES QUANTO À VAZÃO .....	9
<b>4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
4.1. ÁREA DE ESTUDO .....	10
4.2. AMOSTRAGEM .....	14
4.3. UMIDADE.....	15
4.4. TEXTURA .....	16
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
<b>5 - RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>24</b>
<b>7 - CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>8 - REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>
<b>9 - ANEXOS.....</b>	<b>27</b>

## LISTA DE EQUAÇÕES

01 - $U_g = (P_u - P_s)/P_s \times 100$ .....	15
02 - Correlação de Pearson .....	17

## LISTA DE FIGURAS

01: Localização da área de estudo em Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro.....	11
02: Matações soltos e encosta com casas no terço inferior .....	13
03: Área com espécies plantadas pelo Projeto Mutirão Reflorestamento .....	13
04: Curvas de nível de Barra de Guaratiba mostrando a área de estudo .....	14
05: Linhas e pontos de amostragem de solo na área de influencia direta da nascente .....	14
06: Coleta de solo com trado de rosca.....	15
07: Material utilizado em campo para acondicionas, etiquetar e medir o peso úmido das amostras de solo .....	15
08: Tamisador automático Agitador Bertel para análise da textura do solo.....	16
09: Análise da textura dos solos utilizando o método de pipetas.....	16
10: Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umidade 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm.....	19
11: Perfil longitudinal da Linha A mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.....	19
12: Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umida 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm.....	20
13: Perfil longitudinal da Linha B mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.....	20
14: Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umida 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm.....	21
15: Perfil longitudinal da Linha C mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.....	21
16: As Figuras 16 a, b e c ilustram as pedras, os pontos amostrados e os pontos que obtiveram os maiores valores de umidade nas profundidades medidas identificados como <i>out liers</i> nos <i>Box plots</i> .....	22
Figura 17: Variação da umidade do solo e do percentual de argila em relação ao afastamento da nascente.....	23

## LISTA DE TABELAS

01 - Classificação das nascentes em função dos valores de vazão (VALENTE & GOMES, 2005).....	9
02: Espécies utilizada no reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ .....	12
03: Soma, Média, desvio padrão (DP) e índice de correlação de Pearson (r) para os dados de umidade relativa do solo representados por linha, profundidade e período de amostragem....	17
04: valores de precipitação .....	18

## 1 - INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, mineral renovável, tendo em vista que a água não se perde para o espaço, o ciclo da água é um ciclo fechado, que depois de evaporada, sobe pela atmosfera em forma de vapor até certa altura, condensa-se e precipita em forma de chuva, gelo ou neve seguindo diversos caminhos até evaporar-se novamente e o ciclo tornar-se a repetir.

No entanto, as bacias hidrográficas são um sistema aberto onde a água entra em forma de precipitação e sai em forma de rios ou enxurradas, sendo, boa parte desta água perdida por evaporação e transpiração das plantas.

São as bacias hidrográficas com seus solos, encostas e vegetação, as responsáveis pela administração das águas que vêm das chuvas. Ela possibilita que a água se torne disponível para o uso, armazenando e conduzindo-a para os lençóis, nascentes e rios.

A preocupação mundial em torno da água deve, por tanto, focar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tendo suas encostas e solos bem manejados através da vegetação para que se possa atender a demanda de água de uma população de um dado local, assim como as demandas dos ecossistemas. Os solos funcionam como uma esponja que capta e retém a água. O importante é que esta permaneça o maior tempo possível dentro do sistema, para que se possa fazer uso desta em momentos em que não ocorre precipitação. Se os solos não prestarem este serviço de reter a água, e a água escoar superficialmente pelas encostas, será uma água que sairá rapidamente do sistema e não estará mais disponível para o uso. No entanto, se a água infiltrar-se no solo e este não tiver a capacidade de retê-la podem ocorrer deslizamentos e movimentos de massa assim como ocorreram recentemente em Angra dos Reis e ocorrem freqüentemente na região serrana do Rio de Janeiro, assim como as constantes quedas de barreiras que interdita as estradas no período chuvoso do verão brasileiro.

As chamadas microbacias de cabeceira, são as formadoras de nascentes que dão origem aos rios, sendo de extrema importância que estas sejam capazes de administrar e regular a vazão da água durante todo o ano para que não falte água em nenhum período.

A vegetação nativa varia sua fisionomia, mais prestam serviços ambientais aos ecossistemas. São ambientes construídos evolutivamente durante milhares de anos aonde a vegetação interage com os solos, o clima, o relevo, a fauna e a própria flora. Cabe à vegetação proteger os solos e aumentar a captação de água. Sem vegetação adequada, uma bacia hidrográfica não pode ser considerada saudável e a água então, pode causar erosão e graves problemas para a sociedade.

Em microbacias instáveis, aonde os solos são rasos, suas encostas são íngremes e ainda ocorrem afloramentos rochosos e matações soltos e enterrados, a água fica mais suscetível de perder-se e sair do sistema. No entanto, microbacias instáveis de Barra de Guaratiba, mostram produção perene de água. Conhecer os atributos que favorecem esta perenidade são de fundamental importância para o manejo de microbacias e a obtenção de água para a população em quantidade e qualidade.

## 2 - OBJETIVOS

- Geral

Conhecer os fatores e atributos responsáveis pela administração da água em uma nascente perene de uma microbacia instável.

- Específicos

Estudar a variação espacial e temporal da umidade do solo; e avaliar sua influência na recarga de nascentes em microbacias instáveis.

## 3 - REVISÃO DE LITERATURA

A água ocorre na atmosfera, acima ou abaixo da superfície terrestre, como líquido, sólido ou gás. Move-se rapidamente, como chuva, na atmosfera e como fluxo superficial canalizado ou não canalizado. Abaixo da superfície, entretanto, move-se mais lentamente e flui gradualmente para os rios ou oceanos (COELHO NETTO, 2007).

Parte da água estocada na superfície terrestre é transferida para a baixa atmosfera por evaporação ou evapotranspiração, no caso da inclusão de perdas de água pela transpiração de plantas. O vapor de água contido na atmosfera até uma certa altitude pode ser condensado em função do próprio rebaixamento da temperatura com a altitude e também pela presença de micropartículas em suspensão que funcionam como núcleos de condensação. Quando o nível de condensação atinge uma massa crítica e as micropartículas d'água não mais conseguem se manter em suspensão no ar, ocorre a precipitação. As águas retornam à superfície na forma líquida (chuvas) ou sólida (gelo ou neve), de acordo com as condições de temperatura na sua zona de precipitação. Antes de atingir a superfície pode ser parcialmente evaporada e/ou parcialmente interceptada pela vegetação, o restante então será distribuído na superfície. O que não infiltrar nos solos ou rochas escoará superficialmente. Quanto à água infiltrada, depois de preencher o déficit de água do solo, poderá gerar um escoamento superficial (LIMA 1986).

A umidade no solo constitui-se numa das variáveis mais importantes nos processos de troca entre o solo e a atmosfera, bem como para estudos de infiltração, de drenagem, de condutividade hidráulica e de irrigação, entre outros. Além disso, é uma variável indispensável para o entendimento de muitos processos hidrológicos que estão envolvidos em uma grande variedade de processos naturais geomorfológicos, climáticos, ecológicos, etc. que atuam em diferentes escalas espacial e temporal (ENTIN *et al.* 2000).

O processo mais importante de recarga de água no subsolo é a infiltração. Denomina-se infiltração o processo pelo qual a água entra no solo, que perdura enquanto houver disponibilidade de água em sua superfície. Sua taxa ou velocidade, muitas vezes determina o deflúvio superficial (runoff) ou enxurrada, responsável pelo fenômeno da erosão durante precipitações pluviais. A infiltração determina o balanço de água na zona das raízes e, por isso, o conhecimento das propriedades do solo é de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água. A infiltração ocorre no solo em diferentes sentidos: horizontal, no qual o potencial gravitacional não entra em jogo, vertical, em que o potencial

gravitacional pode ter participação preponderante e também pode ocorrer nas mais variadas direções (REICHARD e TIMM, 2004).

Segundo Coelho Netto (2007), o termo infiltração foi proposto por Horton (1933) para expressar a água que molha ou é absorvida pelo solo. Características da superfície e da cobertura dos solos limitam a infiltração no solo, e por isso, Horton (1933) propôs o termo percolação, para referir-se ao fluxo em subsuperfície que atravessa a zona de aeração em direção ao nível freático, o qual delimita a porção externa superior da zona saturada do solo. Contudo, estes dois fenômenos estão fortemente inter-relacionados (COELHO, 2007).

Ainda Coelho Netto (2007), cita Childs (1969), que corroborou quando indicou que a taxa de infiltração pode ser considerada tanto como a taxa de aumento do teor de umidade do solo ou como consequência da condutividade hidráulica e do gradiente de sucção, segundo a lei de Darcy.

A água infiltra-se através da porosidade do solo ou das rochas através de fendas ou diáclases dependendo do tipo de rocha e minerais constituintes (KARMANN, 2000). Todo solo possui poros, mais seus números, tamanho e distribuição são variáveis conforme o solo. Ao lhe adicionar água, esta se infiltra com maior ou menor rapidez. Assim é de se esperar que solos argilosos (muitas partículas < 0,002mm) apresentem grande microporosidade e solos arenosos (muitas partículas > 0,05mm) apresentem grande macroporosidade (RESENDE *et al.*, 2002).

O principal fator que determina a disponibilidade de água subterrânea não é a quantidade de água que os materiais armazenam, mas a sua capacidade em permitir o fluxo de água através dos poros. Esta propriedade de os materiais conduzirem água é chamada **permeabilidade**, que depende do tamanho dos poros e da conexão entre eles. Um sedimento argiloso, por exemplo, apesar de possuir alta porosidade, é praticamente impermeável, pois os poros são muito pequenos e a água fica presa por adsorção ou “capilaridade” (REICHARD e TIMM, 2004)

Duas forças devem ser consideradas no entendimento da infiltração no meio poroso: a atração capilar e a força gravitacional. Enquanto a força gravitacional (expressiva nos macroporos) direciona a água verticalmente no perfil do solo, a força capilar (expressiva nos microporos) direciona em todas as direções, especialmente para cima. A água, ao *percolar* o solo como fluxo livre gravitacional sofre a resistência da *força capilar*, a qual aumenta na medida em que os diâmetros dos poros se tornam menores. Nos macroporos, a força capilar torna-se negligenciável. A umidade nestes movimentos pode estar na forma líquida ou como vapor, sendo difícil distinguir suas importâncias relativas. (COELHO NETTO, 2007)

Espessas coberturas de solo ou de material inconsolidado exercem um importante papel no controle da infiltração, retendo temporariamente parte da água da infiltração que posteriormente é liberada lentamente para a rocha subjacente. A capacidade de água transmitida pelo solo depende de uma característica importante chamada capacidade de campo, que corresponde ao volume de água absorvido pelo solo, antes de atingir a saturação e que não sofre movimento para níveis inferiores. Este parâmetro influencia diretamente a infiltração, pois representa um volume de água que participa do solo, mas que não contribui com a recarga da água subterrânea, sendo aproveitada somente pela vegetação (KARMANN, 2000).

