

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

Funcionamento Hidrológico de Nascentes em Microbacias

Instáveis, Barra de Guaratiba - RJ

Erika Cortines

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**FUNCIONAMENTO HIDROLÓGICO DE NASCENTES
EM MICROBACIAS INSTÁVEIS, BARRA DE
GUARATIBA - RJ**

ERIKA CORTINES

*Sob a orientação do Professor
Ricardo Valcarcel*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

**Seropédica, RJ
Março de 2008**

UFRRJ / Biblioteca Central / Divisão de Processamentos Técnicos
Fixa Catalográfica

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

ERIKA CORTINES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/03/2008

Ricardo Valcarcel Prof. Dr. UFRuralRJ
(Orientador)

Soraya Alvarenga Botelho Prof.^a Dr.^a. UFLA

Antonio Paulo de Faria Prof. Dr. UFRJ

*A todos que acreditaram e investiram no meu sucesso,
dedico*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ingrid e Anacir pelo carinho, dedicação e esforço realizado para que eu chegasse até aqui. Ao meu irmão Vitor pelo apoio e pela família que formamos. Amo vocês.

Ao amigo e orientador Ricardo Valcarcel pela confiança, por não deixar a peteca cair, me trazendo para o foco nas horas certas, pelas orientações profissionais e para a vida, obrigado.

A todos meus parceiros de trabalho e amigos do Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas, pelos bons momentos e processos de aprendizagem que passamos juntos: Adriano, Rafael, Tienne, Luana, Júlia, Maíra, Monise, Piero, Wilson, Celso, Cristiane, Joana, Schweyka, Regilaine, Luciana.

A Flávia pelos anos de boa convivência onde estive sempre presente, pronta a ajudar e resolver nossos problemas. Você é demais, te adoro!

A João Paulo pelos momentos de carinho, confiança e cuidado que tivemos juntos.

A minha amiga Luana pelos momentos inesquecíveis que passamos e pela amizade incondicional. A amiga Ursula pela amizade e companheirismo de tanto tempo. A amiga Lucila pelos momentos divertidos, pelo seu alto astral contagiante e pela amizade.

Ao querido Hélio pela convivência pacífica e pelo grande coração que o torna esta pessoa maravilhosa.

A André *Roots* por cuidar de mim, me ajudando a superar as dificuldades e por me fazer sentir mais do que sou.

A todos os meus amigos da Rural que tornam Seropédica um lugar mais aprazível de se viver. Valeu galera!

Ao professor Marcio Francelino pelo auxílio com os dados de geoprocessamento.

Ao professor João Bahia e seu estagiário André pela demarcação da área da nascente, que contribuiu de forma substancial para o desenvolvimento do trabalho e análises.

A PCRJ pela disponibilização das ortofotos. Aos agentes do Posto de Saúde de Barra de Guaratiba, pelas informações cedidas, principalmente ao Juarez que sempre se interessou pelo trabalho e adiantou muito o meu lado.

Ao Sr. Manoel por me guiar em todas as nascentes e conhecer a área na palma de suas mãos. Obrigado também por cuidar do experimento no campo.

Ao meu “cãopanheiro” Iuri por estar sempre disposto a me amar a qualquer preço.

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, meus mais sinceros agradecimentos.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos no primeiro ano e CNPq/MMA fundo setorial CT-Hidro no segundo ano do curso.

RESUMO

CORTINES, Erika. **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.

O levantamento e caracterização das fontes de abastecimento de água em Barra de Guaratiba, RJ, pode ser uma importante variável para o planejamento ambiental, uma vez que ela advem de 88 microbacias (0,02 e 38 ha) com características ambientais pouco propícias ao armazenamento de água nas encostas: declividade média de 60%, solos rasos das classes Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos. As encostas apresentam variação altitudinal entre zero e 345 m, predomínio de vegetação nos terços intermediários e superiores e usos urbanos no terço inferior (4.380 habitantes). A pluviosidade média anual (1.300 mm) é bem distribuída ao longo do ano, podendo ocorrer tormentas tropicais. Todas estas características conferem alto grau de instabilidade aos seus ecossistemas, onde a elevada velocidade da água gera diferentes processos erosivos: erosão laminar, sulcos, deslizamentos, solapamento e rolamento matacões, que podem se depositar nas drenagens, modificando as condições hidrológicas locais. A combinação destes fatores conferem baixa capacidade de administração de água nas encostas das microbacias, sendo um dos motivos que justificaram o reflorestamento de 96,3 ha em 1995 pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, englobando 69% da área de captação das nascentes. Foram registrados 28 afloramentos de água perenes, 11 localizados em seis microbacias, responsáveis pelo abastecimento exclusivo de 150 famílias. As nascentes foram classificadas em função dos seus processos hidrológicos responsáveis pela administração de água, em: *Calhas Entulhadas* - armazenamento no leito dos talwegues assoreados (24 unidades); *Encosta* - armazenamento por controles estruturais subterrâneos das encostas (3 unidades); e *Poços* - lençol freático profundo (1 unidade). Uma nascente *de encosta* foi estudada em maiores detalhes. Ela apresentou área de influencia direta (AID) de 300 m², vazão média de 5,00 l/h (período de estiagem) e de 7,36 l/h (período chuvoso), evidenciando que as condições micro-topográficas podem determinar sua perenidade em função de processos hidrológicos específicos. A variação espacial da umidade do solo na AID indica que há pontos de recarga saturados em diferentes locais e profundidades, onde a textura do solo explica parcialmente esta variação. A distribuição espacial da vegetação ripária espontânea ratificou os resultados de umidade. Nos trechos de maior umidade, o índice de diversidade de Shannon da regeneração foi de $H' = 4,75$ e houve uma distribuição igualitária das espécies, sendo o índice de equabilidade de Simpson de 0,96. A riqueza total encontrada para a regeneração foi de 91 espécies e a abundância de 458 indivíduos. A cobertura de copa variou pouco (de 79 a 81%) ao longo do ano, indicando uma constância na oferta de água. As camadas superficiais do solo (primeiros 15-20 cm) não são adensadas, otimizando a recarga da nascente. As camadas se adensam com o afastamento da nascente e aumento da argila, funcionando como áreas de reserva de umidade. As áreas próximas à nascente apresentaram solo arenoso e pouco adensado, facilitando a transmissão e recarga da nascente. Foram observados a formação de micro *pipes*, que podem também contribuir para o abastecimento de nascentes em microbacias instáveis.

Palavras Chave: recarga de aquíferos, hidrologia florestal; serviços ambientais.

ABSTRACT

CORTINES, Erika. **Hydrological functioning of springs on instable watersheds, Barra de Guaratiba - RJ.** 2008. 87 p. Dissertation (Master in Forest and Environmental Science). Forest Institute, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

The characterization and surveying of water supply from Barra de Guaratiba, RJ might be an important variable to environmental planning, as they come from 88 small watersheds (0,02 to 38 ha) with low capacity of water storage at the hillside with: medium declivity of 60% and shallow soils from the classes Cambissolo, Argissolo e Neosolo Litólico, with slopes varying its altitude from zero to 345 meters, with vegetation predominating at the medium and high portion of hill and the urban occupation at the bottom part (4.380 people). Annual rainfall (1.300 mm) is well distributed along year but it might occur tropical tempests. All these characteristics conferee high functional instability to ecosystems, where waters high velocity generates diverse erosive processes: sheet erosion, grooves, landslides, undermine process and displacement of rocks that can deposit at drainages, modifying local hydrological conditions. These combined factors conferee low administration capacity to the watersheds, being one of the reasons for reforestation of 96,3 ha by the Rio de Janeiro City County, enclosing 69% from springs water capiture areas. It was registered 28 water springs and 11 of them are located on six watersheds and are responsible for water supply to 150 families. Springs where classified by hydrological processes responsible for water adiministration on: *Calhas entulhadas* - water storage on river bed filled up with sediments (24 units); *Encosta* - storage by a slope subsoil structural controls (3 units); and *Poço* - deep water bed (1 unit). An “*encosta*” spring was studied in more details. It showed a Direct Influence Area (AID) of 300 m², medium outflow of 5,00 l/h (dry period) and 7,36 l/h (rainy period), showing that micro-topographic conditions can determinate its perennity in function of specific hydrological processes. Spatial variation of soil humidity at AID indicated that saturation of recharge points occur at different regions and depths, where soil texture explains partialy this variation. Distribution of the vegetal sponttaneous regeneration rectyfyed humidity results. On areas with high humidity levels Shannon index reached $H' = 4,75$ and species where distributed more equally with a Simpson index of 0,96. Total Richness for regeneration was 91 species and Abundance of 458 individuals. Canopy cover varied little (from 79 to 81%) along the year, indicating constacy on water offer. Superficial soil layers (first 15-20 cm) are not dense, optimazing springs recharge. Soil Layer get more dense away from spring and with clay improve, acting as humidity reserve areas. Areas near the spring have low density sandy soils, facilitating water transmission and spring recharge. We could observe the formation of micro pipes that might be contributing to springs water suply at the instable watersheds.

Key-words: Aquifers recharge, forest hydrology, environmental services.

ÍNDICE DE FIGURAS

01: Área de Barra de Guaratiba, RJ.....	3
02: Usos do solo na região de Barra de Guaratiba, RJ.	4
03: Matacões situados na parte alta do terço médio da encosta (270 m de altitude) em Barra de Guaratiba, RJ. Eles encontram-se sobre o solo, onde há diferentes processos erosivos, que podem descalça-los e promover seu movimento em direção a base da encosta (oculta pela ângulo da fotografia, mas próxima ao oceano).....	5
04: Guaratiba 1 e 2, etapas do reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ.	6

CAPÍTULO I - TIPIIFICAÇÃO DAS NASCENTES

01: Orientação das microbacias de acordo com a rosa dos ventos, representando o sentido principal do escoamento da água e o grau de exposição a luz solar.....	13
02: Representação das 88 microbacias, região edificada, 28 nascentes e suas áreas de captação em Barra de Guaratiba, RJ.....	18
03: Nascentes responsáveis pelo abastecimento da população de Barra de Guaratiba e suas respectivas áreas de captação à montante.....	19
04: Formas de abastecimento de água da população de Barra de Guaratiba, RJ, no ano de 2000.	20
05: Pedras acomodadas em uma drenagem de Barra de Guaratiba, gerando o entulhamento da calha.....	21
06: Áreas de acúmulo de água e sedimentos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.	22
07: Altitudes das nascentes nas encostas das microbacias de Barra de Guaratiba, RJ.....	25
08: Declividade das microbacias nas encostas de Barra de Guaratiba, RJ.....	27
09: Localização das nascentes em relação à orientação das encostas em Barra de Guaratiba, RJ.....	28

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE

01: Localização da nascente de encosta utilizada para o levantamento dos processos hidrológicos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.....	34
02: Zoneamento das Áreas de Influência Direta e Indireta de nascentes.....	35
03: Levantamento das características ambientais da Área de Influência Direta de uma nascente de Encosta de Barra de Guaratiba, RJ.....	36
04: Amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 e 20-40 cm na linha B, evidenciando maior acúmulo de argila nas maiores profundidades, na AID da nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.....	37
05: Fotografia colorida e preto e branco usadas para avaliar a cobertura de copa na AID da nascente.	38
06: Determinação da curva chave da nascente de encosta de Barra de Guaratiba, RJ.....	38
07: Hidrograma de recarga da nascente de encosta em microbacias instáveis de Barra de Guaratiba, RJ.	40
08: Área com diferencial de umidade devido à fuga lateral, onde a vegetação higrófila se distribui.....	42
09: Índice de diversidade de Shannon para regeneração espontânea da AID da nascente, Barra de Guaratiba, RJ.	46

10: Índice de equabilidade de Simpson para a regeneração espontânea em seis parcelas amostrais alocadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ	46
11: Projeção horizontal do dossel (ano de 2007) na Área de Influência Direta da nascente, em Barra de Guaratiba, RJ.....	49
12: Umidade (%) de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em três linhas de amostragem A, B e C, na AID de uma nascente pontual, Barra de Guaratiba, RJ. Os pontos sem dados para 20-40 cm apresentaram pedras a esta profundidade.....	51
13: Espacialização dos teores de umidade para as épocas de seca e chuva, em Barra de Guaratiba, RJ.	53
14: Espacialização dos teores de umidade nos meses de seca e chuva, para a AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.....	55
15: Textura do solo das amostras coletadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ. O ponto 1 representa o ponto mais próximo da nascente, sendo a numeração crescente em direção ao divisor topográfico da AID.	56
16: Primeira camada de solo da AID mostrando uma grande quantidade de raízes finas e terra solta, facilitando os processos de infiltração e abastecimento dos mananciais	58
17: Agregação da areia pela argila, configurando solos permeáveis porém com capacidade de armazenamento de água.....	59
18: <i>Pipes</i> existentes nas microbacias de Barra de Guaratiba, RJ: a) escavações da fauna; b) morte de raízes; c) movimentos subterrâneos da água de pequenos fluxos; e d) depressões do terreno por desestruturação dos grandes dutos de água.	60
19: Corte transversal representando microbacias instáveis, mostrando distribuição heterogênea das zonas de aeração (Z.A.), de saturação (Z.S.) e super saturação (Z.S.S.) com vegetação indicando os pontos de maior umidade, onde a zona de saturação atinge profundidade rasa, chegando próxima à superfície.	62
20: Corte transversal mostrando uma microbacia estável, onde a zona de aeração (Z.A.), saturação (Z.S.) e supersaturação (Z.S.S.) encontram-se homogeneamente distribuídas, levando à previsibilidade do comportamento do lençol freático.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

01: Espécies utilizada no reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ	7
--	---

CAPÍTULO I - TIPIFICAÇÃO DAS NASCENTES

01: Fatores morfométricos para as 88 microbacias instáveis da região de Barra de Guaratiba, RJ.....	15
02: Dados morfométricos e de vegetação das áreas de captação das nascentes de Barra de Guaratiba, RJ.....	24
04: Dados médios para as áreas de captação de cada tipo de nascente, Barra de Guaratiba, RJ	24

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE

01: Lista das espécies da Área de Influência Direta de nascente, nas parcelas amostradas (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) em Barra de Guaratiba, RJ.	44
02: Porcentagem de cobertura da copa nos 24 pontos amostrados na AID da nascente nos meses de Abril e Dezembro de 2007, em Barra de Guaratiba, RJ. A porcentagem de luz representa os pixels brancos da foto e a de sombra a de pixels pretos.....	47
03: Parâmetros silviculturais das espécies plantadas na AID da nascente. Onde: P= caducifolia presente, A= caducifolia ausente; DAP= Diâmetro a Altura do Peito, DC= Diâmetro de Copa e BIF= Altura Primeira Bifurcação.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

01 : Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha A. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso e Farg= Franco Argiloso; PSI= Penetração sem impacto; *() = pedra profundidade.....	73
02: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha B. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso; F= Franco; ArgA= Argilo Arenoso e Farg= Franco Argiloso.....	74
03: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha C. Onde FA= Franco Arenoso; FAA= Franco Argilo Arenoso; AA= Argilo arenoso; A= Areia e AF= Areia Franca. * (x) = pedra encontrada a profundidade x. Os valores na coluna PSI (Penetração Sem Impacto) representa a profundidade de penetração do cone do penetrômetro somente apoiando-o sobre a superfície do solo.....	76
04: Espécies indicadoras de umidade encontradas na área de influência direta de uma nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ. Onde: a) <i>Curcuma domestica</i> , b) <i>Tibouchinia</i> sp., c) <i>Commelina benghalensis</i> , d) <i>Tradescantia zanoniana</i> e e) <i>Calathea</i> sp.	77
05: Resistência a penetração de cada ponto amostrado, em três linhas de amostragem, dentro da AID de nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.	78

SIGLAS E ABREVIACÕES

AI - Área de Influência;
AID - Área de Influência Direta;
AII - Área de Influência Indireta;
BIF - Altura Primeira Bifurcação;
CEDAE - Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro;
cm - Centímetros;
D C- Diâmetro de Copa;
DAP- Diâmetro a Altura do Peito;
ha - Hectares;
l - Litros;
m - Metros;
m.s.n.m. - Metros Sobre Nível do Mar;
m³ - Metros Cúbicos;
MDE - Modelo Digital de Elevação;
PCRJ - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro;
PEPB - Parque Estadual da Pedra Branca;
PMR - Projeto Mutirão Reflorestamento;
PS - Peso Seco;
PU - Peso Úmido;
SMAC - Secretaria Municipal do Meio Ambiente;

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
ÁREA DE ESTUDO	2
CAPÍTULO I - TIPIIFICAÇÃO DAS NASCENTES.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1 <i>Identificação das nascentes</i>	12
2.2 <i>Base Cartográfica</i>	12
2.3 <i>Usos das nascentes</i>	12
2.4 <i>Tipificação geo-ambiental</i>	12
2.5 <i>Fatores morfométricos</i>	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1 <i>Tipos de nascentes</i>	20
3.2 <i>Áreas de Captação das nascentes</i>	23
4 CONCLUSÕES.....	29
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE.....	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1 <i>Meio Edáfico</i>	35
2.2 <i>Vegetação</i>	37
2.3 <i>Hidrologia</i>	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 <i>Hidrologia</i>	39
3.2 <i>Vegetação</i>	41
3.3 <i>Cobertura de Copa</i>	47
3.4 <i>Edáficos</i>	49
4 CONCLUSÕES.....	63
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	72

INTRODUÇÃO

Regiões que apresentam microbacias com alta declividade, solos rasos têm reduzida capacidade de armazenamento de água e pequena probabilidade de apresentarem nascentes, principalmente se as microbacias forem muito pequenas. Nestes casos os principais fluxos do balanço hídrico são os escoamentos superficial e subsuperficial, ocorrendo na superfície ou imediatamente abaixo do manto orgânico composto pela serrapilheira. Estes fluxos originam a formação de sulcos e, se eles ocorrerem próximo à base de pedras soltas, podem descalçá-las e promover seu rolamento encosta a baixo, gerando prejuízos aos moradores e entulhamento das calhas de drenagem.

A presença de nascentes perenes neste tipo de ambiente nos indica que existem regiões capazes de captar, armazenar e administrar água, onde os condicionantes ambientais estimulam a evasão da água destes ambientes. Por este motivo estas áreas são importantes de serem estudadas, uma vez que constituem regiões onde as funções hidrológicas operam de modo a gerar excedentes de água durante o ano. A compreensão dos processos hidrológicos envolvidos nestes ecossistemas pode permitir a determinação de condicionantes técnicos capazes de otimizar as atividades de manejo com objetivo de aumentar a qualidade e quantidade de água das bacias.

A legislação ambiental brasileira define nascente como sendo um ponto na superfície do terreno por onde aflora /escoa o lençol freático, proveniente dos fluxos subterrâneos (CASTRO & GOMES, 1999; CONAMA 004/85).

Geralmente as nascentes estão localizadas nas encostas, depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local (CALHEIROS et al., 2004). As mesmas podem ser classificadas, assim como os cursos d'água, em perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas) (FARIA, 1997; CALHEIROS et al., 2004; RODRIGUES, 2006; RODRIGUES & CARVALHO, 2006).

Faria (1997) estudou quatro microbacias de primeira ordem do Maciço da Tijuca e classificou *seis tipos* de nascentes: fixas, móveis, difusas, pseudonascentes e nascentes primárias e secundárias. As nascentes *fixas* são aquelas que não mudam de posição ao longo do ano. Este tipo de nascente é definido como nascentes pontuais (CASTRO & GOMES, 2001; CALHEIROS et al, 2004). As nascentes *móveis* foram descritas como sendo aquelas que se desenvolvem nos fundos de 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. As nascentes *primárias e secundárias* foram as originadas por pipes que alimentam diretamente os fluxos das calhas em pontos diferenciados.

As nascentes *difusas* para Faria (1997) ocorrem em encostas íngremes, no contato de uma fina camada de regolito, com um canal raso constituído por base rochosa, provendo-o de água após a chuva, alimentando estes canais quase que igualmente ao longo de todo o percurso. Geralmente este tipo de nascentes gera canais efêmeros escoando água apenas nos momentos de chuva, ou canais intermitentes que escoam água por alguns dias após a chuva. As *pseudonascentes* foram descritas como aquelas geradas por um fluxo descontínuo nas calhas de drenagem (comuns em microbacias de primeira ordem), isto é, quando o fluxo desaparece em um ponto da calha e reaparecem à jusante, na forma de uma nascente.

Castro (2001) possui outra classificação para as nascentes difusas, e as consideram 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 as nascentes difusas.

No entanto, independente da classificação dada às nascentes, elas representam um excedente de água no sistema e uma fonte de manutenção e equilíbrio das funções ambientais dos ecossistemas, principalmente nas épocas de falta de chuva.

Segundo Calheiros et al. (2004) “além da quantidade de água produzida pela nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo... a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve absorver boa parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d’água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca”.

As nascentes perenes constituem evidências de serviços ambientais produzidos por ecossistemas que apresentam funcionamento harmonioso entre os seus recursos e usos, pois a energia e a água atuam em todas as fases dos processos de construção e destruição dos ecossistemas. O manejo dos recursos hídricos é indispensável ao bom funcionamento hidrológico do ecossistema (GOTTFRIED, 1992).

Os componentes biológicos e suas relações intra/inter-específicas agem para fortalecer relações funcionais dos ecossistemas. Havendo equilíbrio entre entrada e saída de energia/água do ecossistema, haverá aumento da resiliência, qualidade ambiental e biodiversidade na região (ODUM, 1998; DOBSON et al., 1997; SER, 2002; CAMARGO *et al.*, 2002; BROWN e LUGO, 1994).

Nas microbacias instáveis, os ecossistemas apresentam solos rasos, encostas com altas declividades, processos de erosão laminar, deslizamentos, rolamento de matacões, tanto para as partes mais baixas da catena, como para dentro do talvegue, entulhando, remodelando as calhas e interferindo na perenidade dos cursos d’água. Nestes ambientes, os fluxos hídricos provedores de recarga do lençol freático dependem de condições específicas dos controles estruturais do terreno, podendo também ser agentes degradantes da paisagem.

O ecossistema estudado apresenta grande fragilidade ambiental, pois num passado recente as microbacias foram submetidas a sucessivos usos impróprios, comprometendo de forma lenta e gradual a composição da biota local e a oferta de seus serviços ambientais.

O presente estudo objetivou levantar e caracterizar os tipos de nascentes existentes na região (Capítulo I), e estudar os seus processos hidrológicos (Capítulo II) de modo a subsidiar a gestão dos recursos hídricos baseado na vazão ecológica das nascentes e administração dos serviços ambientais da vegetação.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, Distrito de Barra de Guaratiba (Figura 1), nas 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 superior a 300 m.s.n.m., segundo Lei 1.200 de 28/03/1998).

O núcleo urbano de Guaratiba foi fundado em 5 de Março de 1579 pelo português Manoel Veloso Espinha, que conjugou os vocábulos da língua Tupi, “guará” (ave pernalta) e “tiba” (muita quantidade). A região teve os seguintes usos predominantes: cultivo do café, cana-de-açúcar – onde foram estabelecidas fazendas e construídos engenhos, dando nome às vilas e localidades de Pedra, Ilha e Barra de Guaratiba – e pecuário alternado com cultivo de

subsistência (MARQUES et al., 2004). Foram registrados o estabelecimento de ciclos econômicos sazonais, seguidos de abandono, onde a mata se recuperava espontaneamente.

O último desmatamento foi na década de 1950 – 1960, para cultivo de batata e banana - com vestígios remanescentes. O sistema de produção envolveu baixo uso de tecnologia, típico das atividades de subsistência de regiões tropicais, contribuindo para a estagnação econômica da agricultura, além de estabelecer o início dos processos erosivos, constituindo um passivo ambiental (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1998) com diversas implicações para a sociedade.

A beleza natural e proximidade da cidade do Rio de Janeiro facilitou atividades de especulação imobiliária, principalmente nos terços inferiores e médios das encostas das microbacias (MARQUES et al., 2004), onde predominam construções de baixo padrão construtivo, pois existem problemas de titularidade da terra.



Figura 01: Área de estudo em Barra de Guaratiba, RJ.

As pessoas que residem no terço superior das encostas usam água exclusivamente das nascentes, enquanto que a comunidade dos terços médio e inferiores tem abastecimento irregular da Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro – CEDAE, por ser área terminal de linha de abastecimento e se encontrar em zona alta. Nestes casos o abastecimento é

complementado pelas nascentes, atingindo um total de 4.380 habitantes e 1.253 domicílios (PCRJ/SMAC, 1999).

Em Barra de Guaratiba as encostas fazem parte de um cabo que adentra no mar em aproximadamente 1.300 m, onde sua constituição é predominantemente rochosa. A área de estudo encontra-se na parte mais próxima ao mar, envolvendo 88 microbacias em 140 ha.

A região está inserida na Mata Atlântica e apresenta espécies decíduas nos locais cujos solos são rasos e vegetação perenifolia onde os solos são profundos. Estes ambientes foram modificados pelos ciclos econômicos no passado, debilitando os ecossistemas, de modo que permitiu o estabelecimento dominante do capim colônia (*Panicum maximum* L.) e pequenos fragmentos florestais remanescentes, localizados nas regiões mais úmidas constituindo núcleos de resiliência (PCRJ/SMAC,1999). Atualmente, a cobertura florestal predominante foi plantada pelo Programa Mutirão Reflorestamento (PMR) da Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro – PCRJ (Figura 02).

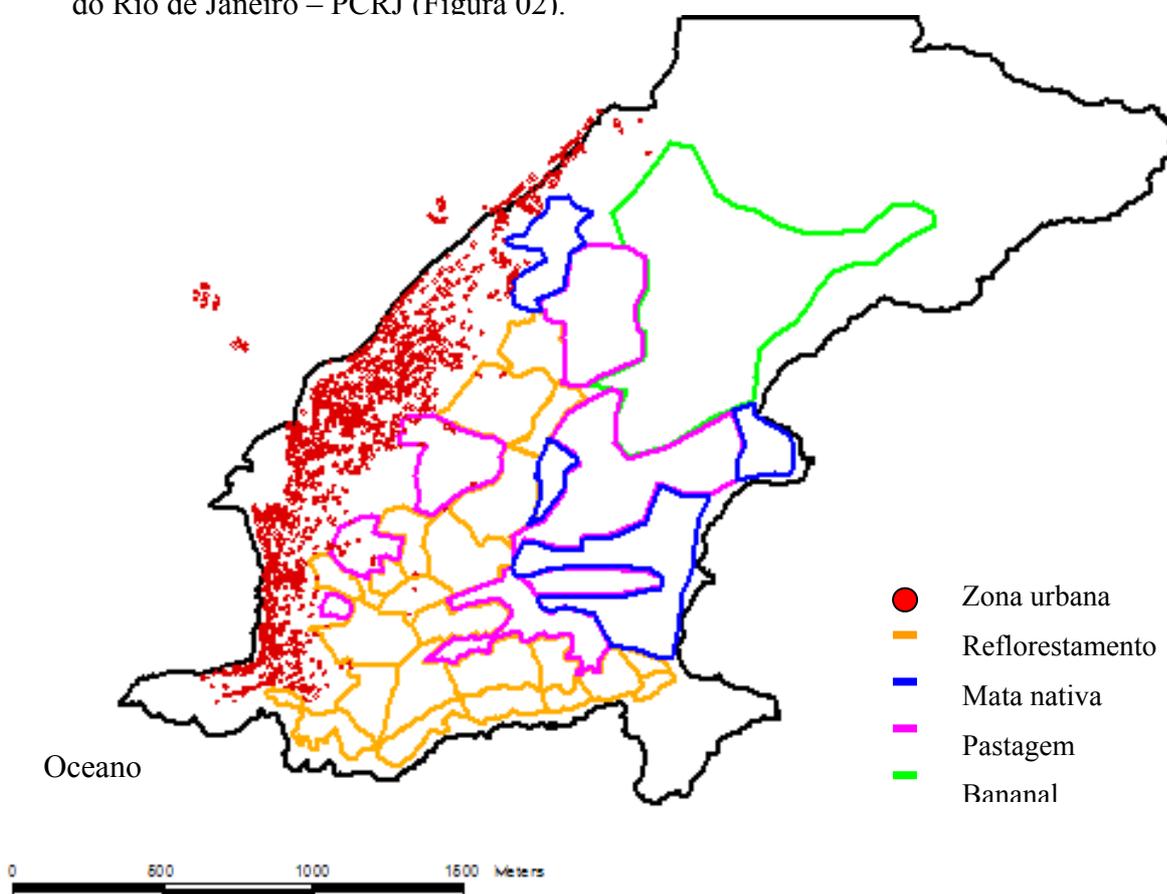


Figura 02: Usos do solo na região de Barra de Guaratiba, RJ.

O clima Tropical “Aw”, segundo Köppen, apresenta verão chuvoso e inverno seco, com precipitações médias de 1500 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).

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

Os afloramentos rochosos são freqüentes na região e se associam a blocos soltos na superfície, dispostos nas partes íngremes (Figura 03) e talvegue, podendo estar encaixados ou soltos, totalmente expostos ou coberto por sedimentos de processos erosivos pretéritos. A situação destes matacões confere riscos adicionais, pois se descalçados, podem rolar para as zonas residências na base da encosta, agravando a complexidade dos problemas ambientais.



Figura 03: Matacões situados na parte alta da encosta (270 m de altitude) em Barra de Guaratiba, RJ. Eles encontram-se sobre o solo, onde há diferentes processos erosivos, que podem descalçá-los e promover seu movimento em direção à base da encosta (oculta pela ângulo da fotografia, mas próxima ao oceano).

O PMR, é uma iniciativa da PCRJ, coordenada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMAC e atua através de reflorestamentos com espécies nativas e/ou com função de espécies pioneiras nas encostas da cidade do Rio de Janeiro, perseguindo diferentes objetivos, entre eles a estabilização das encostas, contenção do crescimento urbano e recobrimento florestal.

Em Barra de Guaratiba o reflorestamento de 96,3 ha iniciou no terço superior das encostas, fato este que corresponde a 69% da área onde estão situadas as 88 microbacias estudadas. Os plantios foram iniciados em 1995 e efetuados em duas etapas: Guaratiba 1 (56,8 ha), situado na encosta voltada para a comunidade (Noroeste) onde os objetivos prioritários estavam ligados a estabilização das encostas; e Guaratiba 2 (39,5 ha), vertente oposta, não habitada, mas que precisava ser inserida dentro do contexto ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca – PEPB (Figura 04). Atualmente não se promovem atividades de manutenção na fase 1 e as árvores encontram-se desenvolvidas, com indivíduos adultos. Na fase 2 as árvores apresentam altura entre 3-4 metros e ainda se promovem tratamentos culturais: coroamento das mudas, aceiro, roçada e poda.

O PMR também tem uma componente social, onde o planejamento participativo implica na organização da sociedade local, desenvolvimento de espírito solidários com foco nas ações ambientais e oferta de trabalho às comunidades carentes (PCRJ, 1999). Todas estas atividades confluem para o aumento da oferta de serviços ambientais das florestas, como: perenização das nascentes, controle de enchentes, desassoreamento das redes de drenagens de

águas pluviais, esgotamento sanitário, estabilização de terrenos, redução dos riscos de deslizamentos e rolamento de matacões, melhoria do aspecto da paisagem, amenização térmica tanto nas encostas (diretamente) como nas várzeas da cidade do Rio de Janeiro.

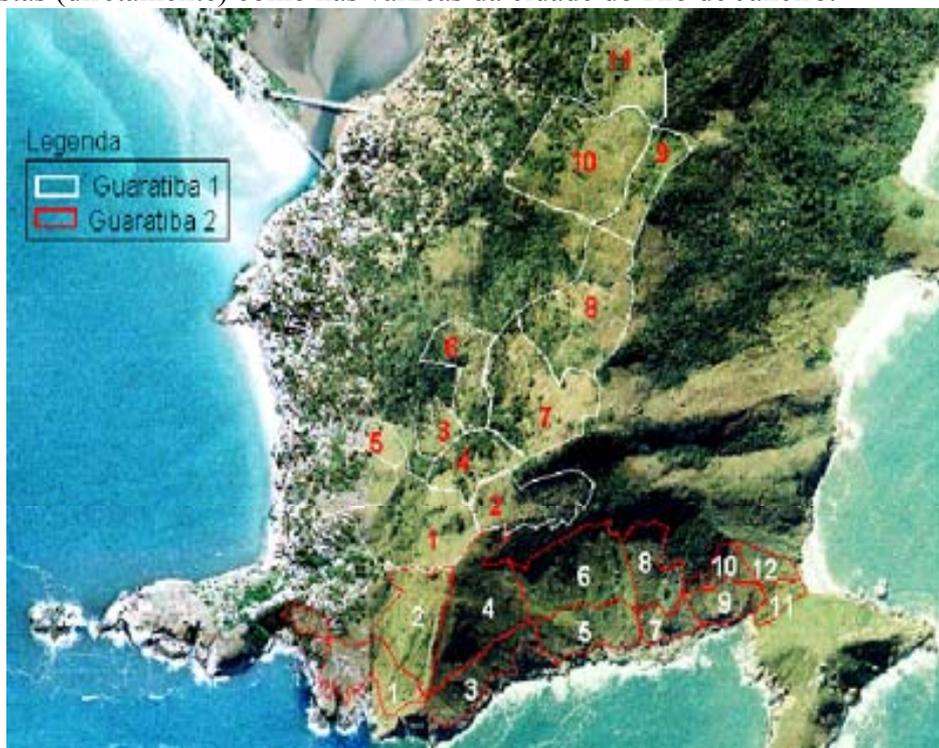


Figura 04: Guaratiba 1 e 2, etapas do reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ.

O plantio de espécies decíduas, de crescimento lento e baixa capacidade de transpiração, foram priorizada nos terrenos acidentados, cujos solos rasos dificultam o armazenamento de água e elas tem melhores condições de adaptação aos períodos de estiagens (PCRJ, 1999). Deste modo, se objetiva a construção de ecossistemas a partir do reflorestamento com espécies rústicas, adaptadas a condições de baixa oferta de atributos ambientais, garantindo-se oferta de propriedades emergentes para entrada de espécies mais exigentes e consolidação dos processos de sucessão vegetal.

As mudas foram plantadas com espaçamento de 2,0 metros entre linhas de mesma curva de nível e entre plantas, no sentido do escoamento, sendo este espaçamento reduzido em áreas declivosas e com risco de deslizamento.

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 01).

As espécies frutíferas têm o intuito de atrair a fauna induzindo processo continuado de recuperação (REIS, 2003; SILVA, 2003). O baixo número de espécies anemocóricas em florestas neotropicais, sugere que programas de reflorestamento que procuram estimular a atividade de animais podem ser produtivos, especialmente em áreas amplas e distantes da floresta (MIRITI, 1998).

Tabela 01: 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>Hymenaea 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)

As operações silviculturais empregadas foram descritas pelo Manual de Normatização de Reflorestamento do Projeto Mutirão Reflorestamento (PCRJ/SMAC/CRA, 2000). Elas foram desenvolvidas nas fases de implantação:

- **Aceiramento** roçada, capina e enleiramento do capim da área de aceiro.
Aceiro externo tem largura de 6 metros, sendo iniciada roçada, para parte externa em largura de 3 a 5 metros.
O aceiro interno teve largura de 4 metros.
O aceiro protege o fragmento florestal existente e/ou reflorestamento contra fogo no capim colônia.
- **Roçada:** Corte de gramíneas com altura igual ou superior a 10 cm.
- **Marcação de covas:** Feita sobre curvas de nível, também sendo utilizada para marcar faixas de capina.
- **Capina em faixa:** Retirada do capim com enxada ou enxadão, seguindo faixas na curvas de nível.

CAPÍTULO I - TIPIFICAÇÃO DAS NASCENTES

Resumo

CAPÍTULO I – Tipificação das nascentes

Este capítulo buscou identificar e caracterizar as fontes de abastecimento de água da população de Barra de Guaratiba, RJ (4.380 habitantes), residentes nos terços inferiores e médios das encostas das 88 microbacias. Cerca de 10 % desta população utiliza exclusivamente água de nascentes e depende das ações de manejo feitas no terço superior da encosta. Foram encontradas que 11 microbacias, apresentam 28 nascentes perenes, das quais apenas 11 situadas em 6 microbacias abastecem 150 famílias. Estas microbacias ocupam 18,5 ha e apresentam regime hídrico especial, uma vez que a declividade mais suave encontra-se na faixa de 31-45%, totalizando apenas 15% da área. O restante da área possui declividades ainda maiores. O tamanho das microbacias é reduzido, onde 89% são menores que 4,7 ha. O comprimento da rampa, onde ocorrem os processos hidrológicos, também é reduzido, sendo que 63% se encontra na categoria menor que 125m. A orientação evidencia que 70% das microbacias estão nas encostas voltadas para o Sul (Sul - 41%, Sudeste – 19% e Sudoeste - 10%). Todos estes parâmetros morfométricos das microbacias conferem baixa capacidade de retenção de água nas encostas, fato este que explica o alto grau de instabilidade das bacias: altas declividades, solos rasos, grande quantidade de matacões soltos, afloramentos rochosos e cicatrizes diversas de processos erosivos - entulhamento das drenagens, seixos/blocos rolados distribuídos ao longo das encostas e drenagens. Apesar desta situação ambiental pouco favorável à manutenção de uma nascente perene, existem processos hidrológicos específicos que permitem a formação de três tipos de nascente, que foram classificadas em: a) *calha entulhada*; b) *encosta*; e c) *poço*. Do total de 28 nascentes perenes encontradas, 24 constituem o tipo calha entulhada, três de encosta e uma de poço. Considerando a área de captação de cada tipo, as médias para nascentes de encosta foram consideravelmente menores (0,1 ha) do que as de calha entulhada (2,27 ha). A declividade da área de captação teve um importante papel na formação das nascentes e na determinação presença de controles estruturais, tanto dentro das calhas com nas encostas. Conclui-se que em microbacias instáveis, as áreas responsáveis pela armazenagem de água são pequenas e geram serviços ambientais importantes, como fornecimento perene de água.

Palavras chave: Processos hidrológicos, Recarga, Serviços ambientais.

Abstract

CHAPTER I – Spring typification

This chapter aimed to identify and characterize the water supply founts from Barra de Guaratiba, RJ, where 4.380 inhabitants live at the bottom and medium part of the hillside from 88 small catchments. About 10 % of population utilises water from spring and depend on management done on the higher third of slope. We found that 11 small catchments have 28 perenial springs, were 11 of then situated on 6 watersheds gives water supply for 150 families. These watersheds occupy 18,5 ha and have special hydrological regime, as the smallest declivity class is between 31-45%, totalizing 15 % of total area. The rest of the area has even higher declivities. Watersheds sizes are small, where 89% are smaller than 4,7 ha. The slope length, where hydrological process occurs, is also reduced as 63% of watersheds are in category lower than 125 m. Slope orientation shows that 70% of watersheds are at slopes faced to South (South 41%, Southeast 19% and Southwest 10%). All these morphometric parameters indicates low capacity of water storage from the slopes, explaining the high instability of the hillsides: high declivities, shallow soils, loosen rocks, emergent stones, and evidences from erosive process as- drainages filled up with stone blocks and small rocks, rolled and distributed along drainage channels and slope. Even with a non proper environmental situation for mantainance of a perenial spring, there are specific hidrological processes wich allows formation of 3 kinds of springs, classyfyed as: a) *calha entulhada*; b) *encosta*; e c) *poço*. From total 28 springs, 24 are from *calha entulhada*, 3 from *encosta*, and one from *poço*. Considering water capitation areas from each type, mean area for *encosta* springs were smaller (0,1 ha) than from *calha entulhada* (2,27 ha). Declivity had an important role on springs formation and on determination of structural controls, inside drainage channels nor out of them. We conclude that on instable watersheds, areas responsible for water storage are small and generate important environmental services as a perenial water supply.

Key-words: Hydrological process, recharge, environmental services.

1. Introdução

Por nascente entende-se o local onde a água emerge do subsolo (LIMA-e-SILVA, 2002). A Resolução CONAMA de nº 004, de 18 de setembro de 1985, define nascente como sendo o “local onde se verifica o aparecimento da água pelo afloramento do lençol freático”. Estas definições são simples e práticas, mas não deixam de ser reducionistas, uma vez que nascentes não são apenas “olhos-d’água”, e sim 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. Influem sobre este sistema hidrológico as variáveis que determinam a **entrada** de água no sistema, as que permitem a **infiltração** da água no solo: componente biótico; e as que interferem no armazenamento, condução, e **afloramento** da água como: características dos solos, rochas, relevo e ambientes adjacentes – montante e jusante (SANTANA, 2003).

As águas pluviais ao chegarem ao solo podem percorrer dois caminhos até atingirem os canais fluviais, sendo um lento, que se inicia pela infiltração e outro rápido, que prioriza o fluxo do escoamento superficial. A infiltração depende de características dos solos como: cobertura vegetal com restos orgânicos na superfície, com altos teores de matéria orgânica, boa estruturação e atividade biogênica (PRIMAVESI, 1982). A água que infiltra, reabastece a zona radicular favorecendo o crescimento das plantas, que por sua vez, melhoram a infiltração (ANTUNES, 1992; MOLINARI, 2005). O excesso de água não retido na zona radicular drena para as camadas profundas do solo, reabastecendo o lençol freático (KARMAN, 2001; SANTANA, 2003) e contribuindo para a perenidade das nascentes.

O escoamento superficial ocorre quando o solo encontra-se saturado com seu meio poroso totalmente preenchido de água, ou em condições onde a água não infiltra por causa da sua condição de permeabilidade (LIMA, 1986; KARMAN, 2001; SILVA et al., 2003). Quando o escoamento superficial predomina nas encostas, a água chega rapidamente nos canais, influenciadas pelos efeitos da declividade, impermeabilização do solo e característica das chuvas, constituindo diferencial no tempo de concentração das microbacias, isto é, no tempo que a água escoada leva para atingir os canais de drenagem e sair da bacia. Estas situações geralmente ocorrem em solo desprovido de cobertura vegetal, como os que sofrem queimadas, ou têm superfície desnuda, favorecendo os processos erosivos e a ocorrência de desmoronamentos (SUGUIO et al., 1979; SANTANA, 2003; MOLINARI, 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, onde os controles estruturais, que são estruturas que reduzem a velocidade de passagem da água sub-superficialmente, dificultando o movimento lateral dos aquíferos, induzem o afloramento do lençol freático na superfície.

A quantidade e qualidade da água das nascentes são influenciadas pelo clima, declividade, topografia, geologia, cobertura vegetal, tipo de uso do solo e da terra das áreas de recarga (VAZHEMIN, 1972; LIMA, 1986; PEREIRA, 1997; PINTO et al., 2004).

A identificação das nascentes é o primeiro passo para entender o seu funcionamento hidrológico em microbacias instáveis, sendo necessário também a caracterização da morfometria das bacias e das suas áreas de captação, para melhor entender seus processos de formação e manutenção da perenidade nas épocas de seca. Este capítulo objetivou tipificar as nascentes em função das características morfométricas das microbacias e das áreas de captação das nascentes.

2. Materiais e Métodos

2.1 Identificação das nascentes

Foram consideradas nascentes todos os pontos onde havia afloramento perene de água, podendo ou não ser utilizado para abastecimento doméstico. Foram utilizados como informações básicas as consultas ao Posto Médico local, dos funcionários do PMR da PCRJ e residentes antigos na área, que conhecem todas as informações da região. Os pontos sinalizados como nascentes foram georeferenciados sobre base cartográfica (escala 1:10.000) com gps Garmim Explorer 100 e monitorados mensalmente durante os anos de 2005 e 2006.

2.2 Base Cartográfica

As microbacias foram espacializadas sobre base cartográfica digitalizada, a partir das folhas: SF-23-Z-C-III-2-NE-D-III-1; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-III-4; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-IV-3; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-IV-4 (FUNDREM, 1975).

Foi utilizado orto-fotografias coloridas dos anos 1999 e 2004 para identificar tipos de usos características das paisagens. Estas informações foram georeferenciadas e repassadas para base cartográfica digital 1:10.000.

2.3 Usos das nascentes

Os dados sobre uso das nascentes foram levantados junto ao Posto de Saúde da PCRJ que possui registros obtidos a partir das entrevistas periódicas dos Agentes de Saúde, onde se observa infra-estrutura utilizada para captação e armazenamento de água das famílias, como parte do programa de erradicação de doenças transmitidas por vetor hídrico. Foram obtidos: a) quantidade de casas abastecidas por distribuição da CEDAE, poços e nascentes; b) principais pontos de captação e destino da água coletada; c) perenidade das nascentes.

Estas informações constituíram base para os trabalhos de levantamento de campo, onde todas as nascentes foram visitadas com os técnicos da PCRJ e depois de forma individualizada, para atualização das informações.

2.4 Tipificação geo-ambiental

As nascentes foram avaliadas de forma pontual onde se observou a sua perenidade e de forma espacial, onde se trabalhou na área de influencia de sua captação, considerando como abstração teórica que os divisores topográficos variam de forma similar com os divisores hidrogeológicos.

As zonas de captação das nascentes foram obtidas a partir da combinação dos estudos de campo e do georeferenciamento das informações cartográficas, se delimitou as áreas de captação de cada nascente e sua localização dentro das microbacias.

As áreas de captação das nascentes foram avaliadas em função dos fatores morfométricos das microbacias, conforme descrito na literatura (HEWLETT & NUTTER, 1969; GREGORY & WALLING, 1985; VALCARCEL, 1997; WIEDMANN & DORNELLES, 1999; PINTO, et al., 2004). Os parâmetros utilizados na caracterização da área foram processados nos formatos vetorial e matricial e calculados pelo software Arc View 3.2a.

O agrupamento destas variáveis permitiu descrever os processos hidrológicos típicos que garantem a perenidade destas nascentes e formular as bases teóricas para estabelecer os tipos de nascentes, envolvendo não só a questão da nascente como zona de afloramento de água, como principalmente, utilizando as informações dos processos hidrológicos envolvidos que garantem a sua perenidade.

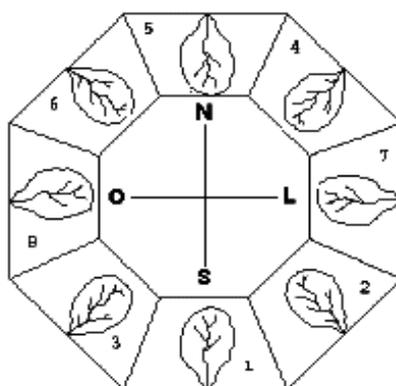
2.5 Fatores morfométricos

a) Área

A área total das microbacias, captação das nascentes, foi calculada utilizando-se o script “Calculate area”.

b) Orientação

Representa a direção prioritária (Figura 01) que a água toma para evadir-se da microbacia, onde a exposição à radiação solar (intensidade, duração e frequência de insolação) podem estabelecer níveis diferenciados de perda de água por evaporação e transpiração, influenciando a produção hídrica do manancial. Ela foi obtida a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, utilizando o comando “Derive Aspect” com células de 0,5 m.



Fonte: Marques et al., 2004.

Figura 01: Orientação das microbacias de acordo com a rosa dos ventos, representando o sentido principal do escoamento da água e o grau de exposição a luz solar.

c) Declividade

Foi estabelecida a partir do MDE com o comando “Derive Slope”. O tamanho das células foi de 0,5m e as classes de declividade foram obtidas através da função “Classify” do editor de legendas, sendo estas: plano (0 - 10%), suavemente ondulado (10,1 - 30%), ondulado (30,1 - 50%), fortemente ondulado (50,1 - 70%), montanhoso (70.1 - 90%) e escarpado (> 90%).

d) Altitude

Foi estabelecida pelo MDE a partir da função “classify” do editor de legendas, determinando-se cinco classes de altitude, em metros: 0 - 70, 70,1 - 140, 140,1 - 210, 210,1 - 280 e 280,1 - 350.

e) Comprimento de rampa

Por rampa entende-se o trecho hidrológico da vertente por onde a água drenará. O comprimento de rampa determina o tamanho do percurso que a água terá para infiltrar quando as condições de vegetação são propícias, ou para escoar superficialmente nos solos descobertos, podendo exercer efeito contrário nas duas situações. Este trecho foi medido para as microbacias, do exutório ao ponto mais alto do divisor topográfico e para as áreas de

captação, do olho d'água até a parte mais alta da área de captação, sendo estas distâncias o comprimento de rampa expresso em metros.

3. Resultados e Discussão

As características morfométricas das microbacias evidenciam diversidade de tamanhos, propensão à formação de enxurradas pela forma predominante e altíssima declividade média. A altitude média é variável e indica que todos os trechos das encostas encontram-se devidamente estruturados na forma de bacias hidrográficas (Tabela 01). A altitude média observada (0-42 m) foi encontrada em 66% das microbacias. Apenas 12 % das microbacias possuem altitudes médias entre 127-175 m, sendo estas responsáveis por abrigar a maioria das nascentes.

Como existem 28 nascentes perenes na região, fica evidente que os fatores indutores de armazenamento e regulação hídrica não se devem exclusivamente às características morfométricas da bacias, como ocorrem nas microbacias com grande áreas e funções uniformes. Nestes casos a administração dos recursos hídricos se verifica em setores com características peculiares, conferindo um certo grau de instabilidade nos processos hidrológicos.

As áreas das microbacias variaram de 0,02 a 38 ha, porém 89% das microbacias possuem áreas menores que 4,7 ha. Estas microbacias não apresentaram nascentes. Elas se encontram na base das encostas, em costão rochoso, coberto por solo raso, apresentam formato filiforme e declividades altas, dificultando a permanência da água em suas encostas e tornando suas drenagens efêmeras, com água apenas após os momentos de chuva.

As microbacias maiores que 9,5 ha representaram 4 % do total e todas as nascentes foram encontradas nestas áreas, indicando que o tamanho da área é uma variável importante, principalmente por abrigar diferentes condições ambientais que afetam a captação, armazenamento e liberação dos excedentes dos recursos hídricos.

Analisando as condições de declividade das microbacias, observa-se que não há situações favoráveis a manutenção de água na região, pois apenas 15% das microbacias representam as menores classes de declividade (31-45%), que se trata de declividade elevada e sem garantia de armazenamento de água. Os 85% remanescentes das microbacias apresentam declividades ainda maiores, aumentando a velocidade de escoamento e evasão da água das encostas e demais trechos da bacia.

O Fator orientação das encostas evidenciou que 70 % das microbacias tem influências da vertente Sul (41% Sul, 19% Sudeste e 10% Sudoeste). Nas regiões costeiras, a orientação que recebe os ventos úmidos (Sudoeste) apresentam mais resiliência (BARBOZA, 2007). Marques et al., (2004) encontraram que o fator orientação apresenta maior peso na explicação da ocorrência de fragmentos florestais na região de Barra de Guaratiba. O melhor desenvolvimento de fragmentos florestais nesta vertente indica um ambiente mais resiliente, capaz de ter mais recarga, manter uma vegetação complexa e propiciar abastecimento dos aquíferos, principalmente se associar os efeitos hidrológicos da interceptação vertical, onde as massas ar úmidos são mais densas. Este efeito pode constituir um diferencial de aproximadamente 25% a mais que a precipitação convencional (BARBOZA, 2007).

Tabela 01: Fatores morfométricos das 88 microbacias da região de Barra de Guaratiba, RJ.

Bacias	Área	Fator de Forma	Dec.	Alt.	Exp. Solar	Dir. vento	Comp. Rampa
Nº	m ²		%	m		Â	m
1	383.181	0,38	035	172,5	Noroeste	250	1000
2	5.686	0,39	042	25,5	Norte	315	120
3	2.469	0,29	048	22,5	Noroeste	260	093
4	18.466	0,27	033	43,0	Oeste	245	261
5	4.087	0,21	043	70,0	Noroeste	245	139
6	2575	0,31	041	18,5	Sudoeste	240	091
7	4.629	0,26	040	26,5	Sudoeste	225	134
8	80.659	0,24	033	95,0	Sudoeste	230	577
9	4.016	0,20	039	27,5	Oeste	230	140
10*	163.404	0,20	038	172,5	Oeste	225	901
11	3.109	0,14	037	27,5	Oeste	235	147
12	45.367	0,31	046	87,5	Oeste	225	383
13	8.163	0,26	054	47,5	Noroeste	220	177
14	111.598	0,22	038	132,5	Noroeste	245	706
15	3014	0,45	073	41,0	Noroeste	270	082
16	3.082	0,40	068	30,0	Noroeste	270	088
17	4.147	0,25	054	35,0	Norte	310	129
18	3.331	0,23	058	35,0	Norte	310	120
19	5.794	0,59	058	28,5	Norte	310	099
20	2.623	0,27	054	26,5	Noroeste	270	099
21	2.450	0,22	049	25,5	Noroeste	260	105
22	1.507	0,22	048	20,0	Noroeste	260	083
23	1.450	0,24	047	18,5	Oeste	230	078
24	787	0,29	060	15,5	Sudoeste	195	052
25	1.256	0,30	069	22,5	Sul	165	065
26	2.614	0,26	054	27,5	Sul	160	101
27	2.649	0,23	051	27,5	Sul	160	107
28	1.204	0,26	081	27,5	Sudeste	125	068
29	2.178	0,44	079	27,5	Sul	160	070
30	6.230	0,34	051	35,0	Sudoeste	160	136
31	1.324	0,20	070	28,5	Sul	165	082
32	520	0,27	091	20,0	Sul	135	044
33	2.011	0,23	075	35,0	Sul	135	093
34	979	0,17	092	20,0	Sudeste	085	076
35	395	0,26	103	20,0	Sul	085	039
36	2.686	0,29	073	35,0	Sul	085	096
37	3.013	0,33	078	37,5	Sudeste	155	096
38	4.101	0,47	070	32,5	Sudeste	165	093
39	4.267	0,31	060	35,0	Sudeste	165	117
40	4.216	0,29	067	40,0	Sul	165	120
41	5.564	0,17	050	45,0	Sudoeste	180	179
42	3.602	0,29	066	36,5	Sudoeste	170	111
43	2.488	0,21	055	30,0	Oeste	170	110

Continua...