A água infiltrada e estocada no solo torna-se disponível à absorção pelas plantas e parte retorna para a atmosfera por evapotranspiração. A água que não retorna à atmosfera recarrega o reservatório de água subsuperficial ou subterrâneo e daí converge muito lentamente para as correntes de fluxos. Em solos com boa infiltração, o fluxo d'água

subterrâneo pode alimentar os canais abertos (ou rios) durante longos períodos de estiagem (COELHO NETTO, 2007).

Bonnell *et al.* (1983) indicaram que as raízes finas têm importante participação na estruturação física dos solos, ampliando a capacidade de transmissão de água. Coelho Netto (1987) demonstrou experimentalmente que o adensamento das raízes no topo de solos florestados permite a injeção de água nos solos em poucos minutos após a água atravessar o dossel e antes mesmo de preencher o déficit de água da serrapilheira. Com efeito, estudos de campo conduzidos por Nunes *et al.* (1992), nas encostas da floresta da Tijuca, mostram um aumento da umidade abaixo da zona com maior frequência de raízes, aproximadamente entre 50 e 150 cm de profundidade. Em contra partida, a camada de solo imediatamente acima apresenta-se geralmente com menor umidade, indicando as perdas para a zona subjacente, particularmente onde predominam raízes verticais condutoras de água.

Também a presença de blocos de rochas de diversos tamanhos embutidos numa matriz de solo transportado, principalmente nas áreas adjacentes a escarpamentos rochosos, interfere no comportamento da água em subsuperfície (COELHO NETTO, 1985). Dados de campo obtidos por Castro Jr. (1991) sustentam a idéia de que os blocos, enquanto superfícies impermeáveis, funcionam como barreiras à percolação lateral da águas subsuperficiais, divergindo lateralmente os fluxos e, sob descarga crítica, induzindo uma erosão em túnel ao redor dos blocos que forma dutos subsuperficiais que funcionam como drenos naturais quando o solo está quase saturado ou saturado.

Segundo (REICHARD & TIMM, 2004), se por um lado, a compactação pelo impacto das chuvas e a selagem por partículas finas deslocadas pelo salpico das gotas de chuvas promovem uma diminuição da água infiltrada, por outro, o aumento da carga hidráulica na superfície ou das rachaduras de ressecamento do solo ou do declive da superfície aumentam a infiltração

A capacidade de infiltração varia não apenas em solos com composições diferentes, mas também durante o evento de chuva: decresce rapidamente após o início das chuvas quando algumas das variáveis descritas sofrem modificações em relação às condições antecedentes. Após certo tempo de precipitação (uma ou até três horas), verifica-se uma taxa de infiltração constante (VALENTE & GOMES, 2005).

A área de captação natural da água da chuva denomina-se bacia hidrográfica, esta, proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. O limite superior de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas (divisor topográfico), e a delimitação inferior é a saída da bacia (confluência, exutório). O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo, cobertura vegetal etc. A fim de entender as inter-relações existentes entre esses fatores de forma e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, torna-se necessário expressar as características da bacia em termos quantitativos (LIMA, 2008).

A vegetação presente em uma bacia hidrográfica quer natural ou implantada (cultivos diversos), tem comportamentos importantíssimos em relação ao processo hidrológico. Influenciar nas condições da superfície do solo, melhorando a capacidade de infiltração; Exercer transpiração, que é o maior componente das perdas por evapotranspiração (CAMPOS & LANDGRAF, 2001). Além de a vegetação promover a interceptação vertical e horizontal de umidade que influenciam negativa e positivamente na quantidade de água que chega à superfície do solo respectivamente (VALVARCEL, 1982).

A presença de matas nativas, principalmente nas encostas íngremes, topo de morros e ao longo de rios, córregos e represas serve como obstáculo ao livre escoamento da água das enxurradas, reduzindo sua velocidade e possibilitando sua infiltração no solo para

absorção pelas plantas e para alimentação dos aquíferos subterrâneos. Conseqüentemente, contribui de maneira decisiva para evitar o assoreamento do leito de córregos, rios, estuários, lagoas e várzea (CAMPOS et al., 2006)

Castro (1999) define microbacias ou bacias de cabeceiras como áreas localizadas em regiões montanhosas, que formam nascentes e drenam córregos e riachos. Segundo Valente & Gomes (2005), as bacias de cabeceiras são responsáveis por armazenarem água para o abastecimento das nascentes.

Em microbacias instáveis, os ecossistemas apresentam solos rasos, encostas com altas declividades, processos de erosão diversos, deslizamentos, rolamento de matacões, tanto para as partes mais baixas da catena, como para dentro dos talwegues nas partes altas, entulhando e remodelando as drenagens, interferindo na perenidade dos cursos d'água e na instabilidade das encostas. Nestes ambientes, os fluxos hídricos provedores de recarga do lençol freático, dependem de condições específicas das áreas de captação e dos controles estruturais do terreno (CORTINES, 2008). Entendendo-se como catena a seqüência de solos do topo à base de uma pequena elevação, litologia original pode ser a mesma ou não, e talvegue como a linha que passa pelos pontos mais profundos de um vale (CURI *et al.*, 1993).

Valcarcel (1982) estratifica setores com funções hidrológicas similares nas microbacias em zonas hidrogenéticas, onde cada uma delas apresenta funções e serviços ambientais propícios, cabendo ao gestor saber usá-las em busca dos seus objetivos de manejo.

Segundo Cortines (2008), o manejo de bacias hidrográficas deve respeitar as vocações e funções das zonas hidrogenéticas, para que os serviços ambientais oferecidos por estas sejam compatíveis com as funções hidrológicas de cada zona. A *zona de captação* funciona como receptora e distribuidora de água para o sistema solo, onde há perdas e ganhos pelas variáveis dos balanços hídricos. A *zona de transmissão* é formada pela parte intermediária das encostas com declividades acentuadas, sendo áreas mais suscetíveis a processos erosivos. As *zonas de afloramento* são as áreas de baixada, menos declivosas onde o lençol aflora, sendo áreas importante de serem manejadas para fim de manter as condições de troca de água da calha para a várzea e vice-versa, garantindo a regulação hídrica da calha e perenidade dos rios.

Como encosta entende-se os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez, definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos. As formas geométricas do relevo – convexas, côncavas ou retilíneas –, que resultam da ação de processos erosivos e/ou deposicionais no tempo, igualmente condicionam a espacialização dos processos erosivos – deposicionais subsequentes. Entre os topos e os fundos de vales transitam sedimentos e diversos elementos detríticos solúveis, por meio de mecanismos associados às águas ou aos ventos, ou aos gelos, em interação com as forças gravitacionais. Os fundos de vales coletores podem, então, transferir este material transportado das encostas para jusante, e, por meio de fluxos concentrados em canais, interconectar-se com outros sistemas coletores ou de drenagem. (COELHO NETTO, 2007)

### **3.1 Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII) das nascentes**

Cortines (2008) define Área de Influência Direta (AID) das nascentes como aquela correspondente ao trecho da microbacia hidrográfica situado na encosta, fora da calha de drenagem principal, que influi diretamente na captação, transmissão, armazenamento e afloramento da nascente e Área de Influência Indireta (AII) como toda a área à montante que

recebe, infiltra e esco a água da chuva, drenando-a para o ponto de afloramento que forma a nascente.

### 3.2 Área de contribuição dinâmica

As áreas de contribuição dinâmica são mantidas úmidas pelo afluxo de água dos lençóis subterrâneos distribuídos abaixo das superfícies das bacias e inclinados em relação a elas. São, portanto, verdadeiras áreas de passagem, com movimentação contínua de água, justificando a palavra dinâmica, em sua denominação (VALENTE e GOMES, 2005).

Quando o perfil do solo está úmido por chuvas antecedentes, o nível do lençol reage rapidamente após uma chuva, caindo logo depois. No período sem chuva o lençol já não tem mais variações bruscas, pois ele passa a ser abastecido apenas pela água que desce lentamente de suas partes mais altas ao longo das encostas. Quando a chuva para, devido à proximidade da nascente, a água é rapidamente drenada por ela. Nova chuva volta a elevar o nível do lençol e o ciclo se repete. As faixas em torno das nascentes são mantidas úmidas, portanto, pelos armazenamentos feitos nas regiões mais altas, durante os períodos de chuva. Se esses armazenamentos não existissem, as faixas em torno das nascentes não seriam capazes de garantir suprimento de água suficiente para boas vazões nos períodos de seca. Daí a importância de práticas de conservação que possibilitem altas taxas de infiltração, em toda a superfície da bacia, e não apenas no entorno das nascentes ou cursos d'água (VALENTE e GOMES, 2005).

Na área de contribuição dinâmica, a região saturada fica muito próxima à superfície, permitindo que vegetação com raízes mais profundas seja capaz de explorar água diretamente da mesma, por meio da orla de capilaridade. Com isso, a vegetação exerce sua capacidade total de transpiração, fazendo com que a evapotranspiração real seja igual ou mesmo maior que a potencial, quando acontece o efeito oásis (VALENTE e GOMES, 2005).

Um caso especial dentro dessa área é o das freatófitas, que se desenvolvem diretamente nas áreas saturadas, até mesmo com lâminas d'água na superfície, como é o caso da Taboa (*Tipha latifolia*). Seu desenvolvimento diminui a produção de água, devido à queda da vazão à tarde, com o mínimo ocorrendo às 16 h. Outra situação que merece ser discutida é a da floresta ciliar. Quando presente na área de contribuição dinâmica e, portanto, com grande possibilidade de ocupar áreas com lençóis de baixa profundidade, ela poderá produzir um grande consumo de água (VALENTE e GOMES, 2005).

Todos os vegetais que, para sua sobrevivência e propagação, requerem mais água que os recursos do solo ou que, embora firmados neste, não podem dispensar o líquido em maior proporção, bem como aqueles que, independentes do firme, vivem vagando nos mares, perdidos nos vastos oceanos, lagoas, baías e rios, a ciência classificou como Hydrophyta ou considerada Hydrophyta ou de acordo com a ortografia simplificada, atualmente em uso: hidrófitas e hidrófilas, o que quer dizer: plantas de água ou amigas da água. Esta classificação não deverá, entre tanto, ser considerada agrupamento ou separação sistemática baseada na afinidade real. Ela não cogita da semelhança morfológica, refere-se simplesmente a uma particularidade ecológica. Visa mostrar o ambiente ou as condições em que essas plantas crescem (HOEHNE, 1955).

Entendendo-se por nascente o afloramento do lençol freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios) (CALHEIROS *et al* 2004).

Para Davide *et al.*, (2002) nascente é um ponto onde jorra água através da superfície do solo. Também conhecida como olho d'água, fio d'água, cabeceira e fonte.

Segundo Valente e Gomes (2005), nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, dando origem a cursos de água. Salientam ainda que, partindo-se do fato de que cada curso de água tem sua nascente, chega-se à conclusão de que o número de cursos de água de uma determinada bacia é igual ao seu número de nascentes. Daí uma razão importantíssima para seu estudo visando o abastecimento de água para a população.

Santana (2003), define nascente como uma parte do sistema hidrológico que capta, armazena, conduz e permite o afloramento da água em um dado local, cujas características ambientais são determinantes para definir os seus regimes hídricos. Dentre as variáveis que influem neste sistema hidrológico estão as que determinam a entrada de água no sistema; as que permitem a infiltração da água do solo; componente biótico; e as que interferem no armazenamento, condução e afloramento da água como características do solo, rochas, relevo e ambientes adjacentes – montante e jusante.