Continuação...

44	535	0,18	074	20,0	Oeste	200	054
45	691	0,21	065	18,5	Oeste	200	057
46	3.050	0,25	056	31,0	Sul	130	111
47	1.867	0,20	052	25,0	Sul	125	097
48	70.378	0,43	054	110,0	Sul	170	405
49	291	0,16	060	13,0	Sudoeste	180	043
50	15.493	0,27	071	85,0	Oeste	180	240
51	274	0,25	076	12,5	Oeste	210	033
52	848	0,62	062	18,5	Oeste	190	037
53	1.204	0,29	070	22,5	Sul	135	064
54	566	0,23	116	29,0	Sul	115	050
55	1.028	0,30	105	31,0	Sul	155	059
56	879	0,24	117	35,0	Sul	135	060
57	1.255	0,21	103	40,0	Sul	155	078
58	2.364	0,27	091	42,5	Sul	140	093
59	503	0,25	078	17,5	Sudoeste	150	045
60	1132	0,29	087	27,5	Sudeste	120	063
61	1.620	0,22	080	34,0	Sudeste	195	085
62	622	0,24	078	20,0	Sudeste	100	051
63	384	0,30	069	12,5	Sudeste	110	036
64	10.427	0,23	073	77,5	Sudeste	110	211
65	5.798	0,13	074	77,5	Sudeste	110	210
66	916	0,22	065	21,0	Sudeste	115	065
67	14.990	0,21	076	102,5	Sudeste	115	270
68	10.976	0,13	072	105,0	Sudeste	110	290
69	24.350	0,19	066	117,5	Sudeste	110	358
70	7.666	0,12	067	85,0	Sul	120	254
71	1.352	0,28	051	17,5	Sul	135	069
72	7.958	0,14	063	75,0	Sul	125	238
73	1.353	0,36	057	17,5	Sul	135	061
74	460	0,26	036	7,5	Sul	95	042
75	8.086	0,21	059	57,5	Sudeste	100	196
76	5.294	0,27	061	42,5	Sudeste	100	139
77	1.584	0,27	061	23,5	Sul	125	077
78	73.650	0,28	056	142,5	Sul	105	510
79*	66.848	0,20	059	172,5	Sul	135	580
80	17.245	0,12	057	110,0	Sul	130	386
81	2.079	0,19	047	25,0	Sul	130	106
82	41.050	0,18	056	132,5	Sul	135	474
83	3.409	0,21	048	63,0	Sul	110	126
84	6.009	0,29	045	32,5	Sul	120	145
85	628	0,32	068	15,0	Sul	120	044
86	40.074	0,25	061	122,5	Sul	125	404
87	1.370	0,15	062	30,0	Sul	120	097
88	15.376	0,28	066	77,5	Sul	135	236
Média	15.805	0,00	63	48,0	-	170	170
Desvio	47.180	0,10	17	39,7	-	60	181

Fonte: MARQUES, 2004 modificado

Nota: Dec – declividade; Alt. – altitude; Exp. Solar – exposição solar.; Dir. ventos= Direção dos ventos; Comp. Rampa= comprimento de rampa.

O comprimento de rampa médio teve maior representatividade da classe de menor comprimento (0-125 m) com 63% das microbacias. Pequenos comprimentos de rampa significam maior velocidade de chegada da água nas calhas de drenagem e maior velocidade de escoamento. Aliados a declividades acentuadas reduzem a chance de infiltração da água no solo, abastecimento do lençol freático e perenização dos recursos hídricos. Apenas 18 % das microbacias tiveram comprimentos maiores que 250 m. Para os comprimentos de rampa maiores, o tipo de cobertura do solo irá influenciar diretamente no comportamento hidrológico. Rampas longas em solos florestados induzem a infiltração da água da chuva e em solos desnudos auxiliam a formação de processos erosivos.

Todas estas informações conformam um quadro ambiental onde a maior vocação das microbacias é para perder água, devido à baixa capacidade de armazenamento e alta velocidade de evacuação da água das microbacias. Ainda assim, a região apresentou 28 nascentes perenes (Figura 02), onde apenas 11 delas, situadas em 6 microbacias, abastecem toda a vila de Barra de Guaratiba.

Estas nascentes foram formadas principalmente nas partes altas da encosta, sendo que a área que garante o seu abastecimento é a que se encontra à montante do ponto de afloramento, que foi para este estudo considerada como área de captação das nascentes (Figura 02). O manejo adequado destas áreas garante o abastecimento da população de Barra de Guaratiba que possui 4.380 habitantes fixos e cerca de 2.000 veranistas, que nos dias de calor freqüentam as praias da região. As áreas de captação de todas as nascentes somaram 56,4 ha. No entanto, a área de captação que realmente abastece a população é ainda menor, já que nem todas as nascentes estão sendo utilizadas.

Das 28 nascentes apenas 11 (localizadas em 6 microbacias) abastecem todas as casas que usam exclusivamente água de mina, evidenciando que este serviço ambiental é gerado por áreas de captação que somam 18,5 ha, ou seja, em apenas 12,8 % da área total das microbacias (Figura 03).

As áreas responsáveis pela manutenção dos recursos hídricos para provimento de nascentes perenes na região de Barra de Guaratiba, são pequenas e possuem mecanismos de regulação hídrica diferenciado, uma vez que a variável entrada de precipitação foi considerada como homogênea.

As encostas possuem altitude máxima de 345 metros, ela apresentou 16 nascentes distribuídas entre as cotas 230-345 m (terço superior), 5 nascentes, terço médio (125 a 230 m) e 7 nascentes no terço inferior (0 a 120 m), evidenciando que a região hidrográfica de reforço de recarga (OTTONI-NETO, 1995; VALCARCEL, 2003) efetivamente deve ser manejada prioritariamente para gestão de recursos hídricos com finalidade de aumento de produtividade em nascentes de encostas.

Os efeitos hidrológicos das zonas de afloramento em Barra de Guaratiba são peculiares, pois existem descontinuidades do percurso da água pela mudança abrupta das feições do relevo, onde a matriz rochosa aflora diretamente no mar, não havendo uma zona de várzea para equilibrar a saída de água do ecossistema, sendo a água esvaída rapidamente da bacia. O papel das várzeas é transmitir a água lenta e gradualmente para a calha dos rios, fazendo-a ficar por mais tempo retida dentro da bacia, aumentando a perenidade das drenagens.

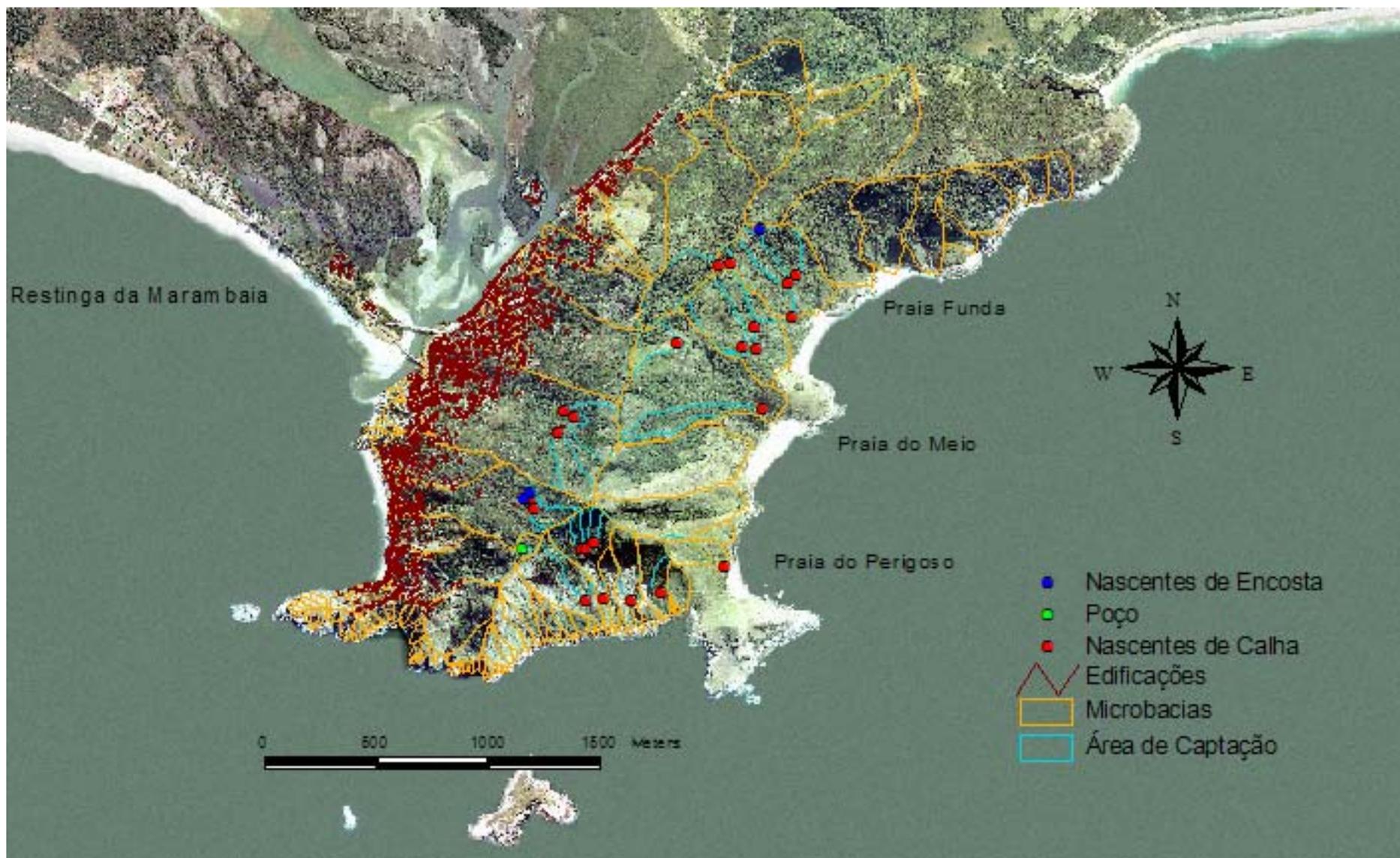


Figura 02: Representação das 88 microbacias, região edificada, 28 nascentes e suas áreas de captação em Barra de Guaratiba, RJ.

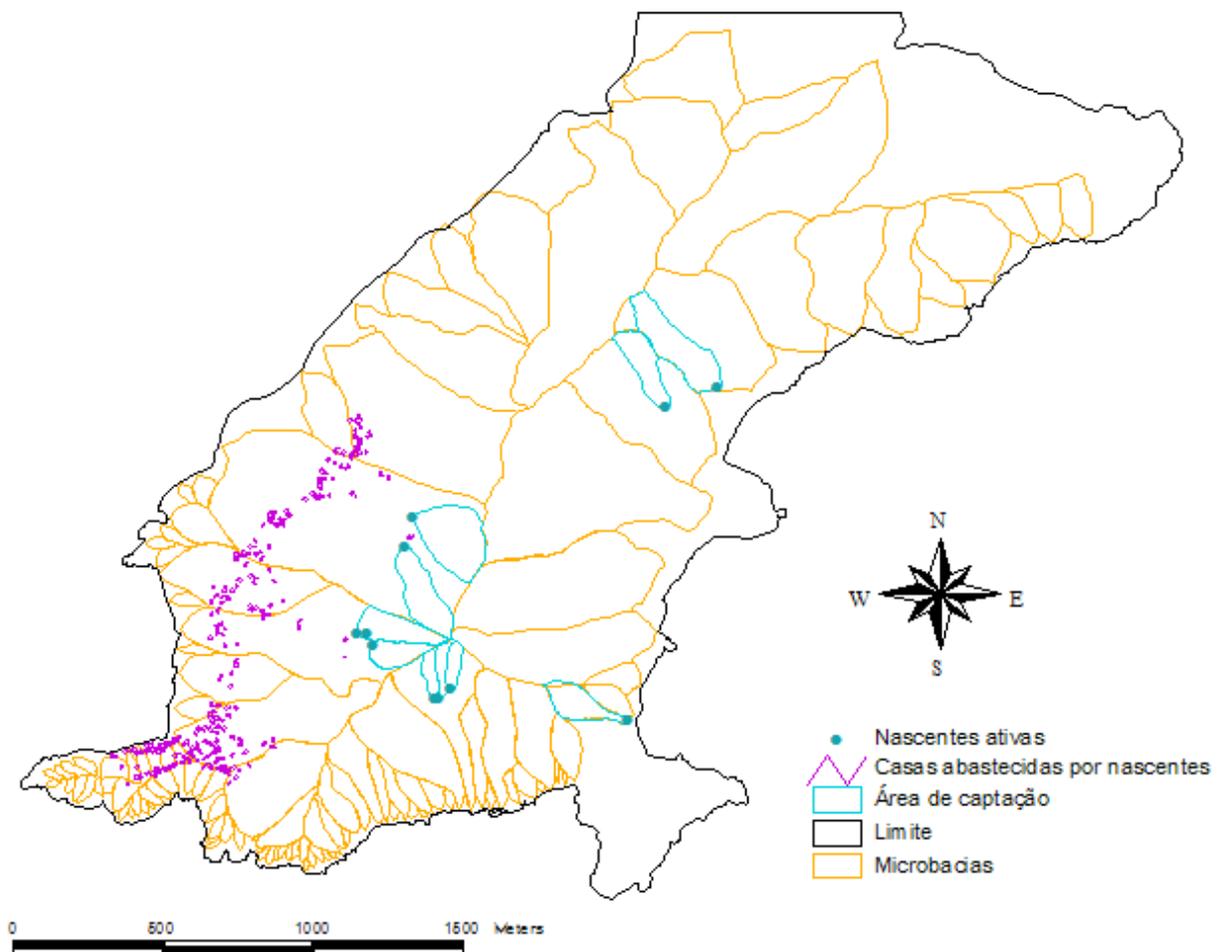


Figura 03: Nascentes responsáveis pelo abastecimento da população de Barra de Guaratiba e suas respectivas áreas de captação à montante.

Das 28 nascentes, oito estão localizadas na vertente habitada (NW, W) e o restante nas vertentes não habitadas voltadas para as Praias do Perigoso, do Meio e Funda, onde se encontram os maiores remanescentes de floresta nativa da área de estudo, que abrigam 15 nascentes (ver Figura 02). O restante das nascentes aflora dentro da área de atuação do PMR.

O uso das nascentes pela população se deu até meados da década de 80, quando houve expansão da rede de distribuição pública de água. Até o ano 2000 cerca de 75% da população (cerca de 3.800 habitantes) era abastecida pela CEDAE (Figura 04). Sendo assim, as nascentes constituíam fonte exclusiva de abastecimento para 25% da comunidade de Barra de Guaratiba (cerca de 570 habitantes). No verão, quando ocorrem as chuvas e há crescimento de demanda de água pela população flutuante, grande parte da comunidade usa alternativamente a água de nascente, principalmente os segmentos de menor poder aquisitivo.

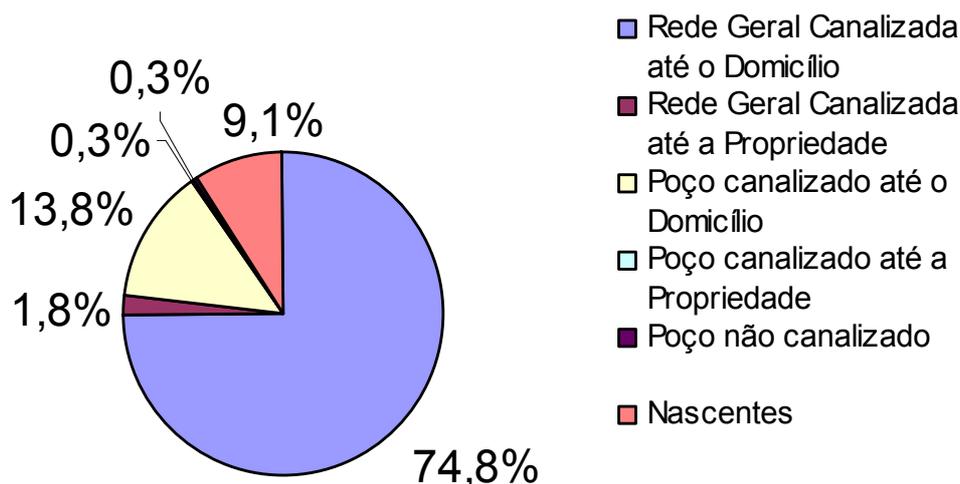


Figura 04: Formas de abastecimento de água da população de Barra de Guaratiba, RJ, no ano de 2000.

O trecho exclusivamente abastecido pelas nascentes se encontra na parte do terço superior da encosta. Nos demais trechos há abastecimento ocasional, pois o fornecimento é no final de linha secundária de abastecimento e em trechos muito declivosos, ocasionando falta de água nos meses de inverno, o que leva os moradores ao uso ocasional das nascentes. Atualmente em torno de 150 famílias utilizam água das nascentes, segundo dados da Agência Local de Saúde (Sr. Juarez, comunicação pessoal, 2007).

A água de poço é oriunda do mesmo lençol freático que abastece as nascentes, representando 13% da forma de abastecimento e evidenciando que existem diferentes formas de armazenamento de água nas encostas.

Todo este volume de água encontra-se disponível em alguns setores das encostas, ocupando áreas distintas que possuem papel hidrológico específico para administração (armazenamento e disponibilização de água ao longo do ano) dos recursos hídricos. Considerando o uso diário da água por cerca de 150 famílias com 4 pessoas, e um consumo per capita de 280 l (VALCARCEL, 1985), temos uma estimativa de um volume mínimo médio diário consumido de 168 m³, que sugere o volume de água disponível na encosta.

3.1 Tipos de nascentes

Os fatores de instabilidade das bacias como altas declividades, solos rasos, grande quantidade de matacões soltos, afloramentos rochosos e evidências de processos erosivos, provocaram o entulhamento das calhas de drenagem por seixos/blocos rolados e sedimentos finos que determinam os processos hidrológicos locais e permitem a formação de diferentes tipos de nascente. No presente estudo as nascentes foram classificadas como: a) calha entulhada; b) poço e c) encosta.

3.1.1 Calha entulhada

As calhas de drenagens das microbacias da região encontram-se com quantidade diferenciada de seixos e blocos de pedras de diferentes granulometrias, podendo ter blocos de até 15 m de diâmetro. Eles surgiram em função do rolamento das partes altas e encontram-se atualmente encaixados nos talvegues e concavidades na encosta (Figura 05). Eles constituem evidências dos intensos processos erosivos no passado e atualmente entulham as calhas, principalmente onde há sedimentos finos oriundos de processos erosivos recentes.

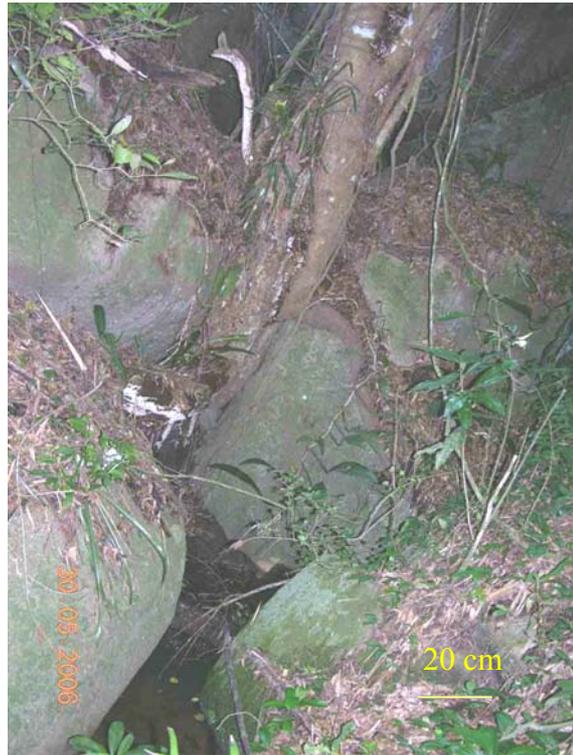


Figura 05: Pedras acomodadas em uma drenagem de Barra de Guaratiba, gerando o entulhamento da calha.

No tipo de nascente *Calha Entulhada*, o afloramento da água se dá pelo seu represamento no talvegue, sendo que o seu volume depende basicamente da largura da calha e da eficácia do represamento efetuada pelos controles estruturais existentes. Os pontos de retenção de sedimentos ocorrem nas mudanças na forma do relevo da calha permitindo o acomodamento destas partículas e formação de pequenos “platôs” (Figura 06) que funcionam como áreas acumuladoras de água aumentando as áreas de afloramento e/ou reforço de umidade, formando uma nascente do tipo calha entulhada.

Segundo ZAKIA (1998) o padrão de drenagem irá afetar a disponibilidade de sedimentos e formação de deflúvio, sendo o relevo atuante sobre as taxas de sedimentação. A forma e o relevo, por outro lado, atuam sobre o regime de produção hídrica, assim como sobre a taxa de sedimentação. O padrão de drenagem irá afetar a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação do deflúvio.

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.

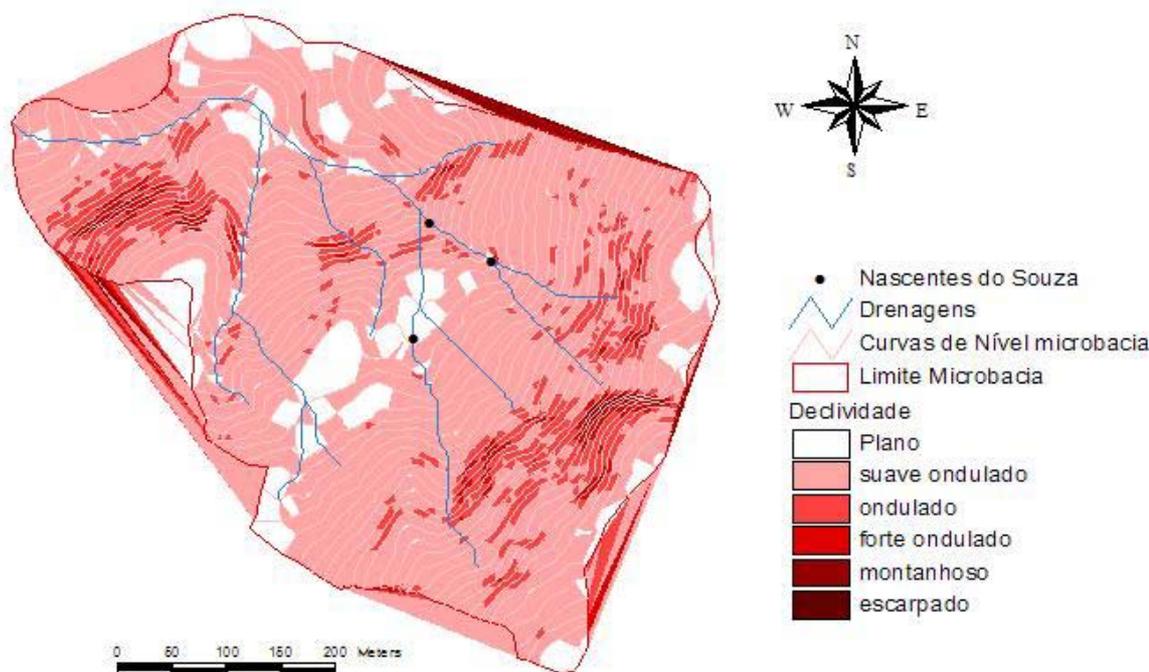


Figura 06: Áreas de acúmulo de água e sedimentos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.

3.1.2. Poço

Os poços 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 de poço é controlado, pois depende do nível do lençol e de seu reabastecimento pelas águas da chuva. O uso descontrolado pode causar problemas como o rebaixamento do lençol freático e perda na qualidade do abastecimento (HIRATA, 2001).

As informações sobre os poços foram obtidas na PCRJ (ver Figura 04). No terço superior da encosta, apenas um poço foi encontrado e moradores indicaram um segundo poço soterrado, sinalizando que não devia ser importante, pois se fosse, haveria manutenção. O único poço aberto atualmente apresenta profundidade de 3 m do lençol freático. Ele está localizado em área plana quase no topo da encosta, dentro de um platô com convergência de água de todas as partes, portanto possui área de captação pequena e não representa a normalidade das condições de abastecimento deste tipo de nascente.

3.1.3 Encosta

As nascentes 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 estes: afloramentos rochosos, pedras, mudanças texturais do solo, mudanças das formas do relevo, entre outros.

Estas nascentes apresentam comportamento hidrológico típico de nascentes de microbacias instáveis, onde a água é proveniente de lençol freático confinado num pequeno trecho da encosta. Na região estas nascentes apresentam o local de afloramento com vazão perene e sem registro de esgotamento da água no período de seca, quando há redução do nível do lençol freático.

Foram observadas três nascentes de encosta, sendo que a área de captação média foi de 0,1 ha, evidenciando a intrínseca relação da área de captação com peculiaridades estruturais do terreno, capazes de interferir na captação, condução, armazenamento e liberação do aquífero perene para a nascente.

3.2. Áreas de Captação das nascentes

O tamanho das áreas de captação das nascentes variou para cada tipo, sendo menores para as nascentes de encosta e maiores para as nascentes de calha entulhada. As nascentes definidas como poço não permitem espacializar as áreas de captação, pois os processos hidrológico e sentido de escoamento dos fluxos não obedecem a mesma tendência manifestada pelo escoamento superficial.

A nascente de calha entulhada denominada de “Praia”, situada a 7 metros de altitude, tem como área de recarga toda a bacia de 5,2 ha, pois existem mecanismos locais de afloramento da água, mas a captação e transmissão da água provem da totalidade da bacia.

As nascentes de encosta apresentam mecanismos hidrológicos que dependem de processos geomorfológicos que priorizam forças de retenção e garantem a regulação. As suas áreas de captação são diminutas, e totalmente dependentes dos processos hidrológicos locais, dentro de pequenos enclaves com funcionamento diferenciado.

Estas pequenas áreas se bem manejadas podem gerar um retorno hidrológico considerável para a bacia, os ecossistemas e para o abastecimento das comunidades, no que diz respeito ao ingresso das águas pluviais e manejo da vegetação. Para melhor caracterização das áreas responsáveis pela perenização destas nascentes, as áreas de captação foram espacializadas (ver Figura 05) e as informações morfométricas medidas (Tabela 02).

As áreas de captação das nascentes apresentaram uma área média de 2,0 ha, declividade média de 26,2%, altitude média de 191 m, e comprimento de rampa médio de 272 m. O comprimento de rampa no geral, também foi maior para as nascentes de calha.

Com relação à vegetação predominante nas áreas de captação, 19 áreas apresentaram trechos reflorestados, enquanto que apenas 6 áreas de captação possuem floresta nativa e 3 estão cobertas por bananeiras. Sendo assim, 69% das áreas de captação das nascentes encontram-se sob ação do PMR e do efeito de seus reflorestamentos, aumentando ainda mais a importância de se fazer uma caracterização das áreas a serem plantadas, principalmente nas zonas de captação das nascentes.

Os parâmetros que se mostraram significativos para as áreas de captação de cada tipo de nascente, foram área e comprimento de rampa (Tabela 03).

A localização das nascentes em relação à altitude (Figura 07), evidenciou que os trechos mais altos, superior a 200 m.s.n.m., foram os que permitiram maior formação de nascentes. As 7 nascentes abaixo de 100 m.s.n.m. (n=7) tiveram na trilha ou no refluxo das marés seus mecanismos de formação. As nascentes localizadas entre as cotas 140 e 250 m.s.n.m. (n=21) foram as que mais dependeram das condições do meio, tanto para aumentar a captação, como principalmente, para aumentar os efeitos de regulação/perenização.

Um gradiente altitudinal acentuado pode representar aumento de umidade por redução de evapotranspiração, uma vez que ocorre redução da temperatura em cerca de 0,6° C a cada 100 m de elevação. Modificando a temperatura, há alteração na condensação da água e aumento da chuva efetiva (VIANELLO e ALVES, 2002). Em Barra de Guaratiba, a altitude máxima é de 345 m, a diferença de temperatura pode chegar a 1,2°C, que para determinação de processos microclimáticos pode ser relevante. Porém, a encosta está localizada muito

próximo ao mar e com altitude máxima de apenas 345 m, sendo a incidência das influências marítimas forte, mascarando os efeitos desta variação altitudinal.

Tabela 02: Dados morfométricos e de vegetação das áreas de captação das nascentes de Barra de Guaratiba, RJ.

Nascentes	Área ha	Decliv média (%)	Altit média (m)	Rampa (m)	Vegetação	Orientação
Figueira	4,90	23,1	139,8	347,5	Nativa/Reflorestamento	Sudeste
Lado praia	0,60	23,4	71,5	367,3	Nativa	Leste
Praia	5,20	26,4	106,7	437,6	Nativa	Sudeste
Nascente	2,70	27,7	60,0	254,8	Reflorestamento	Sudeste
Beija-Flor	0,60	36,0	260,9	161,5	Nativa/Reflorestamento	Sudeste
Caminho Beija-Flor	0,60	37,3	254,6	185,7	Nativa/Reflorestamento	Sul
Magda	0,60	37,4	264,3	163,6	Nativa/Reflorestamento	Sul
Barr. Aband. Magda	0,60	18,6	264,3	165,0	Nativa/Reflorestamento	Sul
Poço Parlon Siqueira	0,80	13,4	255,9	175,8	Reflorestamento	Sudoeste
Neuza	1,40	28,9	278,2	213,8	Reflorestamento	Noroeste
Badica	0,10	24,3	235,9	49,0	Reflorestamento	Oeste
Urubu	0,20	22,3	231,1	80,4	Bananeiras	Noroeste
Monise	0,03	26,4	230,0	27,4	Reflorestamento	Oeste
Salvador	2,90	26,8	271,7	363,3	Reflorestamento	Noroeste
Souza Bananeira	0,10	23,9	195,2	94,3	Bananeiras	Oeste
Souza Captação	4,20	29,2	252,1	216,0	Nativa	Oeste
Cam. Praia do Meio	2,40	21,8	227,6	314,8	Reflorestamento	Leste
Pedra Grande (PM)	3,70	26,7	150,8	642,3	Nativa	Leste
Gringo	2,00	24,7	140,6	295,8	Bananeiras	Sudeste
Comprida	2,10	26,1	138,8	307,0	Bananeiras	Sudeste
Casa Abandonada	0,20	11,6	205,1	81,0	Nativa	Sudeste
Barrag. abandonada	0,50	18,6	206,8	480,6	Reflorestamento	Leste
Cume	5,90	18,3	201,1	420,4	Nativa/Reflorestamento	Leste
Perigoso 1	2,20	30,7	161,9	362,8	Reflorestamento	Sudeste
Perigoso 2	5,90	33,9	221,3	426	Reflorestamento	Sudeste
Perigoso 3	3,00	32,4	141,8	317,4	Nativa/Reflorestamento	Sul
Perigoso 4	0,70	29,8	88,5	337,6	Nativa	Sudoeste
Perigoso 5	1,50	34,4	108,5	334,8	Reflorestamento	Leste

Tabela 03: Dados médios para as áreas de captação de cada tipo de nascente, Barra de Guaratiba, RJ

Tipo de nascente	Quant. (n)	Área (ha)	Declividade média (%)	Altitude média (m)	Rampa média (m)
Calha	24	2,27± 1,8	27,4 ± 5,8	184,92± 69	303,7± 170,3
Encosta	3	0,1± 0,1	20,8± 8	223,7± 16,3	52± 27
Poço	1	0,8	13,4	255,9	175,8

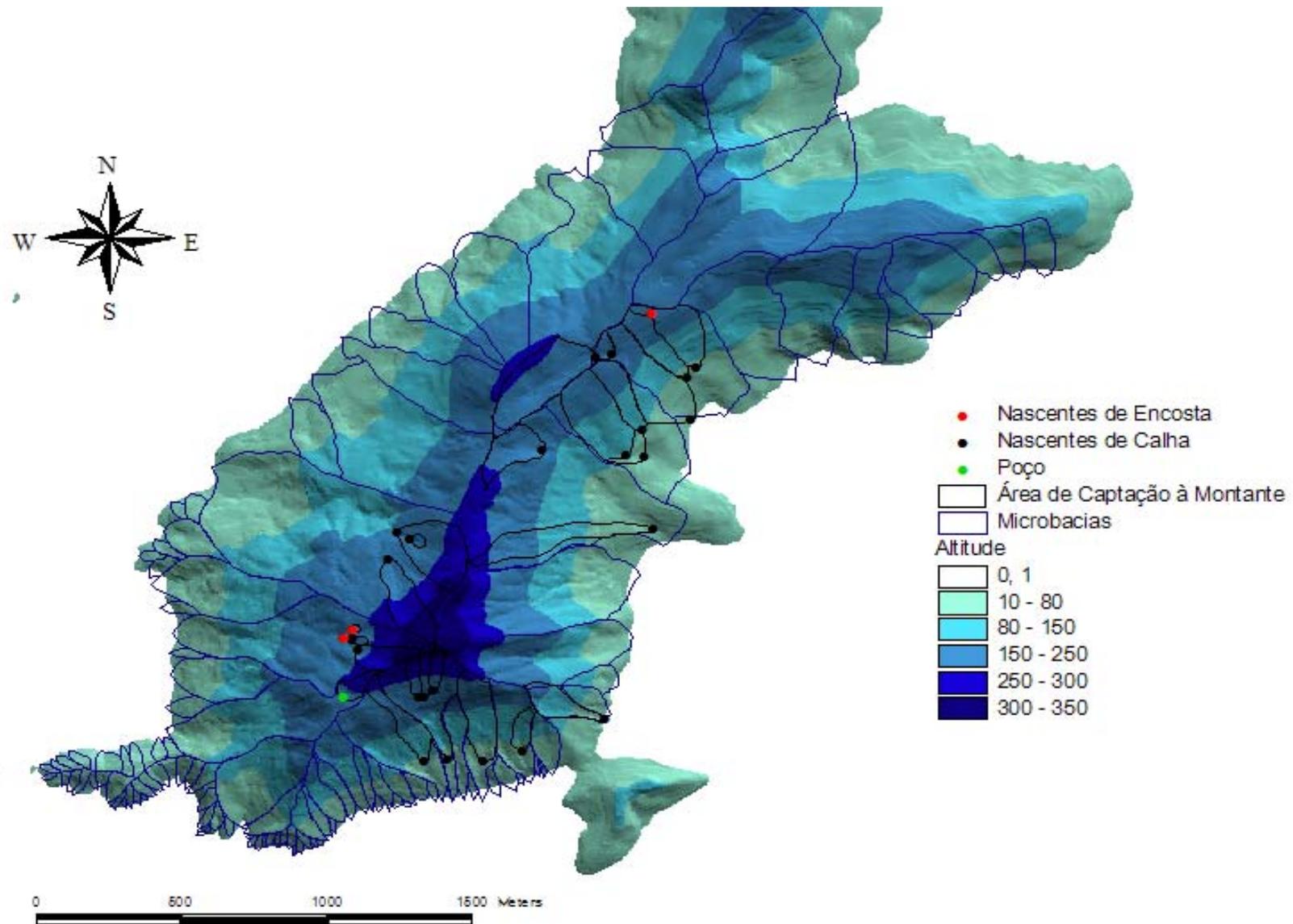


Figura 07: Altitudes das nascentes nas encostas das microbacias de Barra de Guaratiba, RJ.

A declividade das áreas de captação das nascentes evidenciou que apenas 6 apresentam declividade maiores que 30° (Figura 08). As 22 outras áreas possuem declividades entre 0 e 30°, tendência esta também registrada na região do sul de Minas Gerais, em microbacias com declividade variando de 6 a 40 % (PINTO et al., 2004). Estes dados corroboram com a idéia de que em microbacias instáveis locais específicos da paisagem (neste caso locais menos declivosos) são responsáveis pelo armazenamento e disponibilização de água para as nascentes.

A topografia das áreas de captação condiciona os processos de deposição/carreamento de sedimentos nas calhas menos íngremes, permitem o acúmulo de sedimentos finos em períodos de chuvas de baixa intensidade e arraste em períodos de chuvas de alta intensidade, que podem obstruir e/ou desobstruir a livre circulação da água, constituindo controles estruturais. Locais menos declivosos nos talvegues permitem a acomodação de pedras e matacões, que formam controles estruturais no terreno que podem levar ao acúmulo de água como descrito para as nascentes de calha. Geralmente o afloramento da água se dá no final das zonas de acúmulo.

A orientação das áreas de captação das nascentes teve resultados similares aos dados para as microbacias. No total, 21 das 28 nascentes estão localizadas nas vertentes voltadas para o sul, onde a maioria tem a orientação sudeste (11), e sul (7) (Figura 09). Apesar da maior resiliência destas encostas, a orientação por si só não determina o surgimento das nascentes, apenas gera condições mais propícias à manutenção da água por mais tempo dentro do ecossistema. Para as microbacias instáveis os fatores topográficos são condicionantes hidrológicos e devem ser melhor trabalhados para o entendimento do funcionamento hidrológico destas bacias.

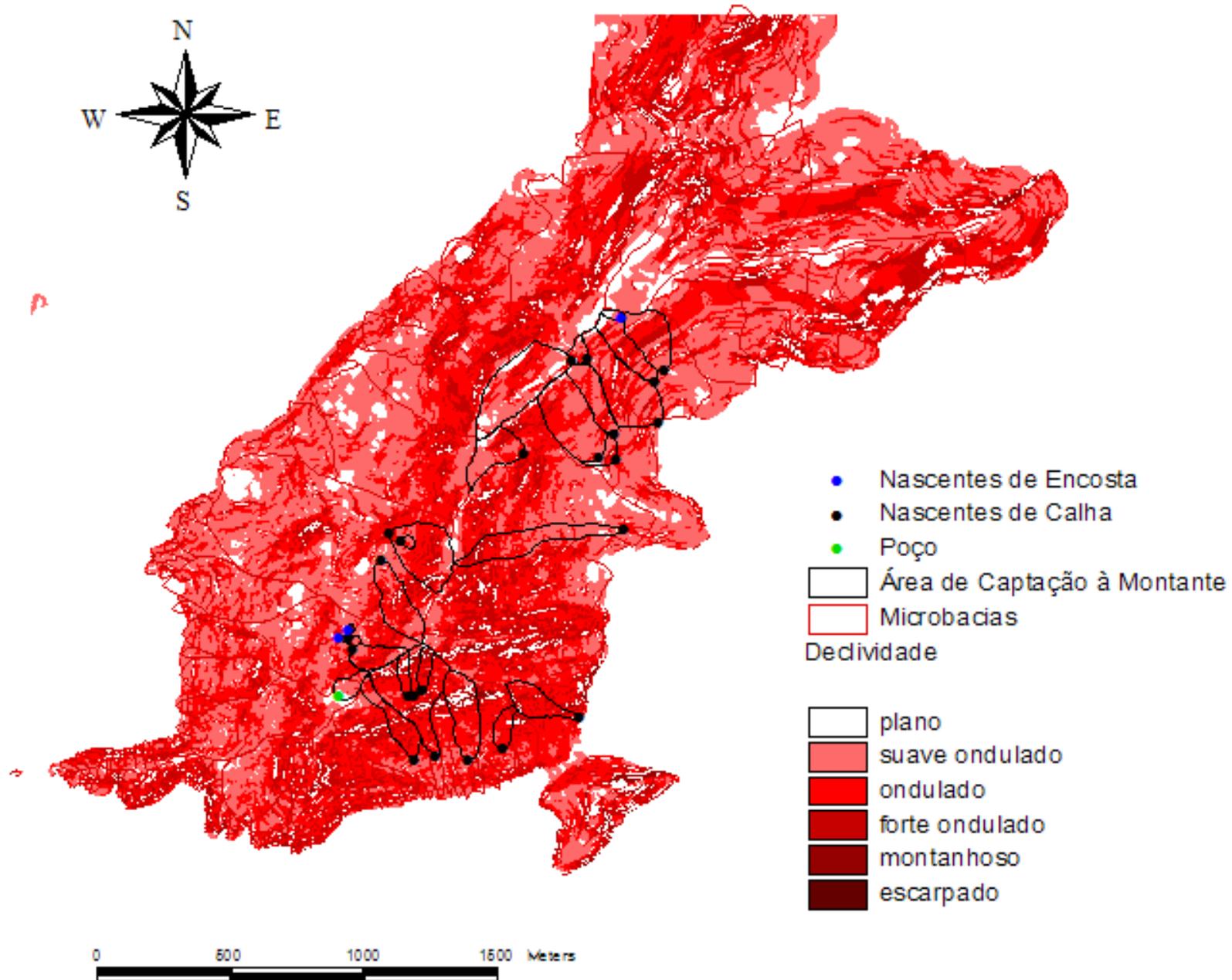


Figura 08: Declividade das microbasias nas encostas de Barra de Guaratiba, RJ.

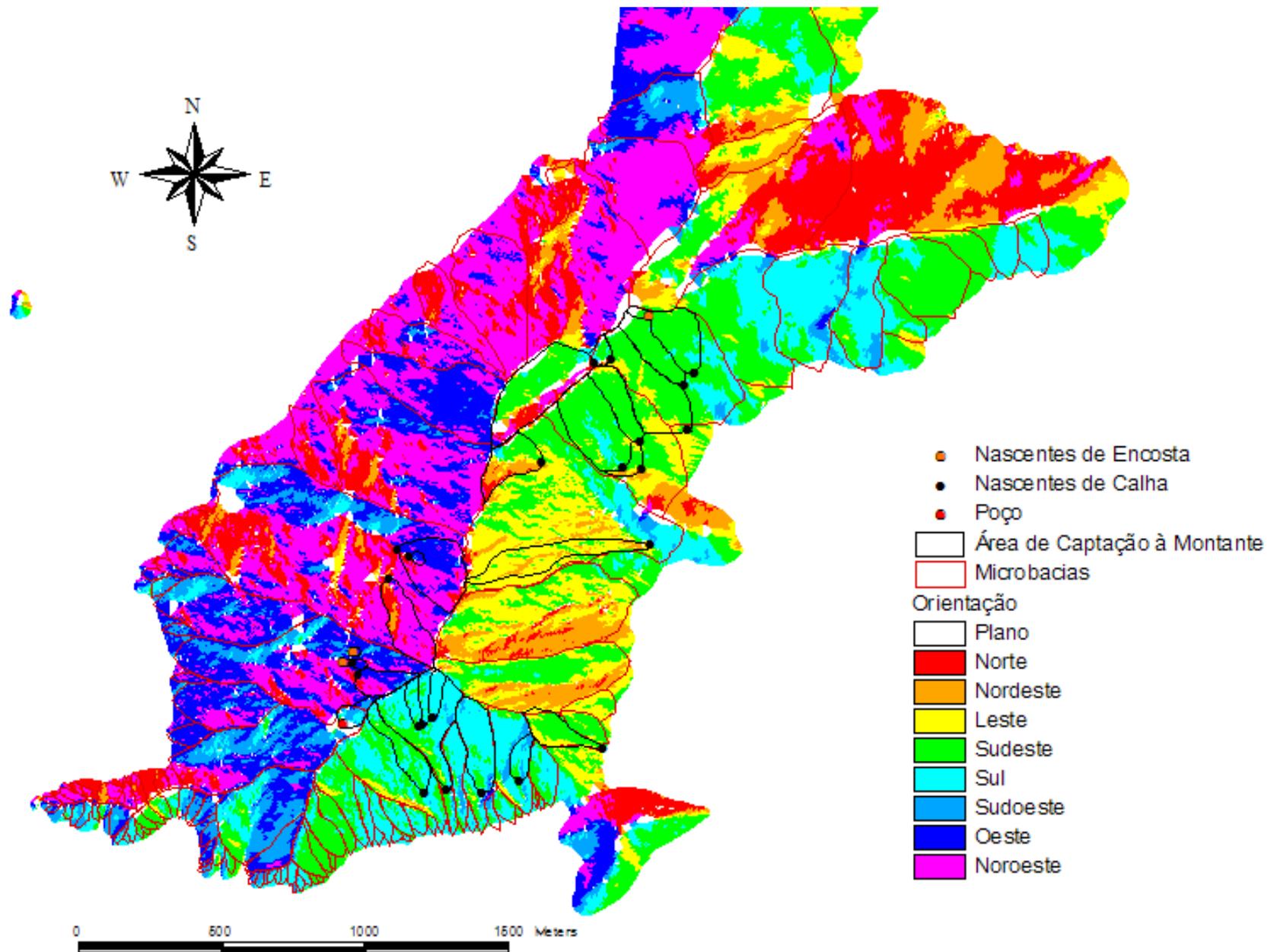


Figura 09: Localização das nascentes em relação à orientação das encostas em Barra de Guaratiba, RJ.

4 Conclusões

- Os fatores morfométricos das microbacias indicaram baixa capacidade de armazenamento da água, sugerindo que a mesma se dê em pontos específicos da encosta com características propícias ao armazenamento;
- Existem 28 nascentes perenes em 11 das 88 microbacias instáveis da região;
- Das 28 nascentes, 11 encontram-se em seis microbacias e são responsáveis por abastecer cerca de 150 famílias, cujo consumo estimado remonta a um volume de 168 m³/dia;
- A área de captação que abastecem as nascentes perenes totalizam 18,5 ha, ou 13 % da área total das microbacias;
- A presença de nascentes se deve a parâmetros geomorfológicos específicos que garantem o armazenamento da água nas microbacias, eles determinaram a identificação e descrição de três tipos de nascentes: a) *Calha entulhada* com 24 unidades; b) *Encosta* com 3 unidades; e c) *Poço* com 1 unidade;
- O maior número de nascentes (21) nas vertentes voltadas para o Sul, Sudeste e Leste, sugerem que o fator orientação propiciou melhores condições de umidade para estas vertentes, tornando-as mais resilientes, auxiliando nos processos de formação das nascentes;
- A declividade das áreas de captação teve forte influência na formação das nascentes de *calha entulhada*, determinando os principais pontos de acúmulo de sedimentos no talvegue, formando áreas de redução do fluxo subsuperficial e acúmulo de água, gerando o afloramento do lençol freático e formação da nascente.

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE

Resumo

CAPÍTULO II – Caracterização hidrológica da nascente

Neste capítulo foi feita a caracterização de uma nascente de *encosta* perene, situada numa microbacia com 16,4 ha, declividade média de 26,4%, orientação predominante Oeste, área de influência direta de 0,03 ha, situada entre 221 e 237 m. A base cartográfica foi montada com estação total modelo ELTAR R 3305 e gps Ashtech Promark II com os quais foram obtidas curvas de nível de 0,5m. Os parâmetros edáficos de umidade e textura do solo foram levantados segundo os métodos gravimétricos e de pipetas respectivamente. A regeneração espontânea foi definida em 6 parcelas amostrais onde se levantou todos os indivíduos maiores que 10 cm e em três linhas de amostragem estabelecidas a partir do ponto de afloramento da nascente. A capacidade de recarga média da nascente foi de 147 l/dia, sendo a vazão mínima nas épocas de seca de 5,00 l/h (Abril/2007) e máxima na época de chuva de 7,32 l/h (Novembro/2007). A área próxima a nascente (menos de 5 m), apresenta níveis de saturação de umidade descontínuos, sendo que predomina textura arenosa garantindo a permeabilidade. Os pontos de maior umidade encontraram-se distribuídos de forma fragmentada dentro da AID e foram indicados com eficiência pelas espécies higrófilas, como a *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica*. O ponto de maior umidade dentro da AID se deu a 17 metros de distância e desnível de oito metros da nascente, sinalizando que existem vários controles estruturais que acumulam água. Nestes locais o índice de Shannon da regeneração chegou a 4,7 e a umidade do solo máxima amostrada foi de 90,6% na época de chuva e 47,9% na seca. Não existe adensamento até profundidade média de 12 cm, chegando a 20 cm em alguns pontos. Estas zonas captam 100% das chuvas abastecendo as camadas menos permeáveis, onde predominam as forças que garantem a retenção dos excedentes que vão garantir a perenização da nascente. No entanto, em algumas áreas o adensamento do solo se deu desde a camada superficial, a 3 cm de profundidade, mostrando que a zona de saturação de água, pode ocupar amplitudes diferentes no perfil do solo. Concluiu-se que os parâmetros texturais do solo foram relevantes na determinação dos fluxos hidrológicos predominantes. As espécies consideradas higrófilas foram importantes indicadoras das zonas de abastecimento e recarga da nascente.

Palavras chave: Lençol freático, toposequência, processos hidrológicos.

Abstract

CHAPTER II – A spring hydrological characterization

In this chapter it was characterized a perennial *encosta* spring, situated at a small catchment of 16,4 ha, mean declivity of 26,4%, West predominant orientation, direct influence area of 0,03 ha, located between 221 and 237 meters high. Cartographic basis were achieved with Total Station model ELTAR R 3305 and gps Ashtech Pro Mark II, which provided curve levels at each 0,5 m. Edaphic parameters as soil humidity and texture were surveyed respectively by gravimetric and pipet methodology. Spontaneous regeneration was measured on 6 plots where all individuals higher than 10 cm were measured and also on three surveying lines established from water emerging point to the topographic divisor. Mean recharge capacity for the spring was 5,00 l/h on dry season (April/ 2007) and reached maximum value on rainy season with 7,32 l/h (November/ 2007). The area near the spring (less than 5 meters) presented discontinuous saturation levels, with predominance of sandy texture which guarantee permeability. Points with greater humidity were displaced spread inside AID and were efficiently indicated by hygrophilous plants as *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica*. The area with higher humidity levels were located 17 meters distant from spring and on a topographic high difference of 8 meters, indicating that are some structural controls that accumulates water. At this places Shannon index achieved 4,7 and maximum humidity level was of 90,6 % on rainy period and 47,9 % at dry period. The soil has low density at the depth of 12 cm in the hollow area, achieving 20 cm at some points. This zones capture 100% of rain, filling up with water the less permeable layers, where it predominates the forces that retain surplus of water which will guarantee a perennial spring. At some points a more dense soil occurred at the surface, at 3 cm depth, showing that saturation zones can be displaced at different soil depths in the soil profile. We conclude that textural parameters were relevant on determining predominant hydrologic fluxes. Hygrophilous species were important indicators of the springs recharge and supply zones.

Key words: water bed, toposequence, hydrological process.

1 Introdução

A água no ciclo hidrológico encontra-se em permanente movimento, passando da atmosfera para a litosfera através dos sub-sistemas vegetação – solo das encostas de microbacias e desembocando nos rios até chegar aos oceanos. É nesta fase que o homem pode induzir um retardo na velocidade de escoamento (manejo) em direção ao mar, influenciando nas interações entre os sub-sistemas solo-água-plantas, através de diferentes tipos de atividades.

A caracterização do meio físico das microbacias, principalmente das partes que influenciam as áreas de recarga do lençol freático visando à manutenção da água nas microbacias, são condições básicas para o sucesso do manejo e conservação dos recursos hídricos (LIMA, 1986). O uso adequado da terra e medidas conservacionistas do solo nas áreas de recarga aumentam a interceptação das águas das chuvas, reduzindo o escoamento superficial, aumentando a infiltração e recarga do lençol freático que é responsável pela alimentação das nascentes (PINTO et al., 2004).

Em microbacias estáveis com solos homogêneos e bem estruturados a infiltração e armazenagem de água seguem padrão hidrológico orientado pelas vocações de cada uma das zonas hidrogenéticas. Estas zonas funcionam na captação/recarga, transmissão/erosão e afloramento/reforço de umidade (VALCARCEL, 2003).