Os fluxos de base que sustentam as nascentes, provenientes dos lençóis subterrâneos, têm grande importância não só temporal, mas também espacial, pois são capazes de possibilitar que todos os usuários de água da bacia, inclusive os das cabeceiras, tenham água durante a estiagem. (DAVIDE *et al*, 2002). Em microbacias instáveis, controles estruturais induzem o afloramento do lençol freático na superfície, pois reduzem a velocidade da água sub-superficial, dificultam o movimento lateral dos aquíferos (CORTINES, 2008).

### **3.3 Classificação de nascentes quanto à origem**

As nascentes quanto às origens, podem ser formadas tanto por lençóis freáticos (apenas depositados sobre as camadas impermeáveis), quanto artesianos (confinados entre duas camadas impermeáveis), podendo surgir por contatos das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis em depressões do terreno, por falhas geológicas ou por canais cársticos. Na origem da maior parte dos nossos córregos estão nascentes de contato ou depressão, proveniente de lençóis freáticos. As de contato, como normalmente surgem no sopé de morros, são conhecidas como nascentes de encosta (CALHEIROS *et al*, 2004).

Nascentes de depressão podem se manifestar em pontos de borbulhamento bem definidos, chamados olhos d'água ou, então, por pequenos vazamentos superficiais espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e vai acumulando água em poças dando início a fluxos contínuos, sendo conhecidas como nascentes difusas (VALENTE & GOMES, 2005).

As provenientes de lençóis artesianos podem ser de contato, ocorrendo normalmente em regiões montanhosas, com fortes declives entre áreas próximas, o que facilita o afloramento das camadas impermeáveis pelo confinamento dos lençóis; podem ainda ser provenientes de falhas geológicas que sejam capazes de provocar a ligação de lençóis confinados com a superfície; ou por canais e galerias formadas em rochas cársticas (rochas carbonatadas) e que podem ser alimentados pela água de chuva, através de dolinas, por exemplo. (VALENTE & GOMES, 2005).

Faria (1996) classifica as nascentes em Fixas; móveis; primárias e secundárias; e Pseudonascentes. A saber:

Nascentes Fixas: são aquelas que não mudam de posição ao longo do ano; chamadas de Pontuais por Castro e Gomes, (2001);

Nascentes móveis: são as que se desenvolvem no fundo das calhas, sendo controladas pela saturação do lençol freático, causada pelos seus movimentos oscilatórios, fazendo-a migrar para montante e jusante, dando uma grande dinâmica aos canais de primeira ordem, onde este tipo de nascente é comum;

Nascentes primárias e secundárias: originadas por *pipes* que alimentam diretamente os fluxos das calhas em pontos diferenciados;

Nascentes Difusas: ocorrem em encostas íngremes, no contato de uma fina camada do regolito, com um canal raso constituído por base rochosa, provendo-o de água após a chuva, alimentando esses canais quase que igualmente ao longo de todo o percurso. Geralmente este tipo de nascente gera canais efêmeros escoando água apenas nos momentos de chuva, ou canais intermitentes que escoam água por alguns dias após a chuva. Para Castro (2001), nascentes difusas são aquelas que não apresentam um ponto definido ocorrendo principalmente nas áreas de brejo, baixadas, matas planas e voçorocas. Nestes locais o lençol freático se encontra tão próximo a superfície que gera vários pequenos pontos de afloramento formando nascentes difusas.

Pseudonascentes: são nascentes geradas por um fluxo descontínuo nas calhas de drenagem (comuns em microbacias de primeira ordem), isto é, quando um fluxo desaparece em um ponto da calha e reaparece a jusante na forma de nascente.

Cortines (2008), classificou as nascentes segundo os fatores condicionantes como: nascentes de calhas entulhadas: armazenamento no leito dos talvegues assoreados, com quantidades diferenciadas de seixos e blocos de até 15m de diâmetro. Eles surgiram em função do rolamento das partes altas e encontram-se encaixados nos talvegues e concavidades da encosta. Constituem evidências dos intensos processos erosivos e atualmente entulham as calhas, principalmente onde há sedimentos finos oriundos de processos erosivos recentes.

Cortines (2008) ainda explica que, em nascentes do tipo calha entulhada, o afloramento de água se dá pelo seu represamento no talvegue, sendo o volume dependente basicamente da largura da calha e da eficiência do represamento efetuada pelos controles estruturais existentes. Os pontos de retenção de sedimentos ocorrem nas mudanças da forma do relevo da calha permitindo o acomodamento destas partículas e formação de pequenos “platôs” que funcionam como áreas de afloramento e/ou reforço de umidade, formando uma nascente do tipo calha entulhada. Estas nascentes podem aparecer em vários pontos da mesma drenagem, pois a água acumulada no afloramento não possui força e volume suficiente para formar um curso de água, e infiltra no mesmo ponto, podendo aflorar em um local à jusante.

Nascente do tipo Poço: representam as fontes de abastecimento provenientes diretamente do lençol freático onde a água é bombeada para uma caixa ou retirada manualmente de acordo com a demanda. O uso da água do poço é controlado, pois depende do nível do lençol freático e de seu abastecimento pelas águas de chuva. O uso descontrolado pode causar problemas como o rebaixamento do lençol e perda da qualidade do abastecimento. O poço estudado por Cortines (2008) está localizado em área plana, quase no topo da encosta, dentro de um platô com convergência da água de todas as partes, por tanto, possui área de captação pequena e não representa a normalidade das condições de abastecimento deste tipo de nascente

Nascente de Encosta: São aquelas que afloram fora das calhas de drenagem, no meio da encosta, devido à presença de algum controle estrutural que intercepta o lençol freático, podendo ser afloramentos rochosos; pedras; mudanças texturais do solo; mudanças das formas do relevo; entre outros. Nascentes de encosta apresentam comportamento hidrológico típico de nascentes de microbacias instáveis, onde a água é proveniente de lençol freático confinado num pequeno trecho da encosta.

Valente e Gomes (2005) salientam que o mais importante no tocante a classificação de nascentes é diferenciar as nascentes freáticas de nascentes artesianas, pois os lençóis responsáveis pelas primeiras são abastecidos por áreas próximas, enquanto os responsáveis pelas segundas podem estar sendo abastecidos distantes do ponto de emergência

e às vezes de difícil delimitação. As nascentes freáticas têm reações mais rápidas ao regime de chuvas ou ao uso da terra em áreas próximas ao local de sua ocorrência, sendo mais fáceis de serem trabalhadas para recuperação e conservação de vazões.

### 3.4 Classificação das nascentes quanto à vazão

Pode-se classificar as nascentes dos cursos d'água pela persistência de seus fluxos, em perenes, intermitentes, temporárias ou efêmeras (VALENTE & GOMES, 2005).

Nascentes perenes se manifestam essencialmente durante o ano todo, mas com vazões variando ao longo do mesmo. Em épocas muito secas e em locais onde o leito do curso d'água seja formado de material muito poroso, o seu ponto de afloramento pode ficar muito difuso (VALENTE & GOMES, 2005).

Nascentes intermitentes fluem durante a estação chuvosa, mas secam durante parte do ano (estação seca). Os fluxos podem perdurar de poucas semanas até meses. Em anos muito chuvosos, podem dar a impressão de serem perenes (VALENTE & GOMES, 2005).

Nascentes temporárias ou efêmeras ocorrem somente em resposta direta à precipitação. São mais frequentes nas regiões áridas e semi-áridas, mas ocorrem em todos os tipos de clima (VALENTE & GOMES, 2005).

As vazões produzidas pelas nascentes variam desde um litro por minuto até milhares de litros por minuto (Tabela 01), dependem do tamanho e da riqueza dos lençóis responsáveis por seu abastecimento. Mesmo aquelas com menos de um litro por minuto acabam sendo responsáveis pelo primeiro pequeno córrego de um grande rio. Os rios somente serão perenes, correndo ao longo de to ano, se sustentados por nascentes também perenes (VALENTE & GOMES, 2005).

**Tabela 01** - Classificação das nascentes em função dos valores de vazão (VALENTE & GOMES, 2005)

<i>Classe ou Magnitude</i>	<b>Vazão (L/mim)</b>
<b>1</b>	>170.000
<b>2</b>	17.000 – 170.000
<b>3</b>	1.700 – 17.000
<b>4</b>	380 – 1.700
<b>5</b>	38 – 380
<b>6</b>	4 – 38
<b>7</b>	0,6 – 4
<b>8</b>	<0,6

Atualmente há uma grande preocupação com a queda de vazão dos rios nas épocas de seca. Esse comportamento tem início na diminuição da quantidade de água de chuva que penetra no solo, produzindo lençóis freáticos e nascentes de baixa ou nenhuma vazão na estiagem. Salvar rios, por tanto, é salvar primeiro sua nascente e como estas nascentes são produtos de suas bacias, elas precisam ser adequadamente manejadas para fins de produção de água, além de outros bens (VALENTE & GOMES, 2005).

Nas microbacias com baixa capacidade de armazenamento de água, as nascentes ocorrem em condições geo-ambientais específicas que permitem o confinamento parcial do lençol freático. Nestes ambientes, os controles estruturais, que são estruturas que reduzem a velocidade de passagem da água subsuperficialmente, dificultam o movimento lateral dos aquíferos e induzem o afloramento do lençol freático na superfície (CORTINES, 2008).

A variável umidade do solo é uma variável regionalizada e apresenta estrita relação espaço temporal em detrimento à variabilidade e heterogeneidade dos fatores ambientais (NOGUEIRA & COUTO, 2007)

O problema da variabilidade espacial e temporal dos solos tem sido considerado pelos cientistas desde o início do século XX, embora se tenha começado a estudar as variações espaciais de forma mais sistemática apenas a partir do fim da década de 1960. Os primeiros estudos foram testes independentes de mapas de solo, nos quais as fontes de variação eram vistas como entrave que reduzia a confiabilidade do mapa. Gradualmente a natureza geral da variação do solo e sua imprevisibilidade têm levado os cientistas a verem a variabilidade muito mais chave para entender os atributos do solo do que como entrave ao seu conhecimento (BURROUGH *et al.*, 1994).