Nos ecossistemas instáveis, as altas declividades, baixa profundidade de solo, presença de afloramentos rochosos e matacões, conferem uma baixa capacidade de armazenagem de água nas encostas. Mesmo assim, na região de Barra de Guaratiba observou-se 28 nascentes perenes em 88 microbacias instáveis (Capítulo I), onde as nascentes foram enquadradas em 3 tipos: a) as originadas a partir reservatórios oriundos das calhas entulhadas sobre remansos do talvegue; b) as oriundas de retirada direta do lençol freático (poços); e c) as oriundas de lençol freático superficial (de encosta).

Nas nascentes de encosta, o movimento da água pelo solo é controlado pela força de atração das moléculas e tensão superficial. A tensão superficial tem efeito nos poros pequenos, nos quais a água fica fortemente adsorvida (água higroscópica). Quando a água sofre ação da tensão superficial e se movimenta lentamente é chamada de capilar e quando está livre nos poros maiores e, portanto movimenta-se livremente e com mais velocidade, é denominada de gravitacional (HEWLETT & NUTTER, 1969; LIMA, 1986; KARMAN, 2001).

A textura e estrutura dos solos influem na forma como a água ingressa e se movimenta no perfil do solo. Os sedimentos argilosos, por exemplo, apesar de conterem muitos poros, possuem baixa permeabilidade. A permeabilidade está diretamente ligada ao tamanho dos poros (SILVA et al., 2003). Assim, um dos fatores que determinam a disponibilidade de água no subsolo não é a quantidade de água que eles armazenam, mas a capacidade de permitir que os fluxos se movimentem através dos poros (KARMAN, 2001).

Este capítulo levanta e analisa os parâmetros que conferem perenidade às nascentes de encosta em microbacias instáveis, onde a capacidade de armazenagem está condicionada ao comportamento dos fluxos em seus pequenos trechos hidrológicos.

2 Material e Métodos

A caracterização dos processos hidrológicos foi feita em uma nascente de encosta, localizada entre as altitudes de 222 a 237 m (Figura 01).

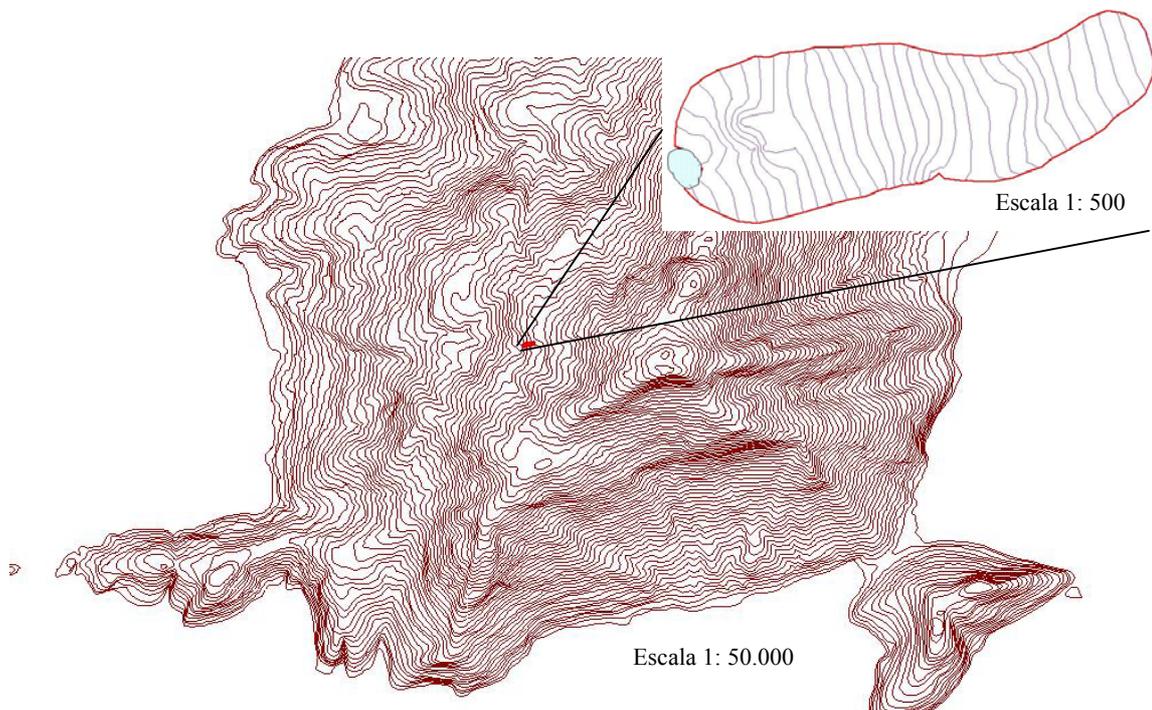


Figura 01: Localização da nascente de encosta utilizada para o levantamento dos processos hidrológicos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.

O levantamento topográfico da área de influência da nascente envolveu o uso de Estação Total modelo ELTA R 3305 e GPS Ashtech Promark II à partir dos quais se obteve levantamento detalhado (escala 1: 500) com curvas de nível a cada 0,5 m.

A área de influência direta (AID) da nascente corresponde a um trecho da microbacia hidrográfica situado na encosta, fora da calha de drenagem principal, que influi diretamente na captação, transmissão, armazenamento da água e afloramento da nascente. Nesta área o lençol freático tem todos os processos hidrogeológicos condicionados pelos seguintes fatores: estrutura e textura do solo, teor de matéria orgânica, quantidade de raízes finas, presença de pedras, declividade, alternância da topografia e exposição. Estes fatores determinam a presença de nascentes em encostas (HEWLETT e NUTTER, 1969; WINTER, 1976; LIMA, 1986) e o tamanho de sua AID que no caso da nascente de encosta estudada é de 0,03 ha.

Já para as nascentes de calha entulhada, a área de captação é 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. Estas áreas de captação foram consideradas Áreas de Influência Indireta (AII) e possuem uma área relativamente maior quando comparadas as AID (Figura 02).

O manejo das AID pode representar benefícios hidrológicos substanciais para as bacias hidrográficas, pois possibilitam a oferta perene de água nas nascentes das encostas. Por processos hidrológicos considerou-se os fluxos hídricos responsáveis pelo provimento de água dos mananciais (HEWLETT & NUTTER, 1969; TOEBES & OURYVAEV, 1970; LIMA, 1986).

As coletas foram realizadas a partir do olho d'água da nascente até o divisor topográfico da AID em três linhas amostrais (A, B e C) e seis parcelas de vegetação. Todas as pedras na superfície do terreno foram medidas e espacializadas assim como as árvores plantadas pelo PMR (Figura 03).

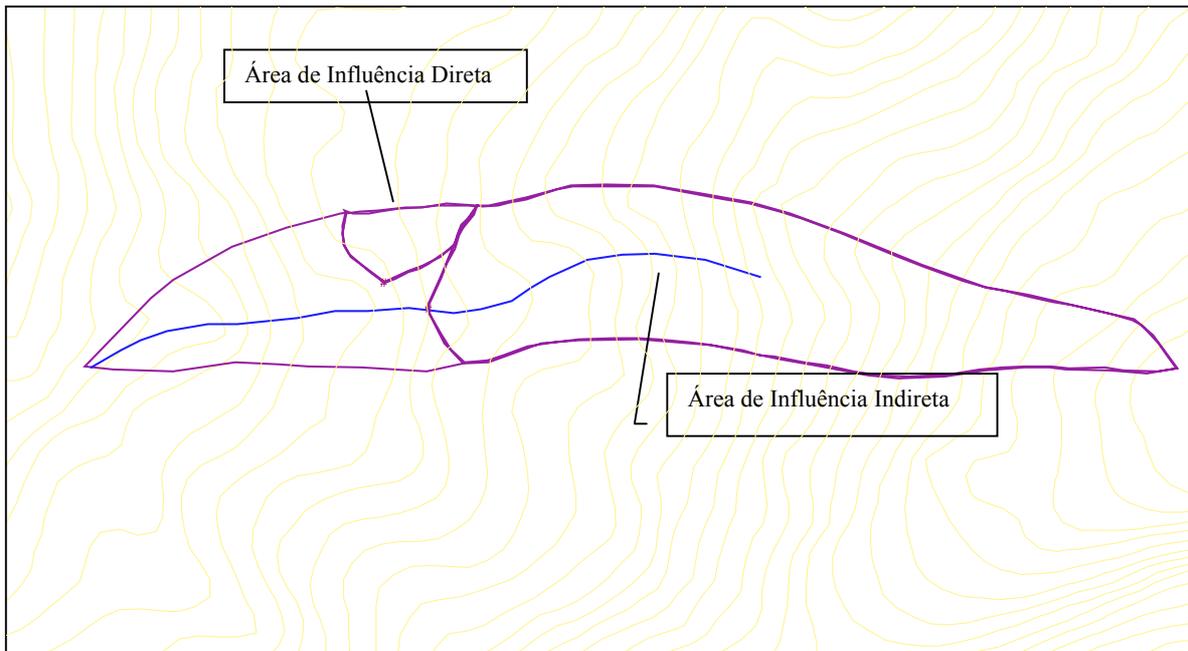


Figura 02: Zoneamento das Áreas de Influência Direta e Indireta de nascentes.

2.1 Meio Edáfico

A umidade do solo foi determinada a partir de método gravimétrico, onde as amostras foram retiradas com trado de rosca nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm nas três linhas amostrais (Figura 04), numa distância de 0,5 m nos primeiros cinco metros e de 1 m no restante da linha. As amostras foram prontamente pesadas em balança de precisão 0,01g (modelo Ohaus Compact Scales CS 200 da Ashworth), para a determinação de seu peso úmido (PU). Este material foi levado ao laboratório, seco em estufa a 105° C, até estabilização do peso pela ausência de umidade, determinando-se o peso seco (PS). Para determinar a umidade relativa foi utilizada a fórmula $100 \times \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{peso seco}}$ (NASCIMENTO, 1998).

Após o cálculo do teor de umidade, foi feita a análise textural utilizando tamisador automático (Agitador Bertel) 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 Método de Pipetas descrita no Manual da Embrapa (1979).

A resistência à penetração do solo foi realizada com penetrômetro de impacto, modelo IAA / Planalsucar- Stolf até a profundidade de 40 cm, distribuídas nas linhas de amostragens com equidistância de um metro.

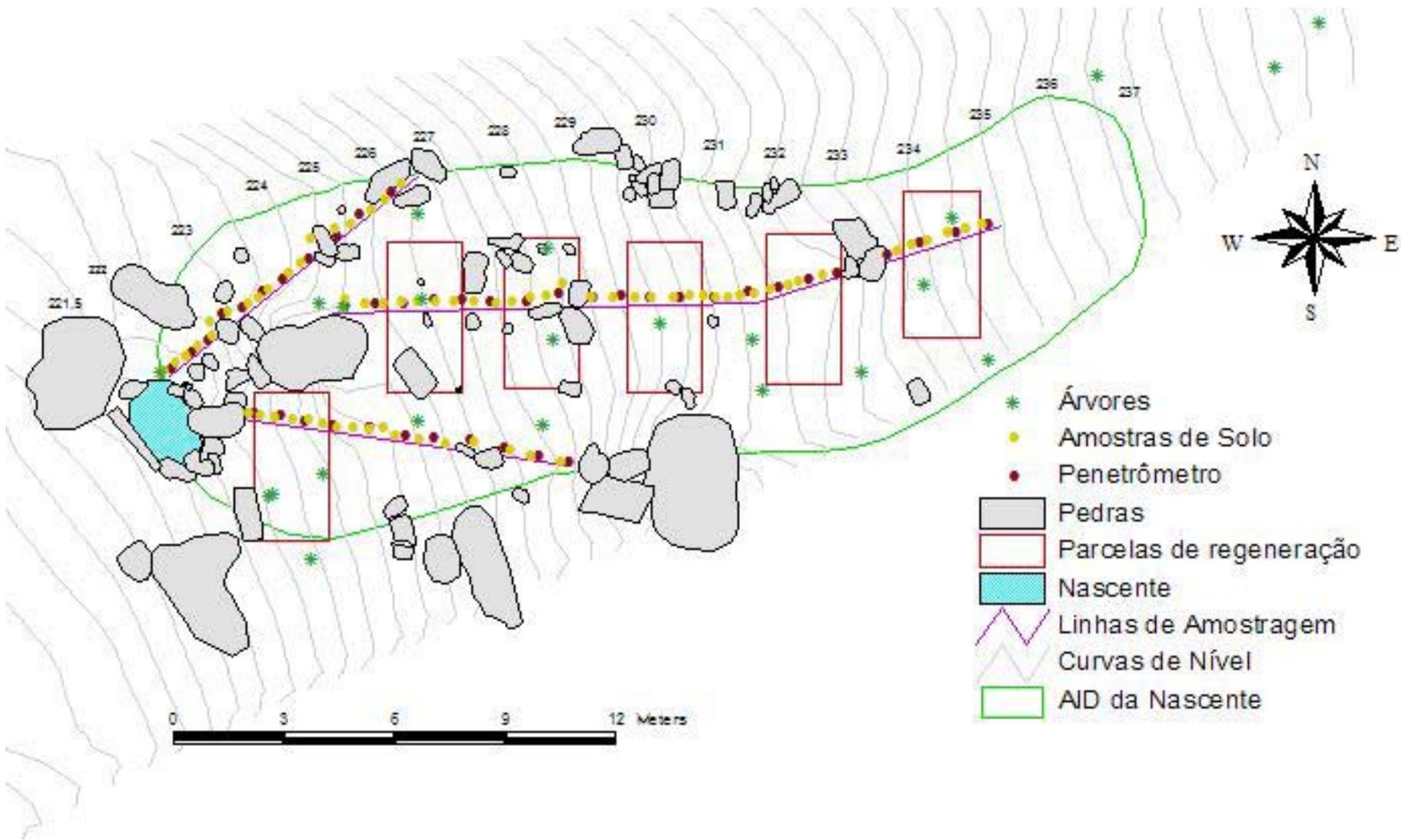


Figura 03: Levantamento das características ambientais da Área de Influência Direta de uma nascente de Encosta de Barra de Guaratiba, RJ.

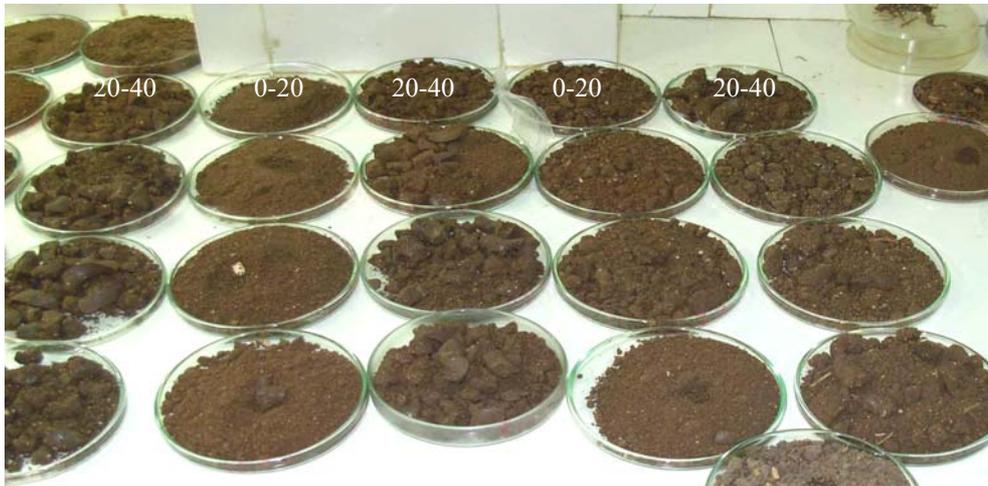


Figura 04: Amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 e 20-40 cm na linha B, evidenciando maior acúmulo de argila nas maiores profundidades, na AID da nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.

2.2 Vegetação

2.2.1 Regeneração espontânea

O levantamento da regeneração espontânea teve o intuito de avaliar o comportamento da vegetação de acordo com a oferta diferenciada de umidade dentro da AID da nascente, servindo como possíveis bioindicadores das zonas hidrogenéticas e do fluxo hídrico sub-superficial e escoamento básico.

Foram alocadas na AID seis parcelas de 4 x 2 m distanciando-se do ponto de afloramento da nascente para montante até o divisor de águas (ver Figura 3). Dentro destas parcelas foram medidos e contabilizados todos os indivíduos de regeneração espontânea maiores que 10 cm. Os levantamentos foram realizados nos períodos de Abril e Agosto de 2007. As espécies encontradas foram coletadas, secas em estufa e levadas para identificação junto ao herbário do Instituto de Biologia da UFRuralRJ (RBR) e com auxílio de literatura especializada.

Para fins comparativos da presença de vegetação regenerante com os parâmetros de umidade e textura do solo, foi realizado o levantamento da regeneração espontânea ao longo das mesmas linhas de amostragem utilizadas para coleta das amostras de solo. Nestas três linhas, a regeneração foi avaliada a cada 0,5 m onde foram anotados o código da espécie e o número de indivíduos presentes naquele ponto.

2.2.2 Cobertura de Copa

Segundo Greig-Smith (1983 *apud* MELO et al., 2007) a cobertura de copa é definida como “a proporção do solo ocupada pela projeção perpendicular da parte aérea dos indivíduos da população ou comunidade em análise”.

A cobertura de copa da AID foi medida em porcentagem utilizando-se um tripé, câmera Nikon Coolpix L1 e um quadrat de 0,5m². A máquina foi posicionada no tripé, com a lente virada para cima, a 1,5m do solo em 24 pontos escolhidos aleatoriamente dentro da AID. Nestes pontos o quadrat era segurado a uma mesma altura por cima da câmera digital que então disparava a foto. Cada fotografia teve a área do quadrat recortada, para homogeneização do tamanho da área de contagem dos pixels e foi transformada para preto e branco e salva no formato Bitmap (BMP), como exigido pelo programa que conta os pixels (Figura 05). Assim, utilizando-se o software Area Measure 2.1, obteve-se a % de cobertura média da vegetação que encobre a AID, correspondente ao número de pixels pretos (sombra)

e brancos (luz) da foto. Os dados foram apresentados em porcentagem de cobertura de copa por ponto.



Figura 05: Fotografia colorida e preto e branco usadas para avaliar a cobertura de copa na AID da nascente.

Como complemento foi feito também o levantamento silvicultural das espécies plantadas, que envolveu as seguintes variáveis: a) Diâmetro a Altura do Peito (DAP); b) diâmetro de copa (DC); c) altura total; e d) altura da primeira bifurcação.

2.3 Hidrologia

2.3.1 Curva Chave e Hidrograma

O esgotamento da nascente foi feito utilizando-se mangueira de 1 polegada, galões graduados de 20 litros (l) e uma trena plástica. Primeiramente a trena foi presa em uma haste e fixada no ponto mais profundo do olho d'água, para que as medidas de altura do afloramento do lençol freático pudessem ser feitas. Após marcação na trena da altura inicial, com um alfinete de cabeça colorido, a nascente começou a ser esvaziada pela mangueira sendo sua água captada nos galões de 20 l. A cada 20 l retirados era feita uma nova marcação com alfinete na trena plástica até seu esvaziamento total. A curva chave foi feita a partir do registro das alturas trena, sendo a relação da altura com o volume em litros (Figura 06).

Com a nascente totalmente vazia, iniciou-se o monitoramento de sua recarga, onde foi medido o tempo necessário para a água atingir cada marca de 20 l e retornar ao seu volume total inicial. Os hidrogramas foram construídos para cada situação de monitoramento, e representam a curva de volume recarregado por hora de enchimento, representando o potencial de recarga da nascente nas diferentes épocas do ano.



Figura 06: Determinação da curva chave da nascente de encosta de Barra de Guaratiba, RJ.

3 Resultados e Discussão

3.1. Hidrologia

Segundo observações visuais realizadas em 2006 e medições registradas em 2007 se constatou que a nascente de encosta, situada em uma microbacia instável de 16,3 ha, sendo dos quais 0,03 ha considerada AID, declividade 26,4 %, orientação Oeste, permaneceu perene durante os dois anos de acompanhamento, mesmo no inverno de 2006, onde houve períodos prolongados de seca.

O volume médio esgotado da nascente foi de 147 l em 1:20 h. Foram efetuadas 4 medições em cada mês avaliado (Abril, Setembro, Novembro e Dezembro) do ano de 2007, envolvendo períodos considerados de seca e de chuva.

Os tempos gastos para esvaziar a nascente foram proporcionais aos seus volumes esgotados, onde quanto maior o tempo, maior o volume esgotado e vice-versa. Em Abril os 119 l foram esgotados em 1:04 h, em Dez os 152 l em 1:20 h, em Setembro os 153 l em 1:22 h e em Novembro os 162 l em 1:37 h. Assumindo que este valor seja o volume máximo de água livre disponível no olho d'água da nascente, pode-se concluir que em 1:37 h de operação, o sistema hídrico que abastece esta nascente ainda é capaz de recarregá-la, simultaneamente ao esgotamento.

O tempo de esgotamento da nascente indicou sua capacidade de reposição de água a partir da armazenagem em sua encosta. Este tempo está relacionado à capacidade de recarga desta nascente, pois ao mesmo tempo em que a água é retirada, ela é reabastecida pelo lençol freático. Nos meses sem chuva, o lençol freático encontra-se menos abastecido e a água pode estar vindo de pontos mais distantes da nascente. No verão, o lençol freático está saturado e a água leva muito pouco tempo para reabastecer a nascente, sendo o fluxo contínuo, aumentando assim o tempo de esgotamento.

A média geral do tempo de recarga da nascente foi de 26 h. A vazão média da nascente foi de 5,00 litros/hora em Abril totalizando 24 h para atingir seu volume máximo inicial, 5,46 l/h em Setembro totalizando 28 h, 7,36 l/h em Novembro totalizando 22 h e 5,06 l/h em Dezembro totalizando 30 h. A diferença de 43 litros entre o volume mínimo da nascente em Abril e o máximo em Novembro, e a diferença na velocidade de recarga entre estes meses de 2,36 l/h, indicam que o volume de água disponível na AID foi diferenciado no mês de Novembro influenciando diretamente a velocidade de recarga (Figura 07).

O volume de recarga da nascente apresentou redução contínua no tempo sendo as primeiras quatro horas responsáveis pelo abastecimento de 25,2% do volume em Abril, 26,1% em Setembro, 23,5% em Novembro e 32,9% em Dezembro. No geral a nascente apresentou uma média constante de abastecimento com enchimento de cerca de 28 % do volume total a cada seis horas. O mês de Novembro apresentou padrão de recarga diferenciado, cuja média foi 50% (80 litros) do volume total nas primeiras 6 h e de 86% (140 litros) em 12 h. Estes volumes foram reduzindo com o tempo transcorrido, onde no período entre 16 e 22 h o volume médio recarregado foi de 9,3% do volume total, o que no hidrograma é representado pela maior horizontalidade da curva nas últimas horas de enchimento.

A quantidade de água disponível no sistema parece ser a principal característica determinante da velocidade de recarga da nascente, onde o efeito cumulativo das chuvas nos meses antecedentes determina o nível de saturação do lençol e taxa de água livre disponível. Em Novembro, não chovia há quinze dias e a vazão apresentou nível máximo, e a maior velocidade de recarga, provavelmente devido às grandes chuvas nos meses antecedentes. A falta de chuva, aliada a altas temperaturas, elevadas taxas de transpiração e evaporação, podem ter causado a diminuição do volume da nascente no mês de Abril.

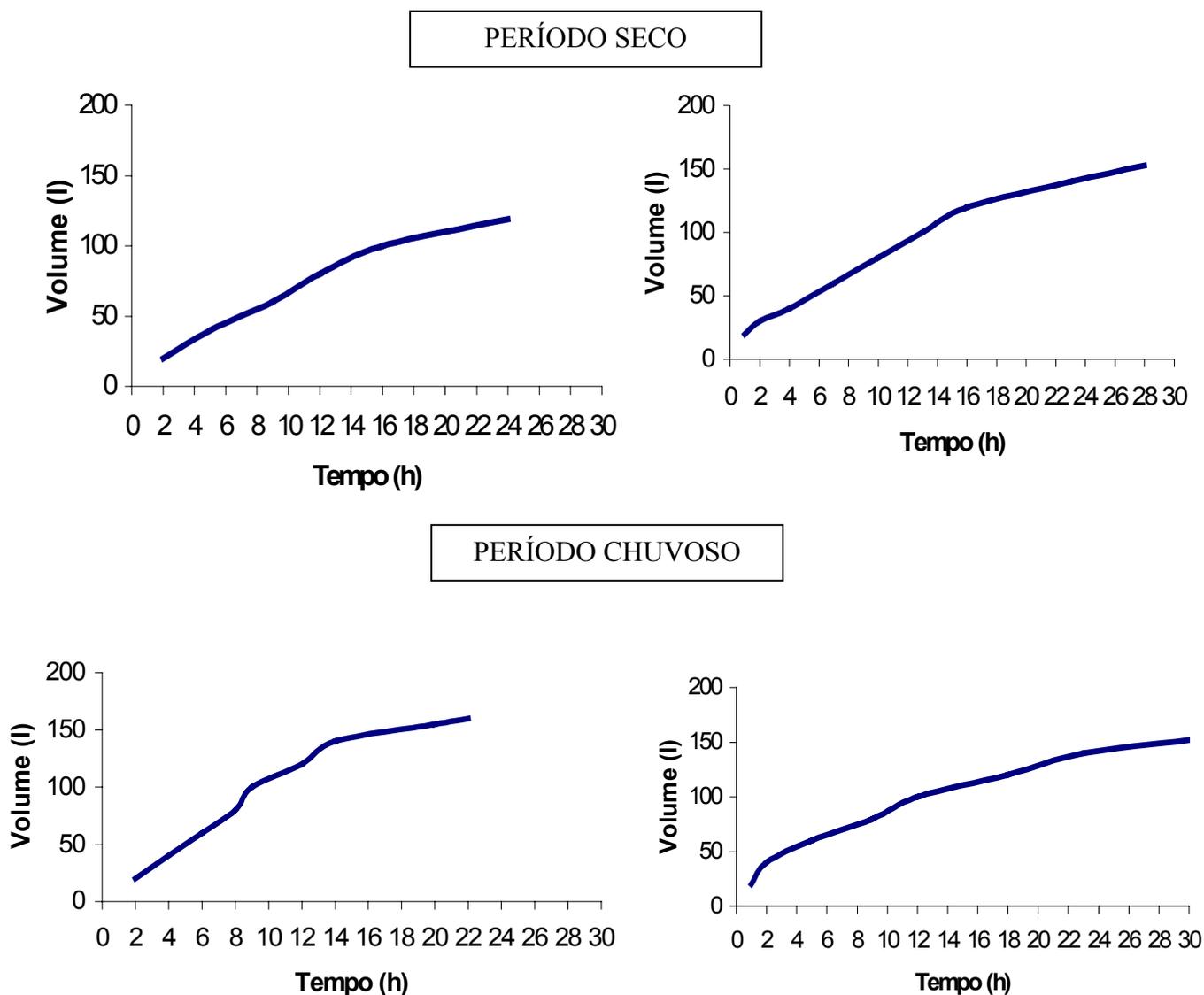


Figura: 07: Hidrograma de recarga da nascente de encosta em microbacias instáveis de Barra de Guaratiba, RJ.

Em uma microbacia estável, com solos profundos, forma de relevo homogêneo e declividades amenas, a estimativa da área necessária para recarregar as nascentes pode envolver a modelagem do tempo de escoamento da água da bacia - modelo de isócronas, que espacializa as áreas de recarga em função do tempo que a água que incide no solo leva para chegar ao exutório ou seção de controle estudada.

Em microbacias instáveis este comportamento é variável e depende da topografia, características edáficas e hidrológicas do ambiente, dificultando o estabelecimento de um padrão de recarga. No presente estudo, a microbacia instável com solo raso, altas declividades e baixa capacidade de armazenamento de água, contando com área de captação de 0,3 ha (AID da nascente estudada) provê deflúvio médio de 147 l, com água durante o ano todo.

Poderíamos ter uma estimativa do montante administrado pela AID da nascente considerando uma média anual de 1.500 mm, uma vazão média da nascente em 24 h de 131 litros, o deflúvio anual da nascente é de 47,7 m³, e uma perda por evapotranspiração de 3 m³,

o volume total, anual administrado pela AID é 4.500m³. Estes valores indicam que em microbacias instáveis áreas pequenas de captação podem prover água para uma nascente o ano todo.

O deflúvio anual da nascente porém, não representa o volume total de água disponível na AID. Parte da água do lençol freático aflora na nascente e parte passa por baixo ou pelas laterais do controle estrutural, encharcando também as áreas à jusante, formando uma área de movimento prioritário do fluxo da nascente, por onde há fuga de umidade (Figura 08).

3.2. Vegetação

A presença de vegetação higrófila em 30% da AID constitui evidência de regiões com maior umidade onde há variações de altura do lençol freático e maior umidade do solo. Neste caso pode-se assumir que a zona de afloramento de água da nascente encontra-se entre as cotas 222 e 227, alcançando maior largura na região próxima ao olho da nascente. Como a nascente é perene, havendo o contato permanente do lençol freático com o meio externo, esta região é a que apresenta maior frequência de umidade. No entanto, a presença de espécies higrófilas em outros pontos mais distantes do olho d'água indicam que há zonas de umidade distribuídas na AID (ver Figura 08).

A vegetação higrófila situada na AID tem função idêntica à das matas ciliares de margens de rios, contribuindo com as trocas de água da encosta com a calha, estabelecendo critérios naturais de administração de água nas bacias hidrográficas. Elas conferem estabilidade ao terreno para permitir movimentos de água de encharcamento nos períodos de chuvas intensas, retendo o maior volume de água dentro da AID. Nos períodos de estiagem o movimento de água é descendente, onde a água das zonas mais próximas são as primeiras a migrar para a nascente.

Os solos da região são bem estruturados e permitem que a água da chuva infiltre com facilidade, reduzindo o escoamento superficial. Nas visitas de campo, não se observou dentro da AID, nenhuma evidência de fluxos superficiais com força suficiente para causar formação de sulcos, carreamento de serrapilheira e/ou galhos. Estas evidências sugerem que a AID possui uma boa condição de drenagem e absorção das chuvas, que se acumulam em pontos com condições propícias denunciados pela vegetação.

Carvalho et al. (2005) encontraram uma forte relação entre a distribuição das espécies e as condições de drenagem e fertilidade do terreno, sendo a água um dos fatores determinantes da distribuição de espécies arbóreas em florestas ripárias do município de Três Marias, MG.

A espécie *Tibouchinia* sp (Melastomataceae) foi considerada como espécie-chave para indicação de regiões de maior umidade na AID da nascente. Na linha de amostragem "A" esta espécie ocorreu nos cinco primeiros metros de desnível onde há maior influência do lençol freático. Nas outras linhas ("B" e "C") esta espécie ocorreu apenas nos pontos de maior umidade.

Esta espécie pode ser utilizada como bioindicadoras de presença de umidade das zonas de afloramento das nascentes, pois elas constituem evidência de presença constante de alto teor de umidade na superfície no terreno. A identificação destas áreas pode ser ferramenta importante para aumentar a vocação destas áreas em armazenar e liberar água, aumentando a perenização das nascentes.

A variação das condições do sítio como clima, regimes de umidade e de nutrientes do solo define a amplitude ecológica de cada espécie. Esta amplitude quando bem conhecida, pode ser indicadora das características do sítio, de acordo com suas especificidades ecológicas. Estes conhecimentos se tornam premissa básica para se utilizar uma espécie como indicadora, sendo que, quanto menor for a amplitude de ocorrência da espécie, melhor indicadora ela será (WANG, 2000).

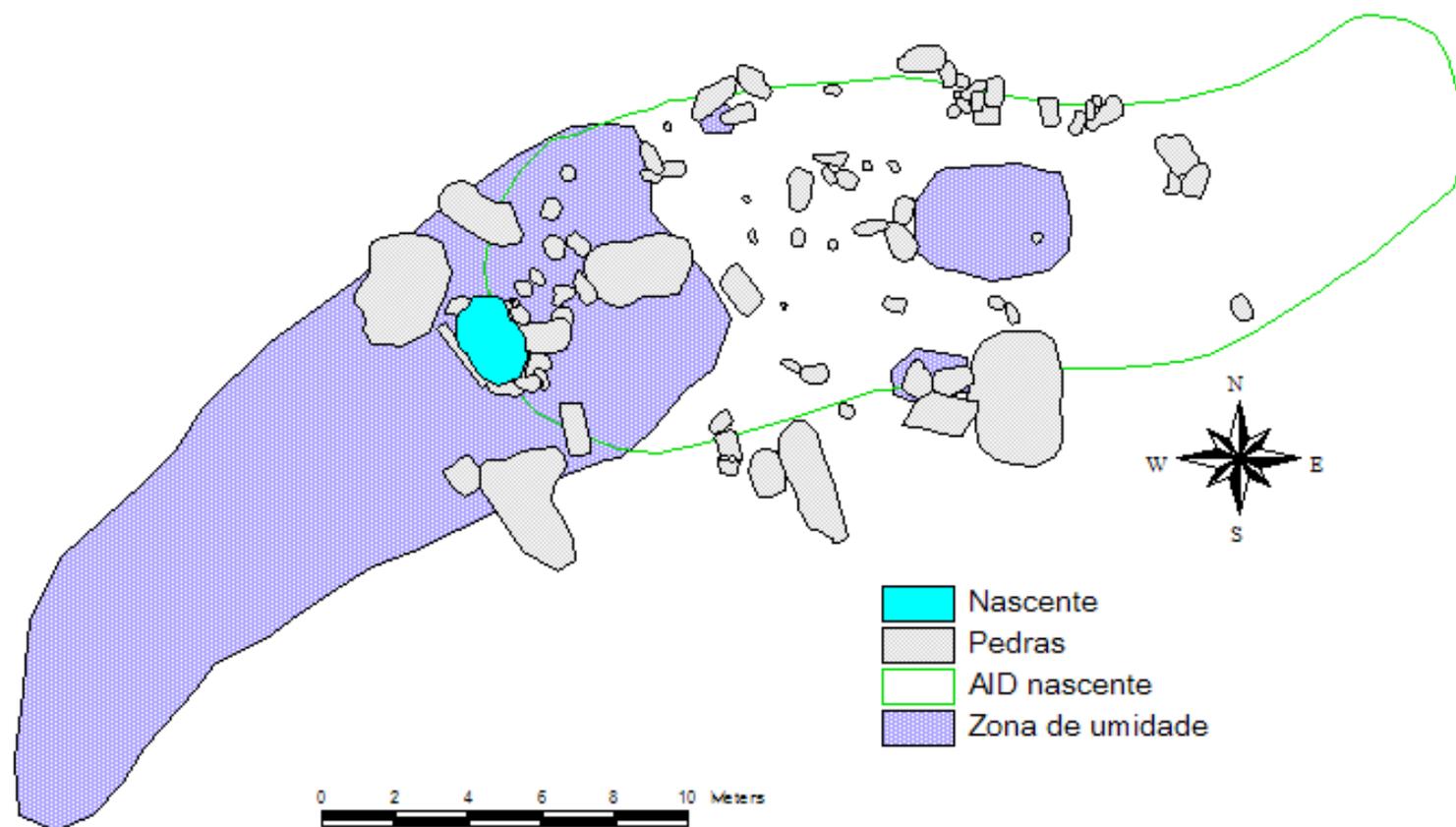


Figura 08: Área com diferencial de umidade devido à fuga lateral, onde vegetação higrófila se distribui.

A utilização da vegetação de sub-bosque na classificação dos regimes de umidade e nutrientes do solo vem sendo utilizada com sucesso e sugere que a utilização das plantas como indicadores das características do solo é uma alternativa de manejo viável (WANG, 2000).

Em Barra de Guaratiba, outras espécies também foram consideradas indicadoras de umidade para a AID da nascente em Barra de Guaratiba, são elas: *Curcuma domestica* (Zingiberaceae), *Calathea* sp. (Marathaceae), *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanonii* (Commelinaceae), *Centella asiatica* (Umbelliferae) (Anexo 4).

O levantamento da regeneração espontânea nas linhas de amostragem indicou que a presença destas espécies higrófilas se deu de forma fragmentada na AID, indicando que as zonas de umidade na AID não estão uniformemente distribuída no terreno, havendo além do gradiente de umidade em relação ao olho d'água, pontos de maior umidade distribuídos distantes da nascente.

Nas bacias instáveis estas zonas de umidade que abastecem os mananciais podem estar ligadas a outros fatores de controle. Segundo Rodrigues e Sheperd (2000) o mosaico vegetacional formado nas zonas ripárias dependem da diferenciação da umidade onde a topografia e os elementos físicos do solo são fatores determinantes. A vegetação ciliar tem sido freqüentemente relacionada a fatores como topografia, erosão, transporte e deposição de sedimentos, havendo um ajuste recíproco entre processos hidrogeomórficos, topografia e vegetação (STEIGER et al., 2005) denominado por Corenblit et al. (2007) como biogeomorfologia.

Nas microbacias instáveis, este ajuste da vegetação às características topográficas, se torna fundamental para a regulação hidrológica nas zonas de reforço de umidade espalhadas na paisagem. Segundo Zakia (1998) a vegetação ciliar é condição fundamental para a manutenção dos processos hidrológicos contribuindo para o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia e aumento da vazão na estação seca do ano (ELMORE & BRESCHTA, 1987).

Outros fatores que influem indiretamente na distribuição das espécies é o tipo de nascente, o grau de preservação da mesma e da vegetação do entorno, definida em função da posição no relevo e do tipo de solo (BOTELHO & DAVIDE, 2002).

O levantamento da regeneração nas parcelas de amostragem encontrou em 50 m², nas seis parcelas amostrais, 458 indivíduos de 91 espécies, pertencentes a pelo menos 35 famílias e 77 gêneros (Tabela 01).

As famílias com maiores números de representantes foram Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae, Solanaceae e Commelinaceae com 11, 7, 5, 5, 4 e 3 espécies respectivamente.

As espécies mais freqüentes foram para as herbáceas e arbustivas, *Anemia* sp., *Spermacoce verticillata*, *Psychotria* sp., *Panicum maximum*, *Piper aduncum*, *Aciotis purpurascens*, Morfoespécie 25 e para as arbóreas, *Psidium guajava*, *Guarea guidonea*, *Inga sessilis*, *Nectandra* sp., *Alchornea triplinervia* e *Schinopisis* sp., que apareceram em pelo menos quatro das seis parcelas amostradas estando bem distribuídas na AID. Dentre estas espécies arbóreas a *Nectandra* sp. e *I. sessilis* foram as mais abundantes. A grande abundância dos indivíduos de *I. sessilis*, no entanto, está relacionado à época de amostragem pois a espécie havia acabado de frutificar e suas plântulas estavam recém germinadas. A parcela 2 foi a que obteve maior abundância de *I. sessilis* com 52 indivíduos que resistiram ao período de seca, pois permaneceram no ambiente até a amostragem de inverno em Agosto. O índice de Diversidade de Shannon indicou maior diversidade de espécies nas parcelas 4 e 5 (Figura 09).

Tabela 01: Lista das espécies da Área de Influência Direta de nascente, nas parcelas amostradas (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) em Barra de Guaratiba, RJ.

Nome científico	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Família	Porte
<i>Aciotis purpurascens</i> (Aubl.) Triana	x		x	x	x	x	Melastomataceae	H
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng) Mull. Arg.		x		x	x	x	Euphorbiaceae	A
<i>Anemia</i> sp.		x	x	x	x	x	Schizaceae	H
<i>Artocarpus integrifolia</i> L.f.		x					Moraceae	A
<i>Aspilia montevidensis</i> (Spreng.) Kuntze	x						Asteraceae	H
<i>Bauhinia purpurea</i> L.		x	x				Fabaceae	A
<i>Blechnum occidentale</i>	x						Blechnaceae	H
<i>Bombacopsis glabra</i> (Pasq.) A. Robyns	x	x					Bombacaceae	A
<i>Calathea</i> sp.			x	x			Marantaceae	H
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul			x				Cecropiaceae	A
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.		x	x	x			Umbelliferae	H
<i>Chaptalia interregima</i> (Vell) Burkart		x				x	Asteraceae	H
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	x		x		x	x	Commelinaceae	H
<i>Commelina</i> sp.					x		Commelinaceae	H
<i>Croton urucurana</i> Baill.		x				x	Euphorbiaceae	A
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.							Sapindaceae	A
<i>Curcuma domestica</i> Valenton	x						Zingiberaceae	H
<i>Cyperus</i> sp.						x	Cyperaceae	H
<i>Dalechampia scandens</i> L.		x	x			x	Euphorbiaceae	T
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.					x	x	Fabaceae	T
<i>Desmodium incanum</i> DC.					x	x	Fabaceae	T
<i>Dryopteris</i> sp		x		x			Dryopteridaceae	H
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) Dc.	x						Asteraceae	H
<i>Eugenia jambolana</i>					x		Myrtaceae	A
<i>Eugenia uniflora</i> L.					x	x	Myrtaceae	A
<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.		x		x			Asteraceae	H
<i>Eupatorium maximilianii</i> Schrad.		x					Asteraceae	H
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera							Asteraceae	A
<i>Guarea guidonea</i>		x	x	x		x	Meliaceae	A
<i>Hypoxis decumbens</i> L.				x			Cyperaceae	H
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	x	x	x	x		x	Fabaceae	A
<i>Lantana camara</i> L.				x		x	Verbenaceae	AR
<i>Macherium aculeatum</i> Raddi					x	x	Fabaceae	A
<i>Miconia prasina</i>						x	Melastomataceae	A
<i>Miconia</i> sp	x				x		Melastomataceae	AR
<i>Mimosa</i> sp						x	Fabaceae	T
<i>Musa paradisiaca</i>	x						Musaceae	A
<i>Nectandra</i> sp	x	x	x	x		x	Lauraceae	A
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	x	x	x	x	x	x	Poaceae	H
<i>Passiflora organensis</i> Gardn.					x		Passifloraceae	T
<i>Cucurbita</i> sp.				x			Cucurbitaceae	T
<i>Phyllanthus tenellus</i>				x			Euphorbiaceae	H
<i>Piper aduncum</i> L.	x	x	x	x	x		Piperaceae	H
<i>Psidium guajava</i> L.		x		x	x	x	Myrtaceae	A
<i>Psychotria alba</i>	x	x	x	x	x	x	Rubiaceae	AR
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	x	x	x		x		Fabaceae	A
<i>Schinopsis</i> sp		x	x	x			Anacardiaceae	A
<i>Schinus terebinthifolia</i>					x		Anacardiaceae	A
<i>Solanum pseudo-quina</i> A. St.-Hil.			x	x	x		Solanaceae	A
<i>Solanum</i> sp					x		Solanaceae	H
<i>Solanum</i> sp	x	x			x		Solanaceae	AR

Continua...

Continuação...

<i>Spermacoce verticillata</i>		x	x	x	x	Rubiaceae	H
<i>Tibouchina grandifolia</i> Cogn.					x	Melastomataceae	AR
<i>Tibouchinia sp</i>				x		Melastomataceae	AR
<i>Tradescantia zanoniana</i> Sw.		x				Commelinaceae	H
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume			x			Ulmaceae	A
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.)					x	Orchidaceae	H
Morfoespécie 1		x			x		H
Morfoespécie 2			x			Asteraceae	AR
Morfoespécie 3						Asteraceae	H
Morfoespécie 4		x	x	x		Asteraceae	H
Morfoespécie 5		x	x		x	Clusiaceae	A
Morfoespécie 6				x		Euphorbiaceae	T
Morfoespécie 7						Fabaceae	A
Morfoespécie 8			x	x		Liliaceae	H
Morfoespécie 9	x					Malvaceae	H
Morfoespécie 10				x		Malvaceae	H
Morfoespécie 11		x			x	Poaceae	H
Morfoespécie 12						Solanaceae	H
Morfoespécie 13						Turneraceae	H
Morfoespécie 14		x		x	x		
Morfoespécie 15		x					
Morfoespécie 16				x	x		
Morfoespécie 17		x					
Morfoespécie 18		x					
Morfoespécie 19		x	x		x		
Morfoespécie 20					x	x	
Morfoespécie 21	x						
Morfoespécie 22	x						
Morfoespécie 23	x						
Morfoespécie 24				x			
Morfoespécie 25		x	x		x		
Morfoespécie 26		x					
Morfoespécie 27		x					
Morfoespécie 28			x		x		
Morfoespécie 29			x	x	x	x	
Morfoespécie 30				x			
Morfoespécie 31				x			
Morfoespécie 32						x	A
Morfoespécie 33			x	x	x	x	Asteraceae
Total	14	27	27	34	24	28	

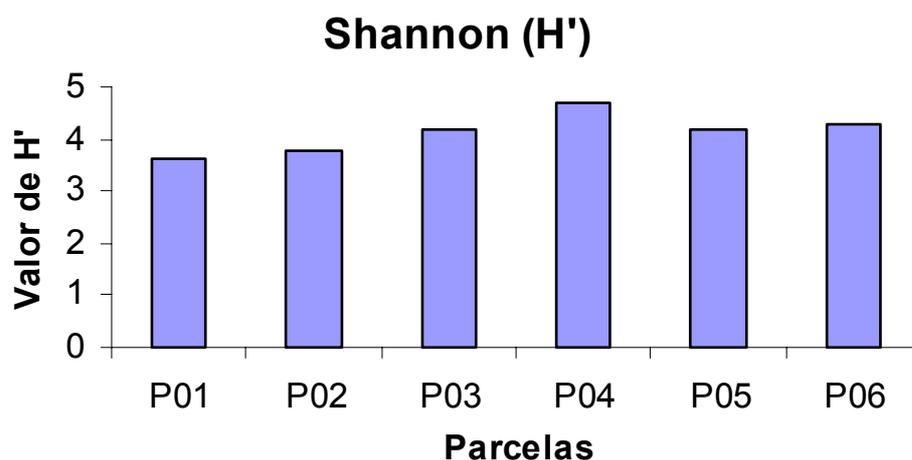


Figura 09: Índice de diversidade de Shannon para regeneração espontânea da AID da nascente, Barra de Guaratiba, RJ.

As parcelas um e dois são as mais próximas da nascente e apresentaram menor diversidade de regeneração o que provavelmente se deve à necessidade de adaptação destas espécies às condições de umidade do terreno. A diversidade nas demais parcelas foi bastante elevada, sendo maior na P04 o que se deve, dentre outros, ao efeito nucleador das espécies plantadas pelo PMR, no caso um ingá já bastante desenvolvido (6 m , DAP = 18,8 cm e Diâmetro de Copa= 8,5 m) que serve de alimento para muitas espécies da fauna que acabam dispersando outras espécies.

A maior diversidade de espécies nestas duas parcelas pode estar relacionada aos fatores edáficos como veremos mais adiante.

Quanto a distribuição quantitativa destas espécies (Índice de Equabilidade de Simpson) apresentou variações perceptíveis entre as parcelas (Figura 10).

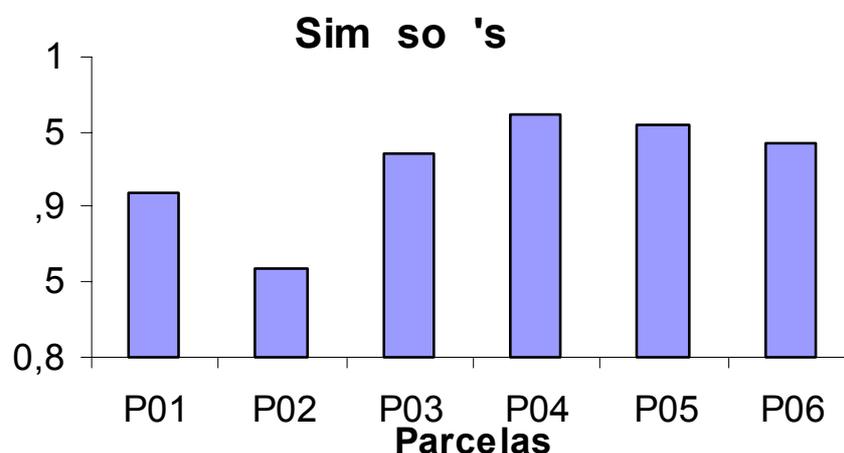


Figura 10: Índice de equabilidade de Simpson para a regeneração espontânea em seis parcelas amostrais alocadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.

A queda brusca do Índice de Simpson para a parcela dois se deve a maior abundância de poucas espécies, o que reflete diretamente no cálculo do índice já que o mesmo dá pouco peso às espécies raras (RICKLEFF 2001). Na P02, 67,3% dos indivíduos encontrados pertenciam a apenas cinco espécies de um total de 27. Nas outras parcelas houve um maior equilíbrio na distribuição de indivíduos por espécie estabilizando os valores dos índices. No entanto, este

desequilíbrio da P02 pode ser explicado pela grande abundância de plântulas de *I. sessilis* (N = 50) que é uma espécie que investe em banco de plântulas e da *Centella asiatica* (N=25) que tem reprodução por estolão subterrâneo e se espalha bastante pelo terreno.

Os maiores valores para as parcelas 4 e 5 coincidiram com os maiores valores para diversidade de espécies sugerindo que o aumento da biodiversidade auxilia uma distribuição igualitária das espécies por conta de fatores competitivos. Geralmente em locais muito diversos as espécies se tornam raras ocorrendo em proporções menores por unidade de área.

3.3. Cobertura de Copa

Os dados médios de cobertura de copa obtidos com as fotografias digitais não variaram significativamente entre as épocas de seca e chuva (Tabela 02).

O sombreamento da área de entorno da nascente favorece a maior permanência da água no solo, além de permitir o estabelecimento de espécies de colonização secundária, favorecendo os processos sucessionais, aumentando a sustentabilidade dos plantios do PMR e gerando ambientes mais resilientes.

A cobertura promovida pelo dossel controla a quantidade, qualidade da luz que atinge o piso florestal, modificando as condições microclimáticas de temperatura e umidade do ar, do solo (JENNINGS et al., 1999; HALE & BROWN, 2005). Estas modificações microclimáticas influenciam diretamente o processo de regeneração natural afetando o crescimento e sobrevivência de plântulas, gerando propriedades emergentes que irão determinar a composição florística e diversidade da comunidade (PARROTA et al., 1997; JENNINGS et al., 1999; HALE & BROWN, 2005).

Tabela 02: Porcentagem de cobertura da copa nos 24 pontos amostrados na AID da nascente nos meses de Abril e Dezembro de 2007, em Barra de Guaratiba, RJ. A porcentagem de luz representa os pixels brancos da foto e a de sombra a de pixels pretos.

Ponto	Cobertura Abril (%)		Cobertura Dezembro (%)	
	luz	sombra	luz	sombra
1	17	83	12	88
2	13	87	18	81
3	21	79	24	75
4	23	77	21	78
5	23	77	21	78
6	22	78	19	80
7	16	84	17	82
8	21	79	27	72
9	28	72	29	71
10	31	69	26	73
11	34	66	24	75
12	26	74	13	86
13	27	73	17	82
14	24	76	15	84
15	20	80	07	92
16	20	80	08	91
17	17	83	21	78
18	20	80	15	84
19	25	75	21	78
20	19	81	13	86
21	20	80	15	84
22	33	67	18	81
23	22	78	18	82
24	30	70	28	71
MÉDIA	23 %	77 %	19%	81%

Estudos ressaltam também o aumento da cobertura da copa na redução da competição com espécies invasoras como a gramínea *Melinis minutiflora* (MARTINS et al., 2004) e *Panicum maximum* (SOUZA & BATISTA, 2004). A radiação que atravessa o dossel está diretamente relacionada com sua abertura e sobreposição das folhas e copas (WHITMORE et al., 1993).

A pequena diferença entre a porcentagem de cobertura de copa no verão e inverno indica uma maior adaptação de espécies perenifólias, evidenciando que mesmo em condições de solo raso e pouca oferta de umidade no inverno, as espécies arbóreas conseguem manter em equilíbrio a quantidade e qualidade de luz que passa através do dossel.

Na avaliação silvicultural, os indivíduos de *Inga sessilis* foram os mais bem desenvolvidos nos 13 anos de plantio, apresentando os maiores diâmetros de copa, seguido pelos indivíduos de *Gochnatia polymorpha* (Candeia) (Tabela 03). Algumas espécies como a *Tabebuia umbellata* (Ipê) e a *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) apresentaram crescimento lento, e os menores diâmetros de copa. Cinco das 12 espécies plantadas na AID apresentam presença de caducifolia (ver tabela 3) importante no processo inicial de sucessão, pois aumenta o aporte de matéria orgânica induzindo os processos de decomposição e facilitando a agregação do solo.