## **4 - MATERIAIS E MÉTODOS**

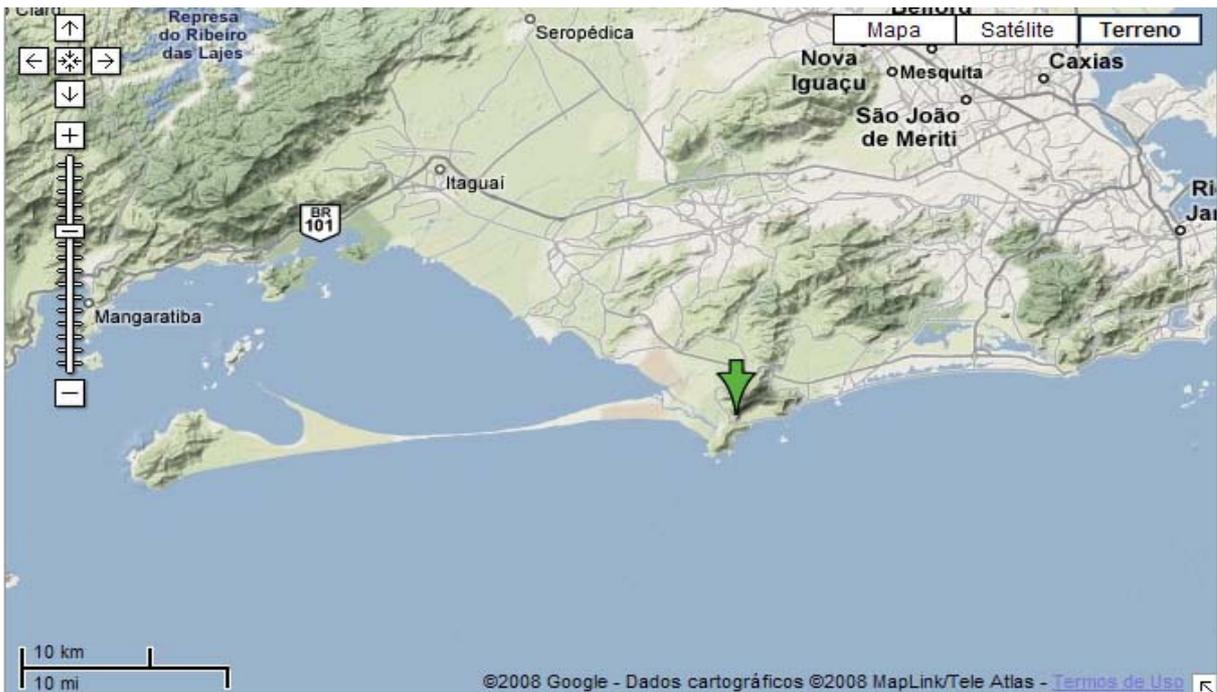
### **4.1. Área de Estudo**

A área de estudo está localizada na região costeira na zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, Distrito de Barra de Guaratiba, entre as coordenadas 23° 04' 5.00" Sul e 43° 33' 29,03" Oeste, no domínio ecológico da Mata Atlântica, e pertence ao Parque Estadual da Pedra Branca (cota acima de 100 m.s.n.m. segundo Lei 1.200 de 28/03/1998) (Figura 01).

O clima Tropical "Aw", segundo Köppen, apresenta verão chuvoso e inverno seco, com precipitações médias de 1300 mm/ano distribuídas de Outubro a Maio. A temperatura máxima média anual corresponde ao mês de fevereiro (25,7°C) e a mínima média anual corresponde ao mês de julho (19,6°C) (FIDERJ, 1978).

Apresenta solos rasos (profundidade inferior a 1 metro) pertencem as classes Argissolos e Cambissolos, apresentam textura média argilosa. A declividade é fortemente ondulada (PALMIERI, 1980).

Os afloramentos rochosos são freqüentes na região e se associam a blocos rochosos soltos na superfície, dispostos nas partes íngremes (Figura 02) e talvez podendo estar encaixados ou soltos, aparentes ou coberto por sedimentos de processos erosivos pretéritos



**Figura 01:** Localização da área de estudo em Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro.

Guaratiba foi fundada em 05 de Março de 1579 pelo português Manoel Veloso Espinha, que conjugou os vocábulos da língua Tupi, “guará” (ave pernalta) e “tiba” (muita quantidade). Na região houve a prática da pecuária, cultivo da cana-de-açúcar e do café, e construção de engenhos e fazendas tradicionais, formando as vilas e localidades de: Pedra, Ilha e Barra de Guaratiba (MARQUES *et al.*, 2004).

Em Barra de Guaratiba as encostas fazem parte de um cabo que adentra ao mar, onde, sua constituição é predominantemente por formações rochosas (CORTINES, 2008).

Na década de 1950 – 1960, a região foi desmatada para o cultivo de batata e banana, persistindo vestígios até os dias atuais. O sistema de produção de subsistência, devido à alta declividade das encostas, envolveu baixo uso de tecnologia, ocorrendo a estagnação econômica da região e abandono da agricultura, permanecendo os passivos ambientais: erosão e deslizamentos (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1998).

A conseqüente especulação imobiliária e valorização dos terrenos para construções residenciais, foram as alternativas para os terços inferiores e médios das encostas das microbacias (MARQUES *et al.*, 2004), predominando construções de baixo padrão construtivo, pois existem problemas de titularidade e posse de terra (CORTINES, 2008)

A população do terço superior usa água exclusivamente das nascentes, enquanto que a comunidade do terço inferior da encosta é abastecida pelos serviços da Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro – CEDAE, complementada pela oferta adicional das nascentes. Porém, há problemas na sua regularização. A comunidade possui 4.380 habitantes e 1.253 domicílios (PCRJ/SMAC, 1999).

Na região ocorre vegetação da Mata Atlântica com espécies decíduas onde os solos são rasos e ambientes com vegetação perene onde os solos são profundos. Estes ambientes foram modificados por culturas de interesse agrônômico de subsistência como banana, mandioca e batata. Estas atividades conjugadas com a necessidade de alimentação dos animais permitiram a colonização generalizada do capim colônio (*Panicum maximum* L.), restando apenas pequenos fragmentos florestais em locais úmidos (PCRJ/SMAC, 1999).

Atualmente subsiste apenas a bananicultura em alguns locais altos, onde há presença Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (PCRJ) através dos reflorestamentos, áreas com pastos e fragmentos nativos. Nos terço inferior das encostas predomina a ocupação urbana (Figura 2)

A área foi reflorestada pelo projeto mutirão do reflorestamento do estado do Rio de Janeiro (PMRERJ) com objetivo de reflorestar encostas a partir do planejamento participativo, onde a comunidade local se organiza na execução e manutenção do projeto de reflorestamento. O objetivo é constituir um novo ecossistema a partir do reflorestamento de espécies rústicas e adaptadas a condições de baixa oferta de atributos ambientais, garantindo com isto, melhores condições ambientais para a região. A frente de reflorestamento de Barra de Guaratiba iniciou seus plantios em 1995 (Figura 03).

As mudas foram plantadas com espaçamento de 2,0 metros entre linhas e plantas em áreas sem risco de deslizamento. Em áreas declivosas o espaçamento foi reduzido. A proporção de espécies utilizadas envolveu 10% do grupo 1 (leguminosas de rápido crescimento, nativas ou exóticas), 65% do grupo 2 (espécies nativas pioneiras), 15% do grupo 3 (espécies nativas não pioneiras) e 10% do grupo 4 (frutíferas utilizadas para o consumo de espécies animais, humana, nativas ou exóticas) (Tabela 02).

**Tabela 02:** Espécies utilizada no reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ

<i>Nome científico</i>	<i>Nome vulgar</i>
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau jacaré
<i>Enterolobium contortisilliquum</i>	Orelha de negro
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Hymeneaea courbaril</i>	Jatobá
<i>Cassia grandis</i>	Cássia rosa
<i>Bauhinia forficata</i>	Unha de vaca
<i>Psidium spp.</i>	Goiaba, araçá
<i>Hura crepitans</i>	Assacu
<i>Cecropia sp.</i>	Embaúba
<i>Spondias spp.</i>	Cajá-Mirim, Cajá Manga
<i>Erithrina sp.</i>	Mulungu
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira
<i>Machaerium aculeatum</i>	Borrachudo
<i>Tabebuia spp.</i>	Ipês
<i>Pithecelobium tortum</i>	Jurema
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Araribá
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá
<i>Cedrella sp.</i>	Cedro
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo
<i>Zanthoxylum sp.</i>	Mamica de Porca
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá
<i>Sapindus saponaria</i>	Saboneteira

Fonte: SANTOS (1995)

A área estudada está contida em uma encosta de uma microbacia instável de 16,3 ha; e compreende a “Área de Influência Direta” (com 300 m<sup>2</sup>) de uma nascente perene de encosta; apresenta declividade média 26,4%; altitude média 230 m; comprimento de rampa 27,4 m; orientação oeste; e vegetação de reflorestamento do Projeto Mutirão Reflorestamento (CORTINES, 2008) (Figura 04).

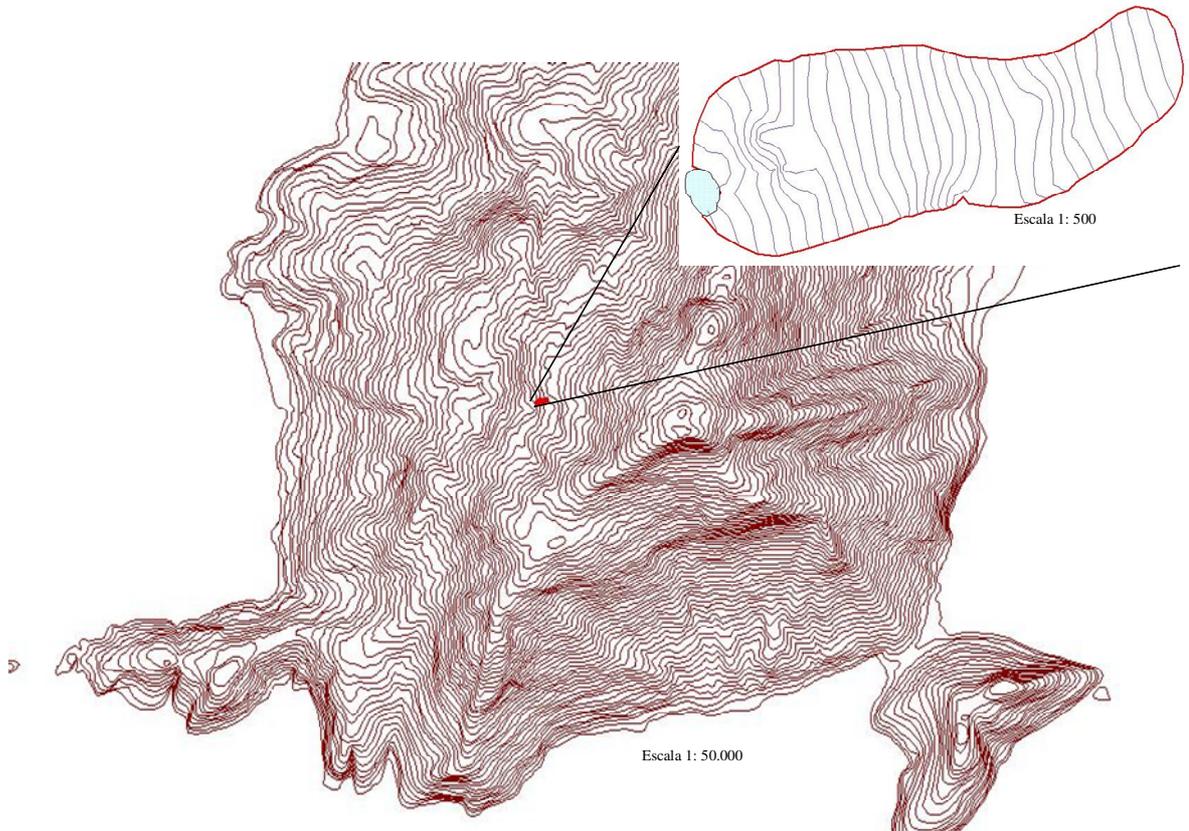
Foram efetuadas por CORTINES (2008) 4 medições da vazão da nascente (Abril, Setembro, Novembro e Dezembro) do ano de 2007, envolvendo períodos considerados de seca e de chuva. O volume médio esgotado da nascente foi de 147 L. A vazão média da nascente foi de 5,00 L.h<sup>-1</sup> a em Abril totalizando 24 h para atingir seu volume inicial, 5,46 L.h<sup>-1</sup> em Setembro totalizando 28 h, 7,36 L.h<sup>-1</sup> em Novembro totalizando 22 h e 5,06 L.h<sup>-1</sup> em Dezembro totalizando 30 h.



**Figura 02:** Matacões soltos e encosta com casas no terço inferior



**Figura 03:** Área com espécies plantadas pelo Projeto Mutirão Reflorestamento

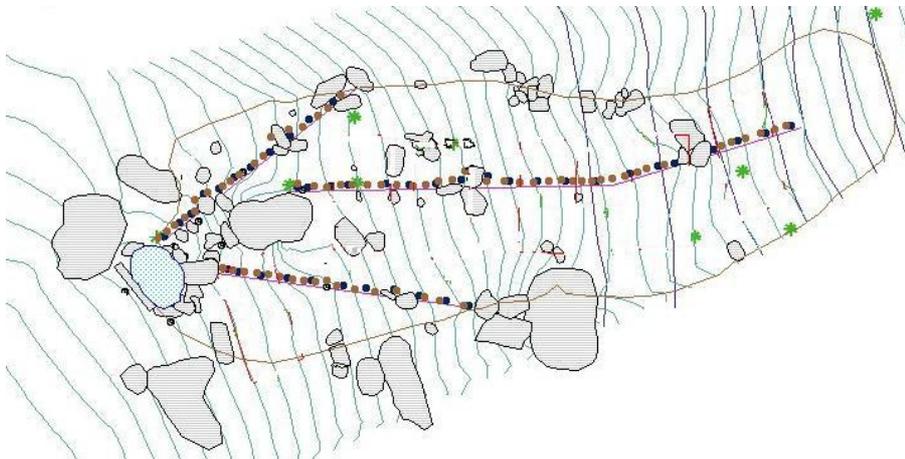


**Figura 04:** Curvas de nível de Barra de Guaratiba mostrando a área de estudo

#### 4.2. Amostragem

Para avaliar a variação tridimensional da capacidade de administração da água, se lançou um sistema de amostragem em forma radial e transversal do reservatório identificado pelas espécies hidrófilas (Figura 05).

A umidade do solo foi levantada de forma sistemática através dos eixos radiais e transversalmente aos sentidos dos escoamentos, em toda a zona de influencia da vegetação hidrófila.



**Figura 05:** Linhas e pontos de amostragem de solo na área de influencia direta da nascente

Para recolher os efeitos das variações temporais da umidade no solo, foram feitas amostragens da umidade em abril de 2007, dezembro de 2007 e outubro de 2008.

### 4.3. Umidade

A partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram adquiridos os dados de meteorologia dos 20 dias anteriores dos dias de cada amostragem em campo referentes à estação automática da Marambaia.

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico, onde as amostras de solo foram retiradas com trado de rosca nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm nas linhas amostrais radiais e transversais (Figura 06), dentro da área submetida a uma condição de umidade diferenciada.

As amostragens foram efetuadas a 0,5 m de equidistância. O material coletado foi guardado em ambiente térmico isolado e pesado em balança de precisão 0,01g (modelo Ohaus Compact Scales CS 200 da Ashworth) (Figura 07), para a determinação de seu peso úmido (PU). Este material posteriormente foi levado a estufa 105° C, até estabilização do peso pela ausência de umidade, determinando-se o peso seco (PS).

Para determinar a umidade relativa foi utilizada a equação  $100 \times \text{Peso úmido} - \text{Peso seco} / \text{peso seco}$  (NASCIMENTO, 1995).

**Equação 01 -  $U_g = (P_u - P_s) / P_s \times 100$**



**Figura 06:** Coleta de solo com trado de rosca



**Figura 07:** Material utilizado em campo para acondicionar, etiquetar e medir o peso úmido das amostras de solo

#### 4.4. Textura

A partir do tamisador automático foi determinada a textura do solo (Agitador Bertel. Figura 08) com 3-5 vibrações por minuto, durante 10 minutos, utilizando-se as peneiras com diâmetros de: 4,00mm/μm (ABNT/ASTM – nº 5), 3,35mm/μm (ABNT/ASTM – nº 6), 2,80mm/μm (ABNT/ASTM – nº 7), 2,00mm/μm (ABNT/ASTM – nº 10) e 1,00mm/μm (ABNT/ASTM – nº 18). A metodologia adotada para a análise da textura foi a do EMBRAPA (1979), (figura 9).



**Figura 08:** Tamisador automático Agitador Bertel para análise da textura do solo.



**Figura 09:** Análise da textura dos solos utilizando o método de pipetas.

#### 4.5. Análise Estatística

Foram feitas estatísticas descritivas dos dados obtidos (média, variância, erro padrão, coeficiente de variação) e correlação de Pearson entre as variáveis umidade do solo (%) e teor da fração argila do solo (%).

## Equação 02 – Correlação de Pearson

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n}}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n} \right] \left[ \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2}{n} \right]}}$$

Foram utilizados os softwares Microsoft EXEL 2003 e “sigmaplot 2000” para a produção de gráficos. Os Box Plotes ilustram o conjunto de dados fornecendo informações sobre a assimetria, achatamento, dispersão, dispersão e posição dos dados além de informar sobre os dados discrepantes, aqueles com valores muito diferentes do restante do conjunto. O diagrama de caixa é desenhado a partir da determinação, primeiro, dos valores máximo e mínimo, bem como os 25º, 50º (mediana) e 75º percentis.

## 5 - RESULTADO E DISCUSSÃO

O índice de correlação de Pearson entre a umidade do solo e o teor da fração argila não apresentaram comportamento esperado onde os valores variaram muito em profundidade e no tempo. Os resultados mostraram uma grande variabilidade espacial e temporal na umidade do solo, indicando que as zonas hidrogenéticas desempenham funções hidrológicas diferenciadas na área de influencia direta da nascente (Tabela 02).

**Tabela 03:** Soma, Média, desvio padrão (DP) e índice de correlação de Pearson (r) para os dados de umidade relativa do solo representados por linha, profundidade e período de amostragem.

Linhas	Profundidade (cm)	Ano	Soma	Média	DP	r
A	0-20	out/08	399,94	21,05	6,5	0,11307
A	20-40	out/08	304,13	16,01	6,27	0,58683
A	0-20	dez/07	887,3	46,7	13,69	0,17024
A	20-40	dez/07	686,1	57,175	14,46	0,91514
A	0-20	abr/07	276,43	15,36	1,49	0,10399
A	20-40	abr/07	269,88	14,99	2,54	0,65176
B	0-20	out/08	677,96	21,19	9,41	-0,1768
B	20-40	out/08	594,95	18,59	7,72	0,24225
B	0-20	dez/07	1142,3	45,69	9,44	-0,1346
B	20-40	dez/07	1132,3	66,61	17,49	-0,3067

(Continua)

(Continuação Tabela 3)

B	0-20	abr/07	518,8	16,21	5,84	0,15661
B	20-40	abr/07	519,6	16,76	6,86	0,72738
C	0-20	out/08	388,85	22,87	12,43	-0,3128
C	20-40	out/08	175,7	19,52	11,95	0,78933
C	0-20	dez/07	721,2	48,08	8,7	-0,0814
C	20-40	dez/07	555,2	61,69	11,35	0,02658
C	0-20	abr/07	233,02	13,71	3,78	-0,4671
C	20-40	abr/07	209,73	12,34	4,91	-0,2417

O mês que apresentou maior umidade do solo foi dezembro de 2007, com as maiores médias e maior desvio padrão, com valores de umidade maiores na camada de 20 a 40 centímetros de profundidade do solo. Este resultado contrasta com os valores de precipitação, sendo que para este mês, os 20 dias anteriores desta medição foram os dias de menores valores de precipitação em relação às outras medições. Indicando que a área tem um enorme potencial para a administração da água e sugerindo que há outras entradas de água no sistema. No entanto, os dias anteriores já haviam chovido grande volume e o solo se encontrava encharcado, indicando a administração da água pelo sistema.

Em outubro de 2008, foram observados os maiores valores de precipitação (98,6 mm nos 20 dias anteriores ao dia da amostragem do solo), no entanto, seguia de uma época seca (inverno) aonde o sistema ainda não havia recebido uma quantidade grande de água. (Tabela 03)

**Tabela 04:** valores de precipitação

Mês/Ano	PPT (mm)	Radiação (kJm <sup>2</sup> )	Umidade total Ug (%)	Volume PPT (m <sup>3</sup> /ha)	V ppt (m <sup>3</sup> /300 m <sup>2</sup> )	litros/300m <sup>2</sup>
abr/07	50,2	300483,000	2027,46	502	15,06	15060
dez/07	25,8	490615,267	5124,40	258	7,74	7740
out/08	98,6	294450,000	2683,84	986	29,58	29580

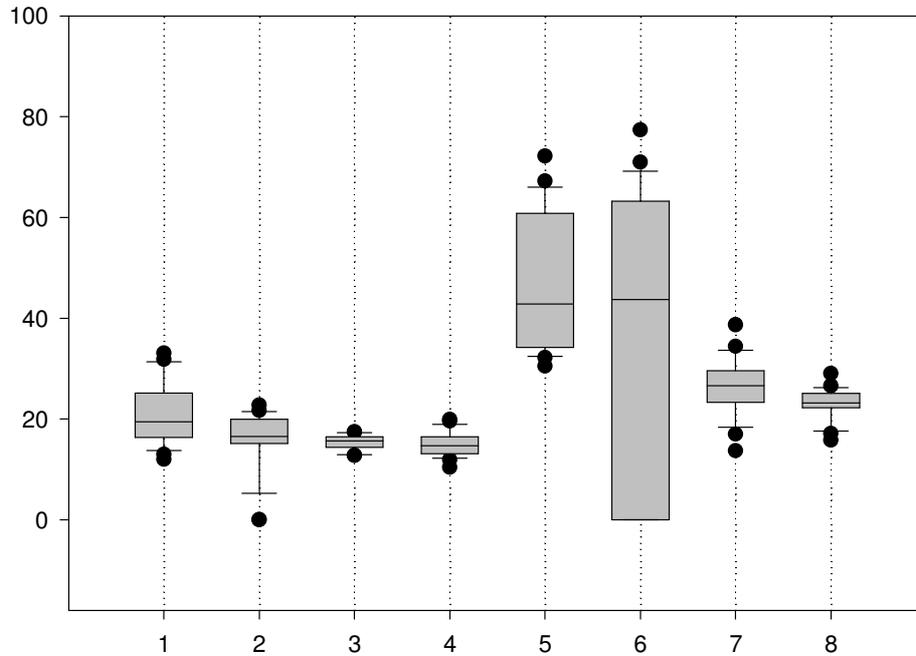
(Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia)

Os dados discrepantes são de extremo interesse, pois para estes existem determinantes exclusivos, principalmente os que têm o s maiores valores de umidade do solo. Podendo revelar o que pode ser feito em detrimento a manejo de nascentes para aumentar a permanência de água no sistema, contribuindo com a perenidade da nascente. E os dados que revelaram os menores valores da umidade do solo, possuem determinantes, podendo assumir funções que variam com o sistema.