Tabela 03: Parâmetros silviculturais das espécies plantadas na AID da nascente. Onde: P= caducifolia presente, A= caducifolia ausente; DAP= Diâmetro a Altura do Peito, DC= Diâmetro de Copa e BIF= Altura Primeira Bifurcação.

Nome Científico	DC (m)	DAP (cm)	Altura (m)	BIF (m)	Caducifolia	
<i>Bombacopsis glabra</i> (Pasq.) A. Robyns	5	3,25		7	A	
<i>Bombacopsis glabra</i> (Pasq.) A. Robyns	6,2	5,4	11,6	8	A	
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	3,1	4,1	4,3	6	1,8	P
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	11,8	9,6	21,9	7,5	0,8	A
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	2,5	2,6	2,8	2,5		P
<i>Solanum pseudo-quina</i> A. St.-Hil.	2,4	3,3	8,7	8		A
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	11,5	7,9	15,3	7		A
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	1,8	2	6,2	9		P
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2,6	2,6	4,4	5,5	0,5	A
<i>Leguminosa Indeterminada</i>	6,6	2,3	4,2	6	0,7	P
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	5	6,5	15,4	9	0,1	A
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	9	8,3	16,2	10		A
<i>Machaerium aculeatum</i>	1,3	1,5	5,2	3,5		P
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	3,8	4	8	4		P
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	8,9	8	18,8	6		A
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	3,4	2,7	19	7		P
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	3,1	2,2	7,8	5		A
<i>Schinus Terebinthifolius</i> Raddi	3,2	2,5	6,0	4	0,2	A
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellf.	3	2,5	3,4	4	0,2	P
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	2,4	1,9	7,2	3,5		P
<i>Leguminosa indeterminada</i>	3,8	4,4	5,5		0,3	P
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sandwith	2,2	1,9	4,9	4,5		P

Além destes fatores, as florestas e seus subsistemas funcionam como controladores dos processos de escoamento de água onde recebem e redistribuem a água das chuvas, regulando os excedentes hídricos, via infiltração, e eleva as taxas de evapotranspiração agindo de forma significativa no balanço hídrico local (SUGUIO et al., 1979). Por meio da interceptação, a cobertura florestal causa uma diminuição no total de água de chuva que atinge o solo,

podendo afetar, conseqüentemente, a dinâmica do escoamento superficial que atinge a rede hidrológica, e o processo de infiltração que favorece o abastecimento dos lençóis subterrâneos (LIMA & LEOPOLDO, 1999). Segundo LIMA (1986) uma chuva de 5mm pode ser 100% interceptada pelas copas e evaporada sem chegar ao piso florestal.

As projeções de copa das árvores plantadas na AID foram geradas, permitindo a visualização da cobertura de copa efetiva da área da nascente (Figura 11).

A ampla cobertura de copa na AID pode ser fator positivo para a perenização das nascentes evitando os processos de evapotranspiração. No entanto, outros fatores exercem influência na perenização desta nascente.

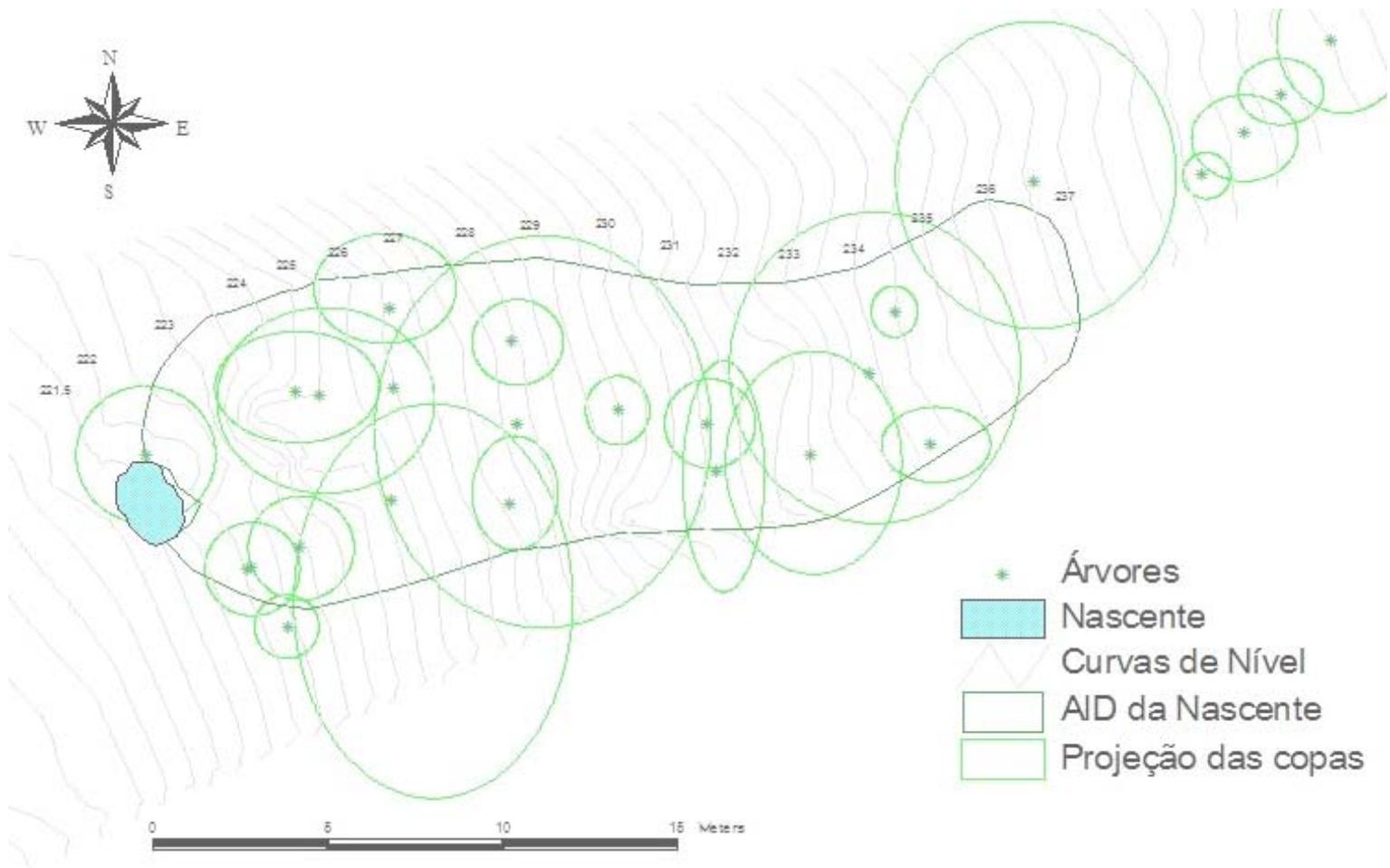


Figura 11: Projeção horizontal do dossel (ano de 2007) na Área de Influência Direta da nascente, em Barra de Guaratiba, RJ.

3.4. Edáficos

Os levantamentos de solo buscaram entender como uma área de 0,03 ha consegue armazenar em média 147 l de água o ano todo. Os dados de umidade de solo, textura, resistência à penetração estão representados nos Anexos 1, 2 e 3, para as linhas de amostragem A, B e C respectivamente. Cada ponto de coleta teve considerado sua cota, permitindo a espacialização dos dados de umidade e textura, permitindo inferências sobre o comportamento do lençol freático dentro da AID.

As taxas de umidade do solo foram diferenciadas entre a época seca e de chuva chegando a triplicar seus valores (Figura 12). O baixo teor de umidade no inverno, nas camadas mais profundas, provavelmente está relacionado com os processos de evaporação e

transpiração do solo e das plantas, pois como a quantidade de água é pouca, a demanda é constante e os solos são rasos, a água tende a ser movida por capilaridade para as camadas superficiais do solo. Este fato se evidencia na ocorrência de 7 pontos na linha A, 12 na linha B e 11 na linha C, com valores de umidade maiores para as camadas de 0-20 cm do que as de 20-40 cm de profundidade (ver anexos 1, 2 e 3). As médias de umidade no inverno para a camada de 0-20 cm foram, 13,8% nas linha A e C, 15,5 % na B. Nas camadas de 20-40 cm as médias foram 13,9 % na A, 16,9 % na B e 12,7% na C. No verão as médias de umidade foram significativamente maiores sendo para as camadas de 0-20 cm de 45,5 % na Linha A, 45,1 % na B e 48,2 % na C. Para as camadas de 20-40 cm as médias de umidade foram de 34,8 na linha A, 53,7 na B e 61,0 na C.

Mesmo após 3 meses sem chuva há pontos em que a umidade relativa do solo chega a quase 50%. Nestas condições de seca, apenas as áreas propícias ao acúmulo de umidade irão armazenar água. Este acúmulo se deu em apenas alguns pontos nas linhas A, B e C sendo estes essenciais para a perenização da nascente.

O olho d'água encontra-se na cota 221 m. No inverno, a linha C apresentou apenas dois pontos com umidade em torno de 20% , nas cotas 223,5 e 226 m (Figura 12). Os outros pontos apresentaram valores ainda mais baixos chegando a 8% na profundidade de 20-40 cm na cota 225. Para teores de umidade esta linha, as cotas 225 e 226 são as mais declivosas e as que apresentaram os menores teores de umidade na profundidade de 20-40 cm. Em contraponto, os pontos de maior umidade desta linha encontram-se no trecho menos declivoso, mostrando que a microtopografia local pode ser fator determinante do armazenamento de umidade.

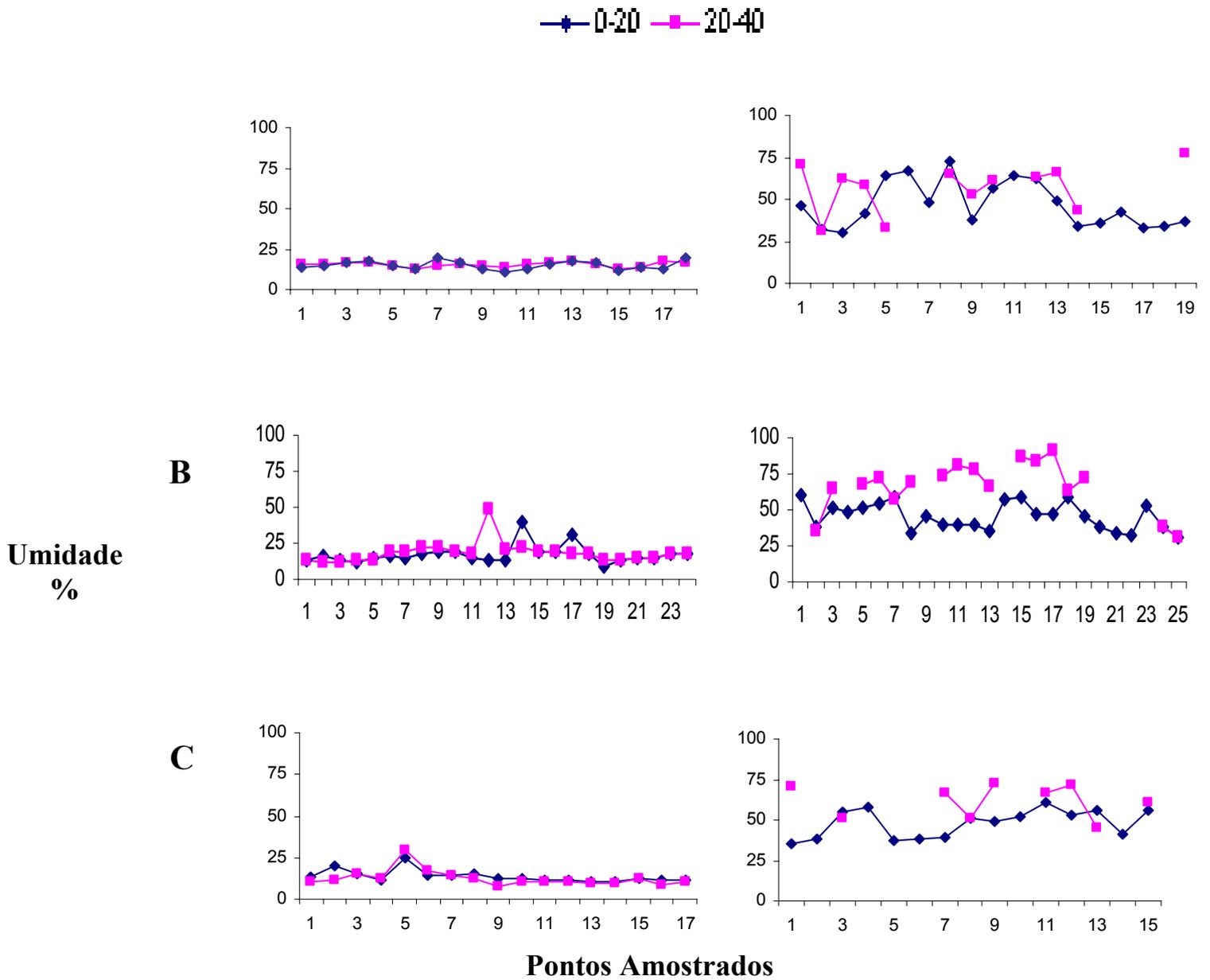


Figura 12: Umidade (%) de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em três linhas de amostragem A, B e C, na AID de uma nascente pontual, Barra de Guaratiba, RJ. Os pontos sem dados para 20-40 cm apresentaram pedras a esta profundidade.

A redistribuição da água nas encostas é influenciada principalmente por fatores como microtopografia e capacidade de infiltração do solo. Além de influenciar nas propriedades do solo, estes fatores controlam a erosão de partículas do solo que quando erodidas, juntamente com a matéria orgânica, são depositadas em locais, onde o fluxo hidrológico reduz a velocidade ou para devido algum impedimento físico, redução da declividade ou incremento local da capacidade de infiltração. Esta heterogeneidade espacial da deposição de partículas de solo e serrapilheira traz mudanças nas propriedades do solo e topografia local (STAVI et al., 2008).

Na área de estudo, como os solos são muito rasos e declivosos, há uma constante redistribuição das partículas de solo gerando pontos diferenciados de retenção de sedimentos e matéria orgânica e conseqüentemente de umidade. Os pontos de armazenamento de água estão distribuídos de forma fragmentada na AID mostrando que há fatores específicos da paisagem que condicionam a presença de elementos que mantêm a água no sistema.

Estudos realizados em duas microbacias no Norte da Tailândia e Leste da Malásia utilizando modelos hidrológicos a partir de dados de umidade encontraram uma distribuição heterogênea das áreas de contribuição de umidade. Esperava-se que as áreas de recarga das calhas seriam ao longo das mesmas, distribuídas por toda sua extensão. No entanto, os resultados mostraram que a distribuição destas zonas está mais relacionada à topografia local (pontos de convergência do terreno) do que à posição em relação ao curso d'água (CHAPPELL et al., 2006).

A linha A apresentou valores de umidade ligeiramente maiores que os da linha C que podem ser explicados pelo maior sombreamento desta linha e presença de muitas pedras soltas na superfície, influenciando o microclima local. Em ambas as linhas (A e C), o maior acúmulo de água, não foi nos pontos limítrofes à nascente, e coincidiram entre as cotas 223 e 224 m (Figura 13). Na linha B o acúmulo de umidade também não foi influenciado pela proximidade da nascente e se deu entre as cotas 229,5 e 233 m (oito metros de desnível da nascente) levando a crer que existe alguma condição específica que facilita a retenção de água neste local. No verão, estas mesmas cotas da linha B apresentaram os maiores valores de umidade chegando a 90 % três dias após uma chuva.

Em ambientes instáveis, a presença de controles estruturais (e.g. pedras, vegetação densa, mudança textural do solo) e/ou concavidades na paisagem, reduz a velocidade de passagem da água, facilitando o acúmulo de sedimentos e matéria orgânica. A vegetação também pode servir como um pequeno controle estrutural superficialmente para o acúmulo de sedimentos e matéria orgânica (BEUSELINCK et al., 2000; JACOBSON et al., 2000) e sub-superficialmente pela redução dos processos erosivos causados pelo efeito das raízes (BAETS et al., 2006).

Estudos com moitas de *Sarcopoterium spinosum*, herbácea distribuída de forma fragmentada em encostas semi-áridas, observaram que essas moitas servem como barreiras de contenção de sedimentos e serrapilheira, impedindo que este material seja transportado para as áreas mais baixas da encosta formando um ambiente acumulador de água e partículas de solo (STAVI et al., 2008).

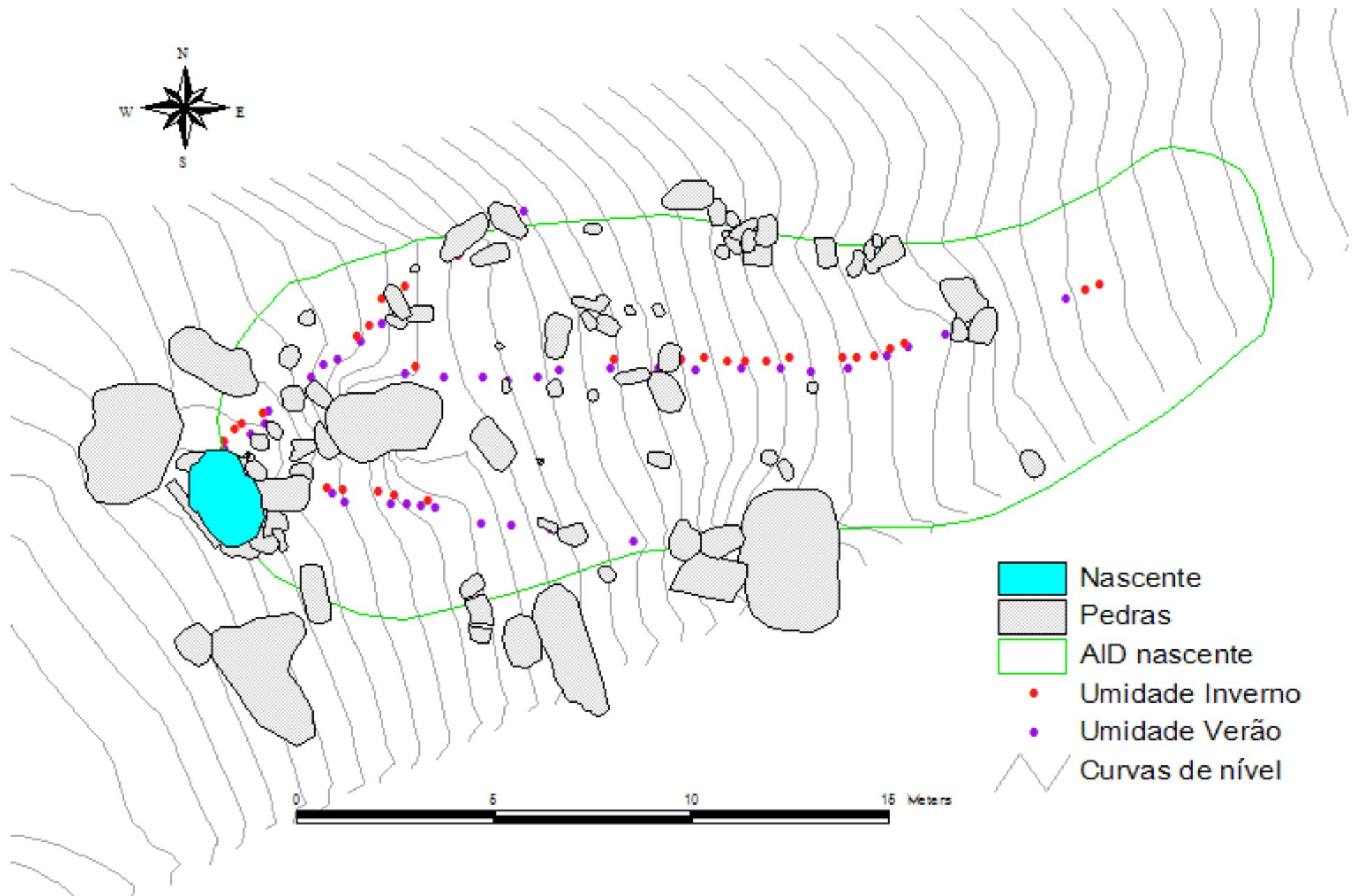


Figura 13: Espacialização dos teores de umidade para as épocas de seca e chuva, em Barra de Guaratiba, RJ.

Geralmente, a sedimentação pode ser diferenciada de acordo com o tipo de controle que causou a deposição, como depressões locais do terreno, bordas de culturas, florestas, matas ciliares. A deposição gerada pela vegetação, geralmente ocorre em partes mais íngremes da encosta do que os controles topográficos, sendo um efeito importante na distribuição espacial das áreas de sedimentação numa encosta (BEUSELINCK et al., 2000) e das áreas de recarga de umidade. JACOBSON et al. (2000) observou em planícies de inundação que camadas finas de silte na superfície do solo retardam a dissecação das camadas subjacentes. Segundo ele “areias expostas podem secar a uma profundidade de 30 cm poucas semanas após a cheia, alguns centímetros de silte podem manter a umidade sub-superficial em níveis de 4-6 % (do peso) por alguns meses após a recessão”. Nas calhas de rios efêmeros, a disponibilidade de água é relativamente maior nas grandes profundidades em solos arenosos, enquanto que em solos argilosos a água disponível para as plantas está localizada superficialmente (JACOBSON et al., 2000).

Como em Barra de Guaratiba as condições das encostas são desfavoráveis ao acúmulo de água, a presença de controles estruturais que acumulem sedimentos finos e facilitem a retenção de água, é fundamental para a perenização dos mananciais.

A distribuição dos sedimentos e determinação das classes texturais dentro da AID, junto com os dados de umidade e penetrômetro, irá indicar como funciona o armazenamento de água numa área de 0,3 ha que garante a perenização da nascente.

O padrão de textura do solo predominante foi o franco argilo arenoso nas três linhas de amostragem, variando em solos menos argilosos (franco arenoso, areia, areia franca e franco) e mais argilosos (franco argiloso e argilo arenoso) (Anexos 1, 2 e 3).

As variações texturais ocorreram em curtas distâncias e foram pequenas entre as profundidades, exceto para o silte que apresentou em alguns pontos variações de 22%. No geral, as porcentagens de areia superiores a 60%, ocorreram nos primeiros dez pontos de amostragem, nas três linhas (A, B e C) (Figura 14). A linha C foi a que apresentou os maiores teores de areia o que provavelmente se deve à presença de matações intemperizadas no limite superior da linha, que depositam materiais de granulometria mais grosseira.

As partículas de argila foram as que apresentaram maior variação nos padrões de deposição. O acúmulo de argila foi maior na camada de 0-20 em relação à de 20-40 cm para 15 dos 19 pontos na linha A, 11 dos 17 pontos na linha C e 4 dos 34 pontos na linha B. Este fato pode ter relação com a deposição de matéria orgânica na superfície, que retém as partículas de argilas formando os agregados do solo.

A linha B apresentou um acúmulo maior de argila nas profundidades de 20-40 cm e foi a linha que apresentou maior variação nos teores de argila, tanto entre as profundidades, quanto em relação ao distanciamento da nascente. Nesta linha foi observado um bolsão de argila localizado entre as cotas 229,5 e 232 m, onde os valores de argila ficaram entre 35 e 53% e os de silte entre 6 e 28% apresentando solos adensados, mas com grande capacidade de armazenamento.

Estas partículas finas são propícias ao acúmulo de água, o que ficou evidenciado com os dados de umidade que obtiveram os maiores valores nas mesmas cotas, sendo o valor máximo de 53,2% no inverno e 90,6 % no verão.

A linha C apresentou distribuição homogênea da argila com pequenas variações na profundidade de 0-20 cm (Figura 15). O tamanho das partículas formadoras do solo influencia fortemente a capacidade de retenção hídrica, já que cada tipo de partícula permite a formação de um espaço poroso mais ou menos propício ao acúmulo de água. A maioria dos poros pequenos (microporosidade) se formam dentro dos agregados, ao passo que os poros grandes (macroporosidade) se formam entre os agregados (LIMA 1986).

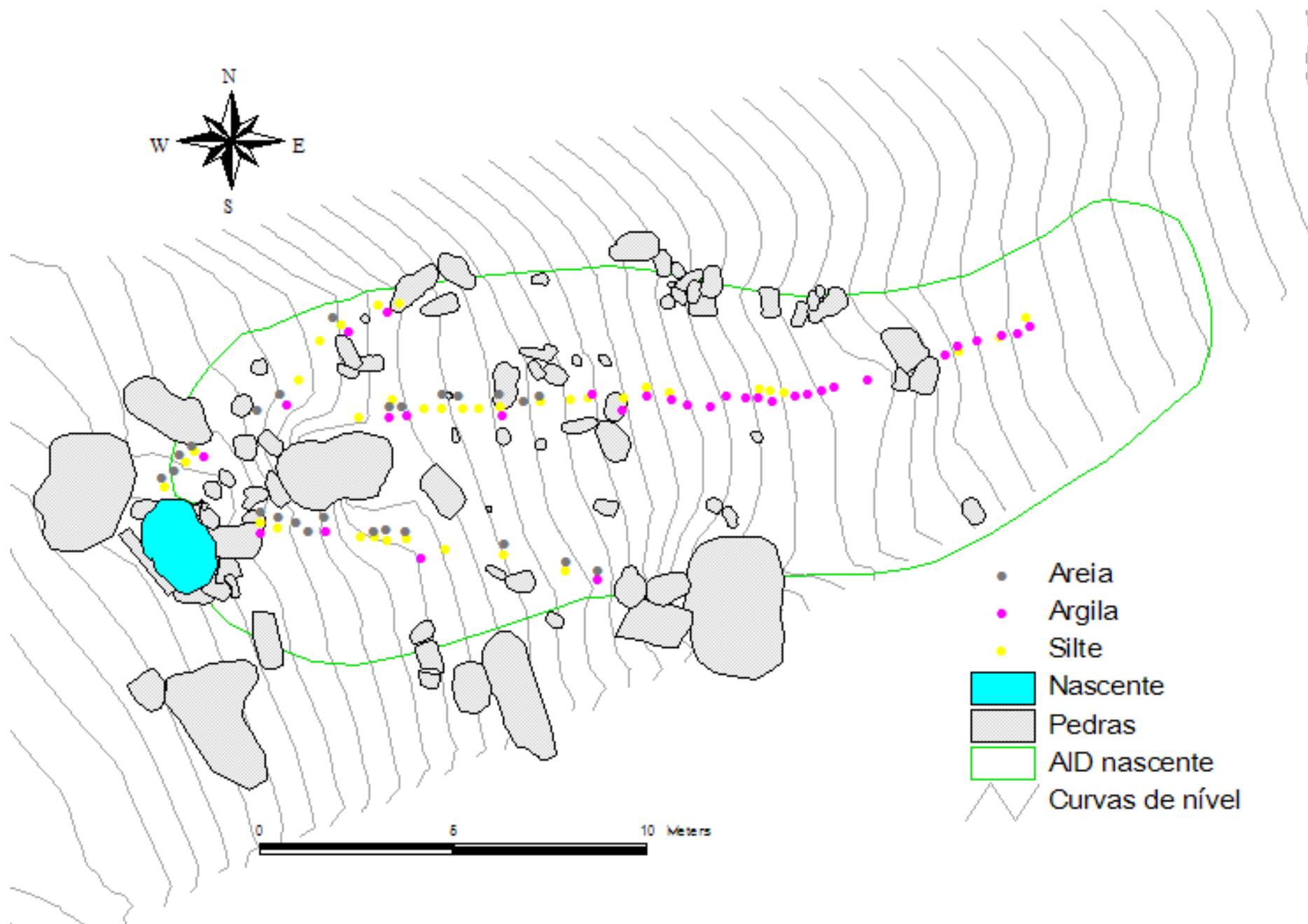


Figura 14: Espacialização dos teores de umidade nos meses de seca e chuva, para a AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.