As figuras 10, 12 e 14 ilustram o comportamento dos dados e os valores de umidade discrepantes na linha A, B e C respectivamente. No período de verão em dezembro de 2007 houve uma maior distribuição dos dados em torno da média apresentando maior desvio padrão e menor achatamento dos *boxs* indicando uma variabilidade do comportamento do sistema na administração da água. Em abril de 2007 foi observado um maior achatamento dos *boxs* e um menor desvio padrão.

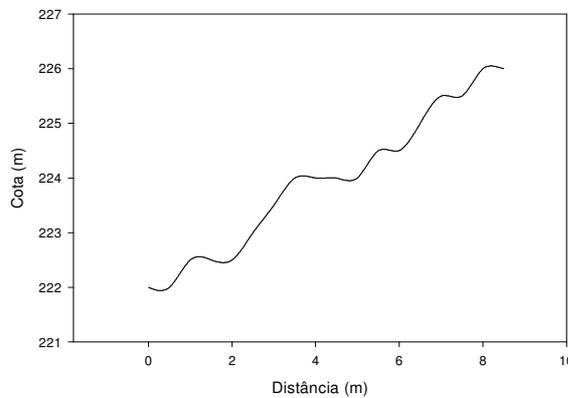
Os perfis longitudinais respectivos (figuras 11, 13 e 15) ilustram as regiões aonde a mudança de declividade teve papel fundamental na leitura dos dados de maior valores de umidade representados pelos *out liers*..

Box Plot Linha A



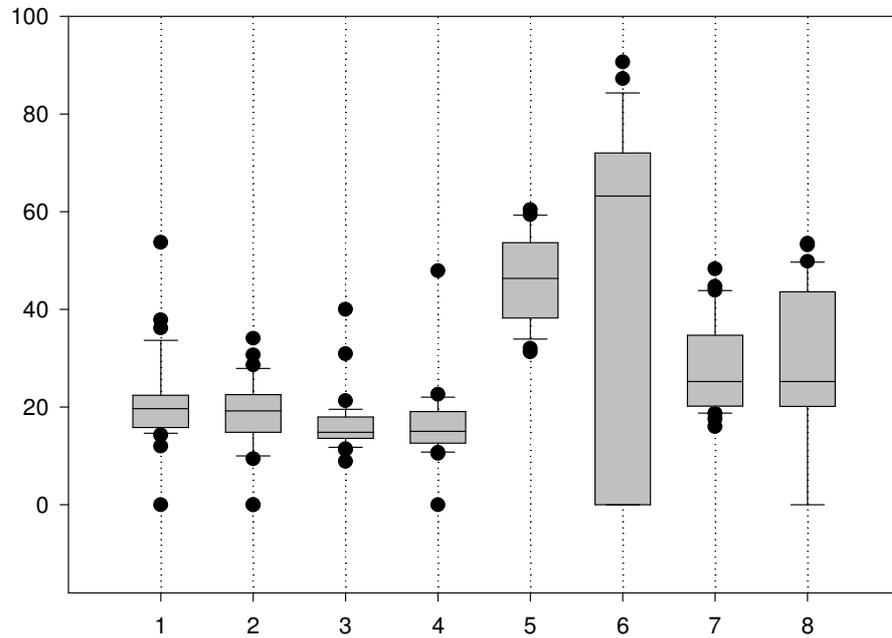
**Figura 10:** Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umidade 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm

Perfil Longitudinal Linha A



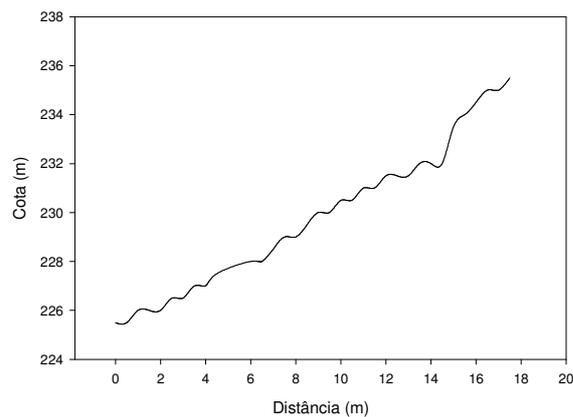
**Figura 11:** Perfil longitudinal da Linha A mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.

Box Plot Linha B



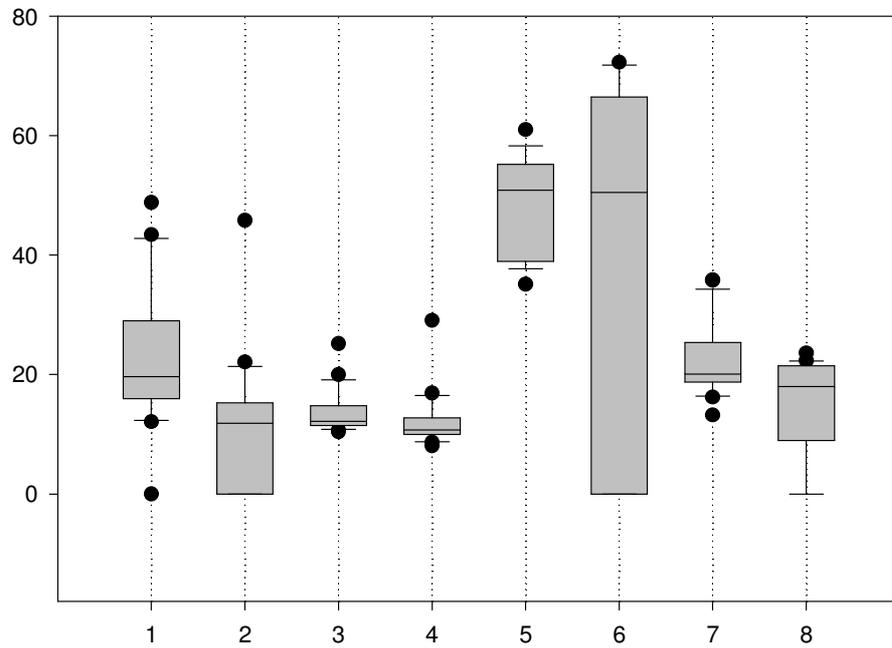
**Figura 12:** Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umida 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm.

Perfil Longitudinal Linha B



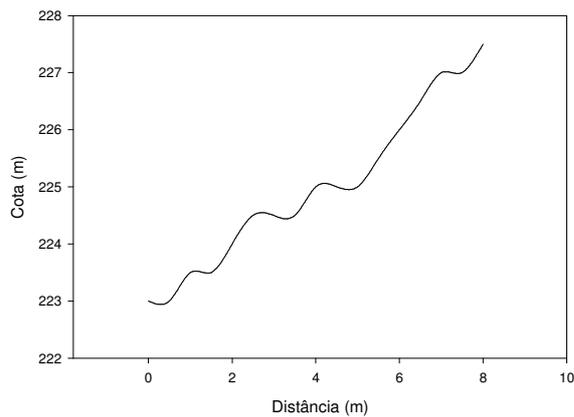
**Figura 13:** Perfil longitudinal da Linha B mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.

Box Plot Linha C



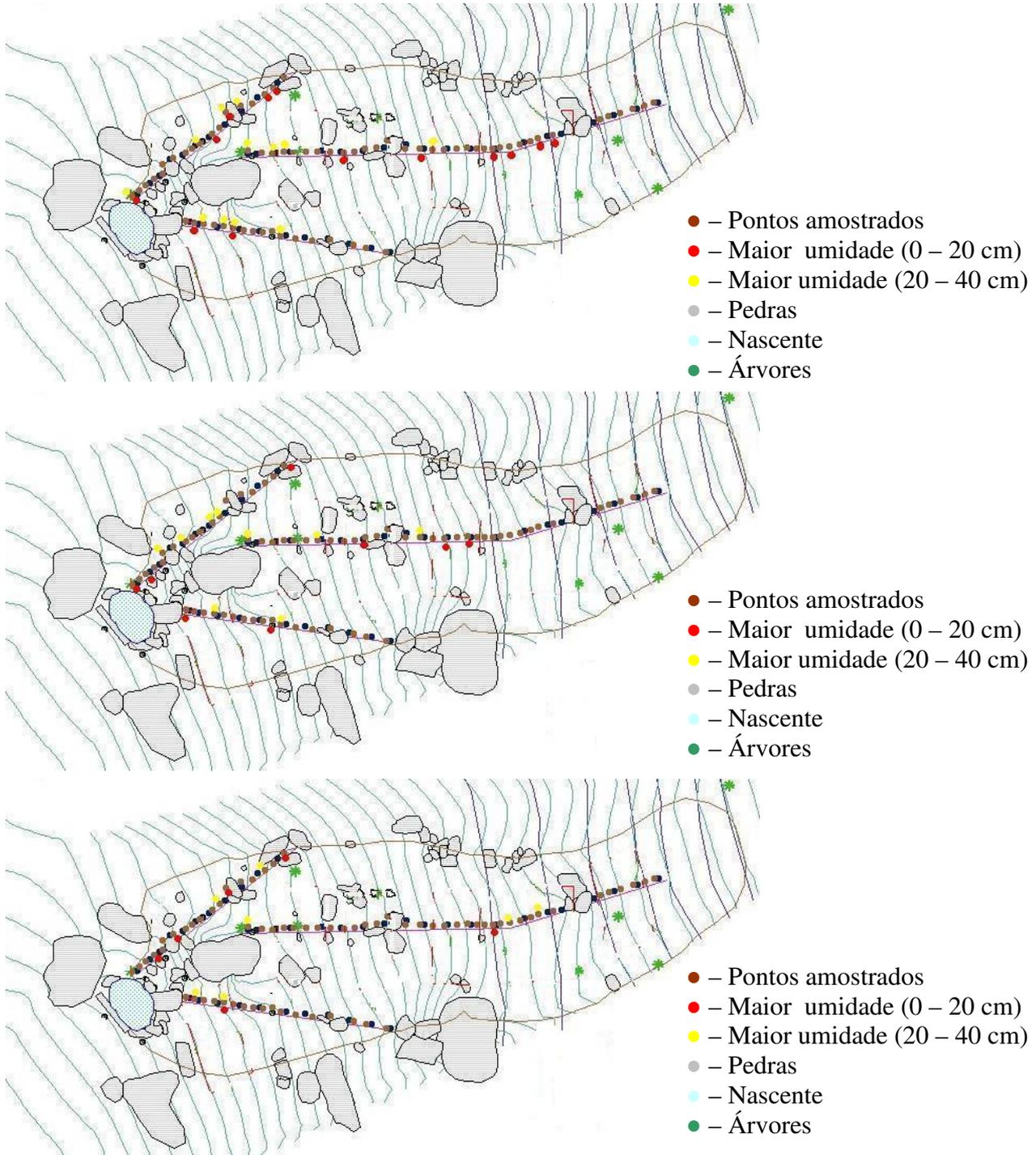
**Figura 14:** Eixo Y: porcentagem (%) - Eixo X: 1 Umida 0-20 cm out/2008; 2 Umidade 20-40 cm out/2008; 3 Umidade 0-20 cm dez/2007; 4 Umidade 20-40 cm dez/2007; 5 Umidade 0-20 cm abr/2007; 6 Umidade 20-40 cm abr/2007; 7 Argila 0-20 cm ; 8 Argila 20-40 cm.

Perfil Longitudinal Linha C



**Figura 15:.** Perfil longitudinal da Linha C mostrando a formação de pequenos platôs acumuladores e água.

Os pontos de maiores umidades identificados no *Box Plot* (*out liers*), foram marcados nas figuras sendo estes considerados pontos chave para a interpretação sendo observado que ocorreram próximos a pedras e aonde a topografia mudava de declividade formando pequenos platôs (Figura 16).

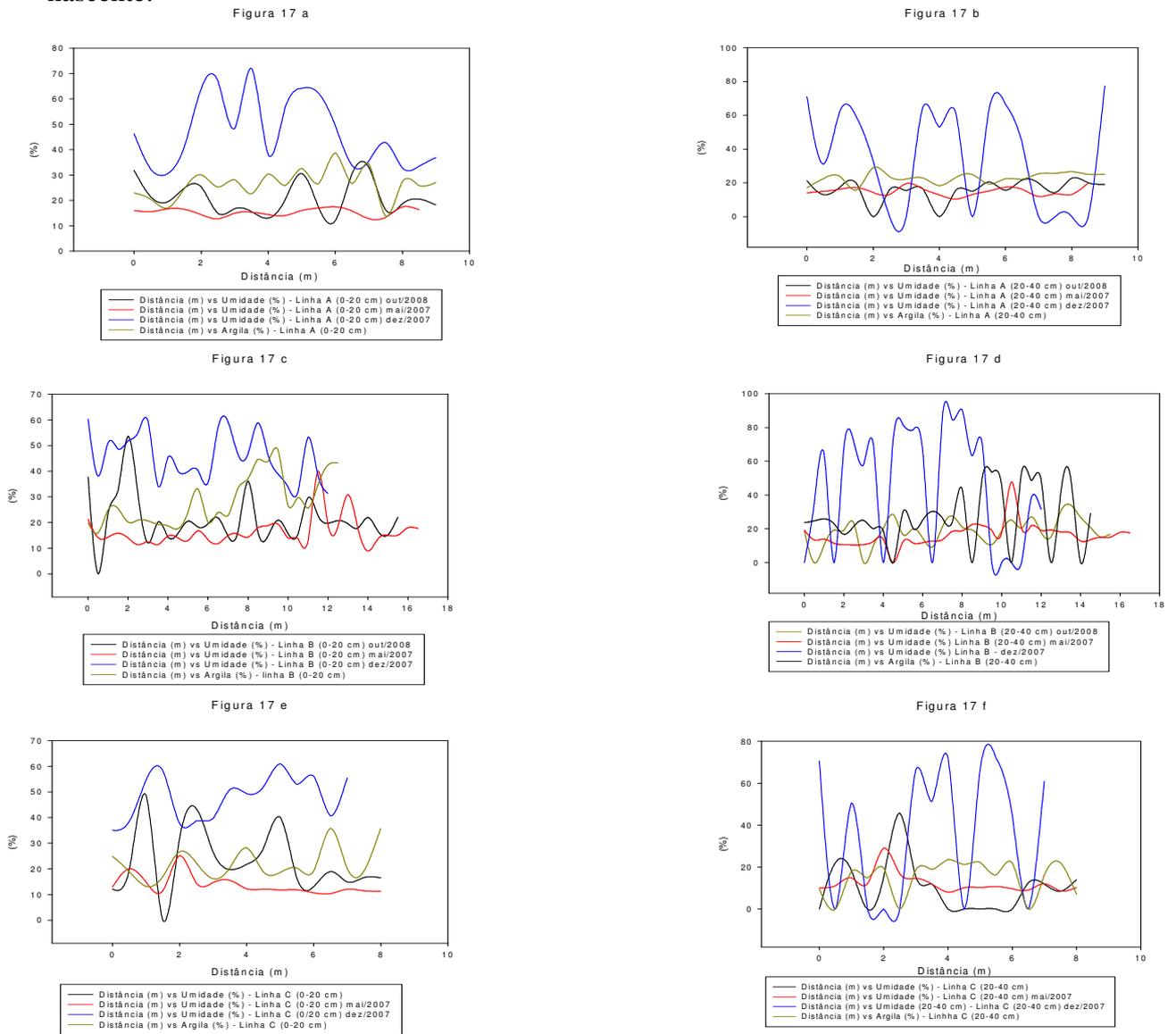


**Figura 16:** As Figuras 16 a, b e c ilustram as pedras, os pontos amostrados e os pontos que obtiveram os maiores valores de umidade nas profundidades medidas identificados como *out liers* nos *Box plots*

Nota-se nas figuras que os pontos aonde ocorreram os maiores valores de umidade estão próximos às pedras, em locais aonde a declividade muda e forma pequenos platôs, próximos às nascentes e em locais com altos teores de fração argila no solo.

Silva Junior (2001) verificou que a umidade dos solos apresenta-se distinta em diferentes ambientes ao longo de um gradiente topográfico é a característica ambiental mais importante que explica os níveis de agrupamento mais altos de espécies arbóreas na classificação das comunidades florísticas em úmida, intermediária e seca. Entretanto, os níveis de agrupamento, sugerem que outras variáveis ambientais devem também estar envolvidas

As variáveis medidas (umidade e textura) tiveram valores descontínuos ao longo das linhas de amostragem representados na figura 17 o que indica que existem regiões diferenciadas no tocante às funções hidrológicas dentro da área de influência direta da nascente.



**Figura 17:** Variação da umidade do solo e do percentual de argila em relação ao afastamento da nascente

## 6 - CONCLUSÕES

Em detrimento aos atributos de um sistema complexo como o da microbacia estuda, são vários os fatores que contribuíram para manter a nascente perene. A umidade do solo não pode ser analisada sozinha, no entanto ela indica zonas que possuem funções hidrológicas diferenciadas no espaço e no tempo. Controles estruturais assim como mudanças na declividade, presença de raízes e *pipes* (presentes na área) são atributos que contribuem para manter a perenidade da nascente.

A variação espaço-temporal da umidade do solo ocorre de forma descontínua ao longo de todas as linhas amostrais e varia conforme a topografia, a presença de controles estruturais como matacões enterrados, e a textura do solo. A variação espaço temporal da umidade do solo indica áreas que influenciam na recarga de nascentes. Um dos principais fatores e atributos da microbacia estudada que, administra a água e regula a perenidade de nascentes é o relevo movimentado que apresenta mudanças abruptas de declividade constituindo em regiões com funções diferenciadas de captação, administração e regularização de transmissão de água e a ocorrência de calhas entulhadas que promovem controle estrutural regulando e administrando as águas.

A variável fração argila do solo não pode ser analisada isoladamente, pois por si só não determina a umidade do solo, pois há uma grande variabilidade indicando grande influencia do ambiente no sistema no espaço e no tempo. Devem ser consideradas variáveis como, declividade, orografia, altura do lençol e profundidade do solo. Os afloramentos de rochas e matacões presos contribuem com um efeito de resistência à percolação da água exercendo controle estrutural para na retenção da água, isto junto com a pouca profundidade do solo e a existência de afloramentos rochosos... A declividade do terreno influencia na velocidade da água no solo. Existem vários pacotes de terra (colúvio) que formaram solos mais profundos com maior expressão da fração argila no solo, e que formam bolsões de umidade. São regiões em que o solo encontra-se mais profundos e mais argilosos. Enquanto a declividade mais abrupta maior a velocidade do fluxo da água dentro do solo e ao mudar a declividade a ocorrência de pequenos platôs, a velocidade da água diminui tendendo a causar um acúmulo de água no solo.

## 7 - CONSIDERAÇÕES

A área provavelmente possui fonte alternativa de umidade que confere perenidade à nascente. Considera-se a hipótese de haver "*pipes*" que se comunicam com a AID gerando um adicional de umidade o que confere perenidade à nascente e as frentes quentes e úmidas vindas do mar ao sofrerem o fenômeno orográfico representam um adicional de água para o sistema diminuindo com tudo os valores de perda por evapotranspiração.

## 8 - REFERÊNCIAS

- BURROUGH, P. A.; BOUMA, J.; TATES, S.R. The state of the art in pedometrics. **Geoderma**, v. 62, p. 311 – 326, 1994.
- CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V. CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes** / Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. XII40p. : il.; 21cm 2004
- CAMPOS, J.C.; LANDGRAF, P.C.R. Análise da regeneração natural de espécies florestais em matas ciliares de acordo com a distância da margem do lago. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 143-151. 2001.
- CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JUNIOR, J. Modelos de Paisagem e sua Utilização em Levantamentos Pedológicos. **Revista De Biologia E Ciencias Da Terra**, Volume 6- Número 1 - 1º Semestre 2006
- CASTRO, P.S.; GOMES, M.A. Técnicas de conservação de nascentes. Viçosa. **Revista Ação Ambiental**, v.4, n.20, p.24-26, 2001
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia, in: Geomorfologia: uma atualização de Bases e conceitos. In: GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA, Sandra Batista da (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de Bases e conceitos**. 7ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p.93-148.
- CORTINES, E. **Funcionamento hidrológico de nascentes em microbacias instáveis, Barra de Guaratiba - RJ**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.
- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**, coordenado por Nilton Curi. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p.
- DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A. **Nascente: o verdadeiro tesouro da propriedade rural**. Lavras: UFLA. 2002. 18 p. : il.
- ENTIN, J. K.; ROBOCK, A.; VINNIKOV, K. Y.; HOLLINGER, S. E.; LIU, S.; NAMKHAI, A. Temporal and spatial scales of observed soil moisture variations in the extratropics. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. D9, p. 11865-11877, May, 2000.
- ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, 1998. Macropiano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba Relatório R-6 TOMO II Diretrizes para Desenvolvimento Sustentável Agropecuário e da Atividade de Mineração.
- FARIA, A. P. **Dinâmica e Fragilidade das Bacias Fluviais de Primeira Ordem**. 1996. Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 216 p.
- HOEHNE, F.C. **Plantas aquáticas**. São Paulo: Secretaria de cultura, instituto de botânica, Publicação de série “D”. 1948, impresso em 1955
- KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica, in: Decifrando a terra, In: TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. Cristina. Motta de.; FAIRCHILD, Thomas Rich. TAIOLI, Fabio (Orgs); **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. p114-138 (KARMANN in TEIXEIRA et al., 2000)

- KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con uno estudio de los climas de la Tierra**. México, Fondo de Cultura Económica, 488p
- LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciências Florestais Piracicaba – São Paulo 2008,
- LIMA, W.P. **Princípios de Hidrologia florestal para o manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba. E. A. Luis de Queiroz/ USP, 1986. 143 p.
- MARQUES, O. **Atributos Ambientais de Ecossistemas Resilientes em Microbacias Instáveis**. 2004. 54 f. Monografia para obtenção do grau de Engenheiro Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- MARQUES, O.; TIENNE, L; CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Atributos ambientais definidores de presença de fragmento florestal em Mata Atlântica em microbacias instáveis. **Revista Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Série Ciências da Vida**. V.24, n.2, P. 145-150, 2004.
- MARQUES, O.; VALCARCEL, R.; TEIXEIRA, I.J.L. Evolução dos fragmentos florestais em microbacias instáveis e seus significados ambientais na mata Atlântica. **Revista da Universidade Rural – Série Ciências da Vida, UFRRJ**, v. 23, n.2, p. 77-82, 2003.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: editora Aprenda fácil, 2001. 146p.
- NOGUEIRA, F.; COUTO, E. G. Amostragem em planícies de inundação, in **Amostragem em limnologia**. Pg. 281-293. (Org.) BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C., São Carlos : Rima, 2004, 2º ed.
- PCRJ **As Florestas preservando a cidade**. Rio de Janeiro, RJ. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. PCRJ. 1999, 19p.
- REICHARD, K. e TIMM, L. C. **Solo Planta e Atmosféra: conceitos, processos e aplicações** 1ª.ed. Barueri, SP: Manole, 2004, 478p.
- RESENDE, M; CURI, N; BATISTA DE RESENDE, S; CORRÊA, G. F; **Pedologia: base para a distinção de ambientes**, 4.ed. Viçosa : Núcleo de Estudos de Planejamento e Uso da Terra - NEPUT, 2002. 338p. :il.
- SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30)
- SILVA JÚNIOR, M. C. Comparação entre matas de galeria no distrito federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Bot. Bras.** v.15 n.1 São Paulo jan./abr. 2001
- VALCARCEL, R. **Balance hídrico em Le Selva Nublada**. Seminário, Universidade de Los Andes. Venezuela, 1982. 19p.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras** 1ª.ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005, 210p.

## 9 - ANEXOS

**Anexo 01:** Tabela dos valores de umidade (Linha A)

Linha A (m)	2008 0-20 (cm)	2008 20-40 (cm)	2007 2 0-20 (cm)	2007 2 20-40 (cm)	2007 1 0-20 (cm)	2007 1 20-40 (cm)	Areia 0-20 (cm)	Areia 20-40 (cm)	Silte 0-20 (cm)	Silte 20-40 (cm)	Argila 0-20 (cm)	Argila 20-40 (cm)
0	31,8	21,25	46,3	71	16,01	14,12	54,61	61,53	22,49	21,37	22,9	17,1
0,5	21,3	13,07	32,2	31,1	15,56	15,01	69,79	61,63	9,81	15,87	20,4	22,5
1	19,4	17,46	30,5	62,6	16,65	16,22	62,14	59,12	20,86	17,08	17	23,8
1,5	24,7	19,56	41,1	58,7	16,46	17,24	50,29	65,24	25,11	18,96	24,6	15,8
2	25,3	0,00	63,9	32,9	14,37	14,37	41,05	64,68	28,85	6,32	30,1	29
2,5	14,8	16,08	67,2	Pedra	12,74	13,15	61,03	57,07	13,77	19,33	25,2	23,6
3	16,6	15,43	48,3	Pedra	14,93	19,58	54,63	61,57	17,27	16,13	28,1	22,3
3,5	15,5	16,53	72,2	64,7	15,32	16,45	60,12	58,34	17,38	18,76	22,5	22,9
4	13,1	0,00	37,9	52,9	14,38	12,89	58,22	62,88	11,38	18,72	30,4	18,4
4,5	20,1	15,74	56,4	61,3	13,99	10,42	57,76	55,15	16,44	21,65	25,8	23,2
5	30,5	15,05	64,2	Pedra	16,02	13,12	61,89	57,38	5,51	17,72	32,6	24,9
5,5	17,3	20,62	62,3	63,4	16,97	15,22	57,02	55,34	16,38	25,36	26,6	19,3
6	11,9	15,65	49,5	66,4	17,44	17,44	50,52	53,46	10,78	24,04	38,7	22,5
6,5	30,4	21,67	33,8	43,7	15,78	16,18	52,24	60,3	21,16	17,5	26,6	22,2
7	33,0	19,86	35,5	Pedra	12,79	11,93	51,14	51,06	14,46	23,54	34,4	25,4
7,5	16,2	14,27	42,8	Pedra	13,27	13,47	57,77	50,59	28,53	20,24	13,7	25,7
8	18,6	22,75	32,8	Pedra	17,41	13,15	56,82	54,06	15,78	19,34	27,4	26,6
8,5	20,4	20,01	33,5	Pedra	16,34	19,92	51,29	55,06	22,91	19,84	25,8	25,1
9	18,1	19,12	36,9	77,4			50,32	55,06	22,68	19,84	27	25,1
Soma	399,94	304,13	887,3	686,1	276,43	269,88					499,8	435,4
Média	21,05	16,01	46,7	57,175	15,36	14,99					26,305263	22,915789
DP	6,49558	6,269065	13,688276	14,45514221	1,492553	2,542926						

**Anexo 02:** Tabela dos valores de umidade (Linha B)

Linha B (m)	2008		2007 2		2007 1		Areia	Areia	Silte	Silte	Argila	Argila
	0-20 (cm)	20-40 (cm)										
0	37,8	18,9	60,4	Raiz	21,3	19,3	57,2	55,2	22,9	21,1	19,91	23,7
0,5	0	0	38,1	35	14,1	13,5	58,1	66,9	25,9	8,3	16	24,8
1	23,7	10,4	51,1	64,5	14,3	14	60,5	61,1	14,5	13,1	25	25,9
1,5	32,6	19,3	48,6	Pedra	15,8	11,5	54,2	58,9	20,4	18	25,4	23,1
2	53,7	19,1	51,9	67,9	14	10,7	62,1	55,6	17,7	27,6	20,2	16,8
2,5	30,7	23,6	55	71,7	11,3	10,5	60,9	56,9	18,2	21,6	21	21,5
3	12	0	59,4	58	12,5	10,8	56,2	53,4	23,2	21,5	20,6	25,1
3,5	20,2	10,3	34,1	69,7	11,4	12,6	61,2	57,5	19,5	22,4	19,3	20,1
4	14,3	20,2	45,5	Pedra	14,8	14	51,9	65,2	29,4	16	18,7	18,8
4,5	15,8	28,6	40	73,1	14	pedra	63,2	Pedra	19,2	Pedra	S/colet	S/colet
5	20,5	16,5	39,9	81,5	13	12,6	50,7	56,8	25,2	12,9	24,1	30,3
5,5	18,3	20,1	40,3	78,5	16,8	11,7	55,5	51	11,4	28,6	33,1	20,4
6	19,5	14,5	35,5	65,8	13,3	11,9	57,3	47,6	22,5	27	20,2	25,4
6,5	21,8	9,4	57	Pedra	11,8	12,9	53,7	54,3	22,3	15,3	24	30,4
7	14,8	21,5	59,3	87,2	14,9	13,6	50,3	52,4	27	21,3	22,7	26,4
7,5	16,6	27,6	46,6	84,3	15,5	18,6	58,9	51,5	7,7	24,3	33,4	24,2
8	36,2	21,2	46,8	90,6	14,3	18,9	46,7	43,6	16,2	12,9	37,1	43,6
8,5	16,2	19,4	58,9	63,2	18	22,6	42,8	Fc	12,6	Fc	44,7	Fc
9	14,8	13,9	46,3	71,4	18,8	22	41,2	36,3	14,9	14,2	43,9	49,5
9,5	20,9	10,8	38,9	Pedra	19,4	19,1	37,9	40	13,8	6,6	48,3	53,5
10	15,8	18,8	33,9	Pedra	14	17,5	49,7	42,5	23,6	11,5	26,7	46
10,5	15,6	25,3	32	Pedra	13,7	47,9	46,3	S/colet	23,9	S/colet	26,6	Pedra
11	29,7	20,5	53,2	Pedra	12,8	20,5	46,9	36,6	27,5	10,2	25,6	53,2
11,5	22,7	27,2	38,3	38,3	40	22	55,5	39,4	9,8	12,1	34,7	48,5
12	19,8	17,9	31,3	31,6	19,3	19,1	44	38	13,6	12,9	42,4	49,1
12,5	20,7	15,4	S/colet	S/colet	18,5	19,4	39,5	S/colet	17,1	S/colet	S/colet	S/colet
13	19,5	30,7	S/colet	S/colet	30,9	18,2	S/cole	43,3	Fc	14,9	S/colet	S/colet
13,5	17,9	34,1	S/colet	S/colet	17,7	17,7	S/cole	37,4	Fc	12,8	S/colet	S/colet
14	22	26,9	S/colet	S/colet	8,9	12,8	S/cole	S/colet	Fc	coleta	S/colet	S/colet
14,5	16,6	20,9	S/colet	S/colet	13,6	13,6	44,8	47,3	25,9	23,6	29,3	29,1
15	15,2	15,2	S/colet	S/colet	15	15	S/cole	S/colet	S/ col	S/colet	S/colet	S/colet
15,5	22,1	16,9	S/colet	S/colet	15,1	15,1	46,7	S/colet	26,9	S/colet	S/colet	S/colet
Soma	678	595	1142,3	1132,3	518,8	519,6					702,91	729,4
Media	21,2	18,6	45,692	66,605	16,21	16,761					28,116	31,713
DP	9,414	7,7218	9,4401	17,490	5,836	6,8647						
	0											

**Anexo 03: Tabela dos valores de umidade (Linha C)**

Linha C (m)	2008	2008	2007 2	2007 2	2007 1	2007 1	Areia	Areia	Silte	Silte	Argila	Argila
	0-20 (cm)	20-40 (cm)										
0	12,1	0,0	35,10	70,70	12,90	10,0	53,72	74,4	21,38	15,96	24,90	9,60
0,5	19,6	22,1	38,60	pedra	19,97	11,1	60,28	pedr	20,82	pedra	18,90	Pedra
1	48,8	18,4	54,60	50,50	14,92	14,9	74,59	68,1	12,26	12,40	13,20	18,00
1,5	0,0	0,0	58,30	pedra	11,44	12,0	69,79	66,2	13,21	15,76	17,00	14,90
2	32,0	15,3	37,70	pedra	25,16	29,0	62,08	67,7	11,22	17,39	26,70	19,60
2,5	43,4	45,8	38,70	pedra	14,45	16,8	64,14	pedr	13,56	pedra	22,30	Pedra
3	26,6	15,4	39,70	66,40	14,73	14,7	60,26	57,8	23,54	22,58	16,20	18,70
3,5	19,8	11,9	50,90	51,20	15,55	11,9	59,19	52,7	20,41	28,50	20,40	18,90
4	21,8	0,0	49,40	72,30	12,25	8,05	59,35	59,7	12,54	21,58	28,20	23,60
4,5	28,0	0,0	52,00	pedra	12,13	10,1	57,04	63,3	21,66	17,77	18,80	21,30
5	40,1	0,0	61,00	66,50	11,77	10,3	60,58	57,0	20,82	19,38	18,60	22,30
5,5	16,3	0,0	53,00	71,80	11,85	10,7	60,27	54,3	19,33	24,34	20,40	16,30
6	13,1	0,0	56,10	44,80	10,70	9,66	57,72	57,9	23,08	19,74	19,20	22,00
6,5	18,9	12,5	40,70	pedra	10,41	9,06	45,47	pedr	18,75	pedra	35,80	Pedra
7	14,9	11,8	55,40	61,00	12,05	12,0	60,27	66,5	19,32	12,18	20,10	16,30
7,5	16,7	8,5			11,46	8,65	57,72	57,9	23,08	20,09	19,20	22,00
8	16,6	14,0			11,28	10,2	45,47	84,2	18,75	8,80	35,80	7,00
Soma	388,9	175,7	721,2	555,20	233,0	209,					375,7	250,50
Media	22,9	19,5	48,08	61,69	13,71	12,3					22,10	17,89
DP	12,4	11,9	8,70	11,35	3,78	4,91						