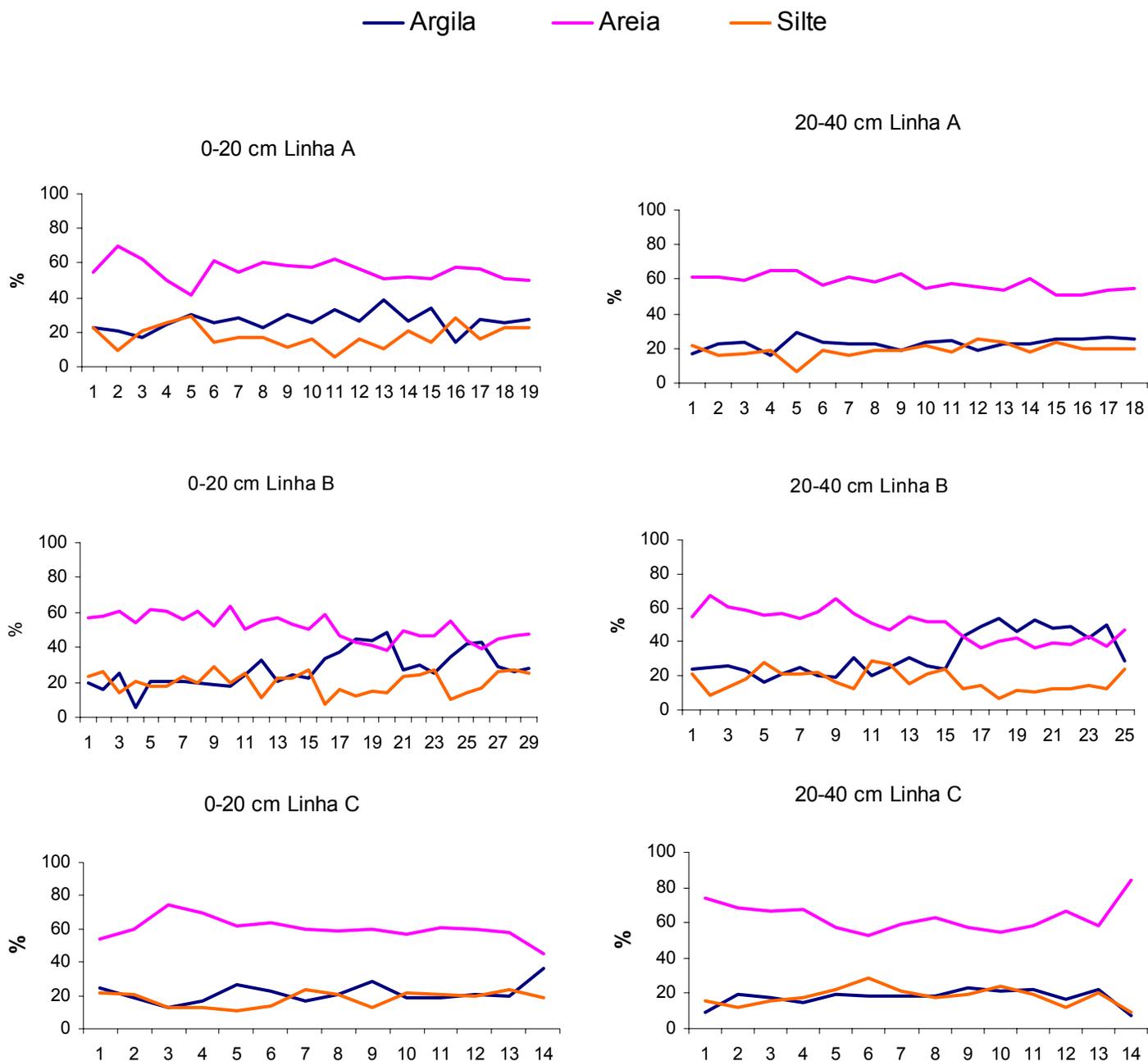


Figura 15: Textura do solo das amostras coletadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ. O ponto 1 representa o ponto mais próximo da nascente, sendo a numeração crescente em direção ao divisor topográfico da AID.

Em solos hidromórficos os teores de argila e silte costumam ser elevados conferindo maior capacidade de armazenamento e menor velocidade de passagem da água para as nascentes e/ou curso de água, influenciando a perenização dos mesmos.

Os valores de silte foram maior que os de argila em 32 amostras. Winter (1976) ressalta a importância do silte na retenção hídrica. Análises texturais de três solos diferentes

em zonas ripárias do Rio São Francisco encontraram um valor alto de silte sendo maior que o dobro da porcentagem de argila e baixos teores de areia sendo as proporções as seguintes: Neossolo Flúvico = Areia 45,2%; silte 38,4% e argila 16,5%; Cambissolo Háplico com 25,3% ; Silte 51,1% e Argila 23,6%; Neossolo Litólico com Areia 36,1%; Silte 42,8% e Argila 21,1% (CARVALHO et al., 2005).

Segundo Jacobson et al. (2000) as camadas de silte nos perfis do solo atuam como uma barreira hidráulica, diminuindo a velocidade de movimento da umidade para as camadas inferiores. A umidade armazenada nas planícies de inundação, por exemplo, são descarregadas do perfil do solo para os canais por estas camadas de silte.

No mesmo estudo o autor observou que o processo de aluviação aumentou a proporção de silte nas áreas de talvegue, onde se obteve uma correlação positiva entre os teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo. A distribuição destes depósitos de silte influenciaram nos padrões de disponibilidade de umidade e crescimento de raízes, criando e mantendo um micro-habitat para vários organismos (JACOBSON et al. 2000).

O arranjo dos materiais de diferentes granulometrias compõe a formação dos agregados e irá determinar a estrutura do solo, podendo estes ser afetados pela textura, quantidade de matéria orgânica e pela atividade biológica. A estruturação do solo geralmente influi em várias características do solo como, aeração, infiltração, percolação, capacidade de armazenamento de água, melhor desenvolvimento do sistema radicular, que por sua vez determinam o bom funcionamento hidrológico do ecossistema (LIMA, 1986).

As forças de adsorção da água dependem basicamente, da espessura do filme de água que recobre as partículas, a qual varia de acordo com sua superfície específica sendo maior em solos argilosos e com alto teor de matéria orgânica (SILVA et al., 2005). Em solos arenosos, predominam os macroporos, reduzindo a tensão superficial da água ao redor das partículas de solo, facilitando sua retirada pelas plantas e tornando-a prontamente disponível (WINTER, 1976; LIMA, 1986; KARMAN, 2001).

Todos os horizontes de solo são capazes de drenar água livremente para os horizontes subjacentes sendo a presença de materiais mais ou menos impermeáveis determinantes do acúmulo local de água (WINTER, 1976).

Quando os poros estão completos com água este solo é considerado saturado (WINTER, 1976; KARMAN, 2001). A quantidade de água transmitida pelo solo dependerá da sua capacidade de campo, que é o volume de água absorvida pelo solo antes de atingir seu ponto de saturação, que não sofre movimento para níveis inferiores e, portanto, não abastece o lençol freático ficando disponível para as plantas (KARMAN, 2001).

Os dados de textura do solo indicaram uma distribuição heterogênea dos sedimentos condizendo com as condições topográficas da AID e com as características de instabilidade da região. Provavelmente as zonas do solo responsáveis pela recarga do lençol freático estão distribuídas de forma irregular não havendo homogeneidade nas profundidades destas camadas.

A resistência à penetração do solo evidenciou menor agregação e resistência nas primeiras camadas (Figura 16) onde, na maioria dos pontos amostrados, o simples fato de apoiar o penetrômetro no chão fazia a haste penetrar a profundidades que variaram de 3 – 18 cm (ver anexos 1,2, 3 e 5). Esta maior permeabilidade das primeiras camadas é

importante no aproveitamento de chuvas de pequenas intensidades, já que sendo muito permeável a água infiltra rapidamente, abastecendo as camadas mais profundas. Este fato permite melhor aproveitamento da água quando não chove, disponibilizando-a lenta e gradualmente para o sistema e para as plantas.

No geral, o número de impactos para romper os primeiros 20 cm do solo foi menor (numa ordem de 3 a 4 vezes menos impactos), indicando um solo mais denso na profundidade de 20-40 cm. A média de impactos para penetrar as camadas de 0-20 cm foi de 7,2 para a linha A, 8,5 para a C e 13,3 para a B evidenciando maior compactação nesta última.



Figura 16: Primeira camada de solo da AID mostrando uma grande quantidade de raízes finas e terra solta, facilitando os processos de infiltração e abastecimento dos mananciais.

O aumento da densidade do solo com a profundidade, corrobora com estudos realizados em nascentes do Ribeirão de Santa Cruz, Lavras, MG, que determinaram maior resistência nas maiores profundidades, sendo as nascentes avaliadas enquadradas nas classes de resistência alta e muito alta conforme classificação da *Soil Survey Staff* (ALVARENGA, 2004). Segundo Costa et al. (2003) a densidade do solo tende a aumentar com a profundidade devido a fatores como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas subjacentes, diminuição da porosidade total devido a eluviação de argila, dentre outros.

Os gráficos de cada ponto de coleta com o penetrômetro estão representados no Anexo 5, que indicaram solos muito rasos onde as pedras ocorreram a menos de 40 cm de profundidade em 60% dos pontos para a linha A, em 41% dos pontos da linha B e em 55% dos pontos da linha C dificultando as análises comparativas entre as linhas nesta profundidade.

Na linha A os primeiros 2 metros de desnível (222 a 224 m) apresentaram profundidade variando de 8 a 30 cm. No restante da linha, nos pontos onde havia um solos mais profundo, o número de impactos variou de 30 a 34 para atingir os 40 cm.

A menor profundidade de solo na linha B ocorreu nas cotas 227-228 e 231, onde os solos apresentaram respectivamente 35, 15 e 20 cm de profundidade. Nos pontos de maior adensamento o número máximo de impactos foram 53 (228,5 m), 55 (232 m), 56 (cota 226 m), e 57 (233,5 m), que coincidem com solos com altos teores de silte e argila (ver anexos 1, 2 e 3).

Na linha C a profundidade do solo foi em torno de 20 cm nas cotas 223,5 a 225 m. Os pontos de maior adensamento foram os dois últimos desta linha (227 e 227,5 m) com um total de impactos de 40 e 51 respectivamente. Dos 51 impactos do último ponto, 43 foram na profundidade de 20-40 cm cuja classe textural foi a única “Arenosa”. Apesar de esta linha ter apresentado textura mais arenosa, a quantidade de argila presente é suficiente para agregar as partículas de areia como mostra a Figura 17. A granulometria grosseira da areia aliado a capacidade de adensamento da argila, podem ter ocasionado o aumento da resistência em dos pontos amostrados.



Figura 17: Agregação da areia pela argila, configurando solos permeáveis porém com capacidade de armazenamento de água.

A resistência à penetração está fortemente relacionada com a umidade do solo, densidade, microtopografia e tipo de cobertura do solo (UTSET & CID, 2001; VANAGS, et al., 2004).

A ocorrência de pontos de maior resistência nas camadas superficiais demonstram que a zona de saturação pode ocupar várias profundidades do perfil do solo influenciando de forma diferenciada na disponibilização de umidade para o lençol freático. Nas cotas 222,5 m (linha A) e 229, 231, 232 e 233,5 m (linha B) a resistência do solo foi maior na camada de 0-20 cm.

A espacialização descontínua dos pontos de maior umidade, dos padrões texturais, da vegetação e dos diferentes graus de adensamento no perfil do solo, associados aos níveis de instabilidade das encostas nos fez inferir que o abastecimento de água na AID da nascente

se dá por outros fatores influenciados por processos erosivos subterrâneos que formam dutos que descarregam a umidade em pontos específicos.

Estes processos erosivos estariam representados pela presença de *pipes* que seriam responsáveis pelo transporte da água das áreas saturadas para a nascente.

FARIA (1996) descreve os *pipes* como sendo “canais de drenagem tubulares no interior do solo, depósitos sedimentares e rochas decompostas, com diâmetros variando de poucos milímetros a mais de um metro”.

Os *pipes* podem ser formados a partir da expansão progressiva de um canal já existente cavado por raízes mortas e pela fauna (ONDA & ITAKURA, 1997), ou por erosão subterrânea que acontece quando a água que passa através do meio poroso produz força suficiente para liquefazer o material e carregá-lo até uma saída (BRYAN & JONES, 1997). Os requisitos mínimos para a formação de *pipes* são: influxo de água da superfície, solo ou sedimentos erodíveis e um gradiente de fluxo sub-superficial suficiente para transportar as partículas erodidas (HIGGINS & SCHONER, 1997). Para isso o solo deve ser coesivo o suficiente para manter as paredes do *pipe*, mas capaz de dispersar e separar as partículas de solo que serão carregadas pelo fluxo sub-superficial (DUNNE, 1990 *apud* HIGGINS & SCHONER, 1997).

Na área de estudo, foram detectados vários processos de *pipping*, que variaram de poucos centímetros a cerca de 1,5 m como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18: *Pipes* existentes nas microbacias de Barra de Guaratiba, RJ: a) escavações da fauna; b) morte de raízes; c) movimentos subterrâneos da água de pequenos fluxos; e d) depressões do terreno por desestruturação dos grandes dutos de água.

GUTIÉRREZ et al. (1997) encontraram uma maior frequência de pipes de menor tamanho (poucos centímetros) nas encostas quando comparados aos locais de deposição de sedimentos nos vales, onde os *pipes* eram menos frequentes porém com maiores diâmetros (dezenas de centímetros). Segundo eles estas características devem estar relacionadas a diferentes variáveis hidrológicas, topográficas, mineralógicas, químicas e físicas promotoras do processo de *pipping*. Em locais específicos podem existir redes de canais subterrâneos que respondem pelo abastecimento do fluxo dos canais. Zhu (1997) observou no Plateau de Loess na China, 45 de um total de 75 túneis estavam ligados a apenas uma das seis saídas de fluxo, sendo responsáveis por boa parte da drenagem na bacia.

Segundo FARIA (1996) os *pipes* podem contribuir com mais de 56% dos fluxos dos canais de primeira ordem, em microbacias da Floresta da Tijuca. Em outros países de clima semi-árido a contribuição dos *pipes* também são bastante importantes sendo de 33% em áreas degradadas de Alberta (BRYAN & HARVEY, 1985 apud BRYAN & JONES, 1997), 43% em bacias hidrográficas na Ásia (ZHU, 1997), podendo chegar a 75% em épocas de degelo em Quebec (ROBERGE & PLAMONDON, 1987 apud BRYAN & JONES, 1997).

Além de contribuírem para a drenagem da bacia, em regiões áridas alguns *pipes* e túneis sem uma abertura para saída de água representam um ponto de retenção de água, que é absorvida pelo substrato ao redor e pode até recarregar o lençol freático ou servir de reserva às plantações (ZHU, 1997; HIGGINS & SCHONER, 1997).

Em solos de vertentes com uma alta permeabilidade lateral devido à presença de macroporos, *pipes* ou camadas muito permeáveis, os fluxos sub-superficiais gerados podem ser bastante rápidos sendo sua contribuição substancial (MOSLEY, 1979; WILSON et al., 1990).

Acredita-se que em microbacias com fragilidade ambiental como as de Barra de Guaratiba, a contribuição destes fatores para o abastecimento dos mananciais seja considerável gerando um modelo hidrológico diferenciado das bacias estáveis.

Os dados indicaram que para a nascente em Barra de Guaratiba as zonas de aeração e de saturação, possuem profundidade diferentes em uma área muito pequena. Em microbacias instáveis o comportamento destas zonas de aeração, saturação e supersaturação do solo se dão de forma heterogênea, onde as zonas de abastecimento dependem diretamente das características edáficas, topográficas e vegetacionais (Figura 19). Nestas áreas, a presença de controles estruturais no terreno, influenciam diretamente o comportamento da água nas zonas de aeração/infiltração (primeiras camadas de solo), saturação/transmissão (pouco mais profundas) e nas de supersaturação/lençol freático, determinando em parte como a água se movimenta dentro do solo.

A determinação de pontos onde a zona de saturação é maior e mais próxima à superfície, pode ser feita através da vegetação que indicou precisamente os pontos de maior umidade dentro da AID. Este efeito confere a estas zonas um importante papel de armazenar água o ano todo liberando-a gradualmente para o lençol freático, perenizando esta nascente.

Nas bacias estáveis as zonas de infiltração encontram-se homogeneamente distribuídas no perfil do solo, gerando estabilidade e previsibilidade nos processos de abastecimento do lençol freático (Figura 20).

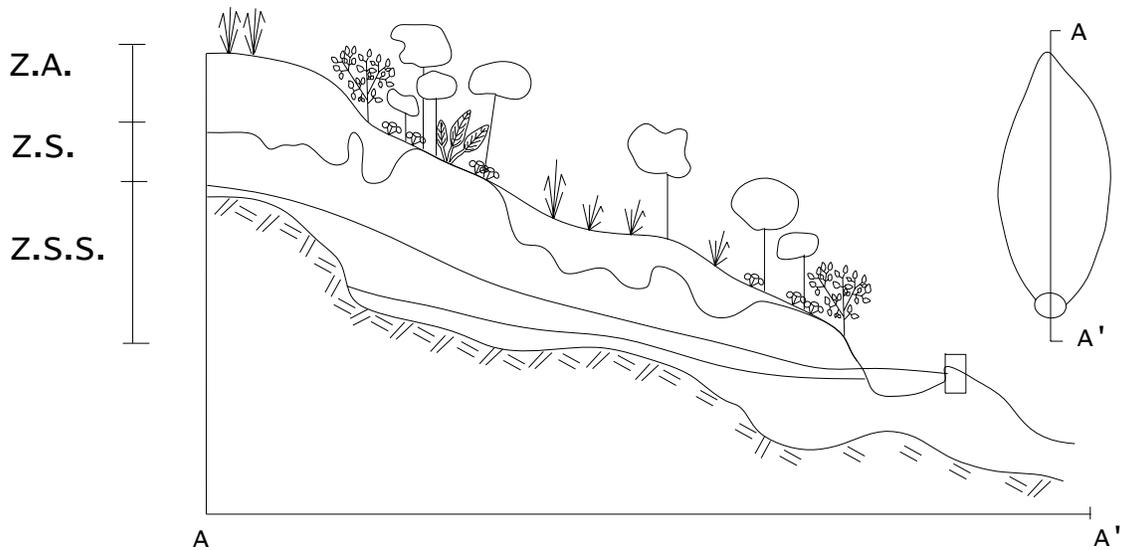


Figura 19: Corte transversal representando microbacias instáveis, mostrando distribuição heterogênea das zonas de aeração (Z.A.), de saturação (Z.S.) e super saturação (Z.S.S.) com vegetação indicando os pontos de maior umidade, onde a zona de saturação atinge profundidade rasa, chegando próxima à superfície.

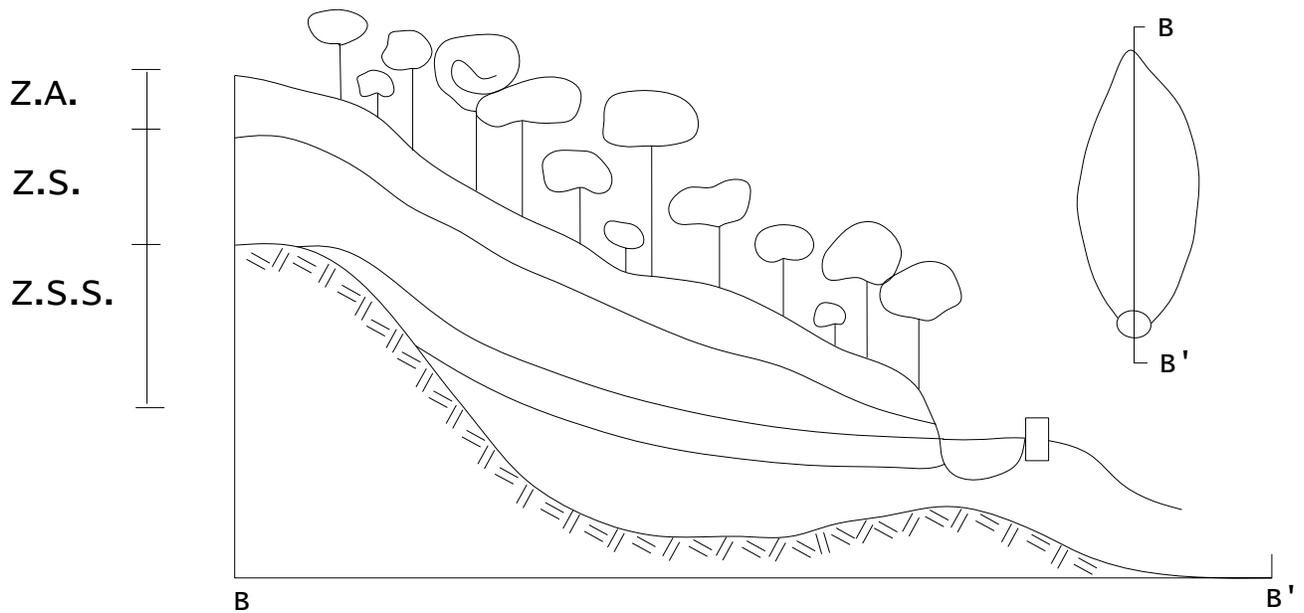


Figura 20: Corte transversal mostrando uma microbacia estável, onde a zona de aeração (Z.A.), saturação (Z.S.) e supersaturação (Z.S.S.) encontram-se homogeneamente distribuídas, levando à previsibilidade do comportamento do lençol freático.

4 Conclusões

- A umidade do solo nas épocas de seca evidenciou que a textura apresenta grande importância no armazenamento da água de recarga da nascente, sendo que o maior acúmulo coincidiu com os pontos com predomínio de silte e argila;
- As zonas de recarga, transmissão e principalmente a de afloramento, ocorrem espacialmente fragmentadas dentro da AID.
- O acúmulo de argila em muitos pontos foi maior na profundidade de 0-20 cm, auxiliando a retenção de umidade nesta camada, principalmente nos períodos de seca. Nos períodos de chuva a umidade se acumulou na camada de 20-40 cm;
- Os primeiros cinco metros de distância da nascente apresentaram solos predominantemente arenosos indicando que estes funcionam como um “duto” de recarga da nascente devido a sua permeabilidade;
- As espécies *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica* se mostraram boas indicadoras de umidade para a AID em Barra de Guaratiba, RJ;
- Os dados do penetrômetro evidenciaram um solo menos adensado nas camadas superiores, influenciando positivamente na capacidade de absorção das chuvas, e com maior adensamento nas camadas inferiores que acumulam água. Alguns pontos indicaram maior adensamento nas camadas superficiais indicando que a zona de saturação ocupa profundidades diferentes na AID da nascente.
- As árvores plantadas na AID mesmo com metade das espécies sendo caducifólias apresentaram dossel bastante fechado nas duas épocas avaliadas (79 e 81 % de sombra), indicando uma oferta de umidade constante, evidenciada também pela perenidade da nascente;
- A presença de camadas menos adensadas no meio do perfil do solo, indicadas pelo penetrômetro, sugerem a presença de *pipes*, que podem ser importante para a contribuição hidrológica da nascente em ambientes fragilizados.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões:

- Os fatores morfométricos das 88 microbacias permitem inferir que há grande probabilidade dos fluxos do balanço hídrico responsáveis pela evasão serem maiores que os fluxos retardadores do escoamento da água nas microbacias como sistemas unitários de gerenciamento dos recursos hídricos;
- Foram registrados 28 nascentes perenes em 11 das 88 microbacias instáveis da região, sendo que apenas as de seis microbacias são responsáveis por abastecer 150 famílias, cujo consumo mínimo estimado remonta a 168 m³/dia;
- A somatória de todas as áreas de captação desta nascentes perenes totalizam 18,5 ha, ou 13 % da área total das 88 microbacias;
- Evidenciando que os processos hidrológicos ocorrem de forma particularizada, por setores dentro das microbacias. Estas variáveis na região foram identificadas e baseado nelas se determinou os seguintes tipos de nascentes: a) *Calha entulhada* com 24 unidades; b) *Encosta* com 3 unidades; e c) *Poço* com 1 unidade;
- O maior número de nascentes (21) nas vertentes voltadas para o Sul, Sudeste e Leste, sugerem que o fator orientação propiciou melhores condições de umidade para estas vertentes, tornando-as mais resilientes, além de auxiliar na sua recarga dos pequenos aquíferos. Este fato associado com o fator declividade permitiu nas nascentes de *calha entulhada* a explicação da melhor eficiência na administração da água nas encostas;
- Nas nascentes de encostas observou-se a importância da textura na retenção de umidade do solo em pequenas áreas dispersas em toda a área de influência direta, situada a montante da nascente (sedimentos finos) e na zona de transmissão para a nascente (sedimentos grosseiros);
- As espécies *Tibouchinia* sp, *Curcuma domestica*, *Calathea* sp, *Commelina diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Tradescantia zanoniana* e *Centella asiatica* se mostraram boas indicadoras de umidade para a AID em Barra de Guaratiba, RJ;
- O modelo hidrológico de funcionamento de uma nascente em microbacia instável obedece a uma estruturação de captação similar as das demais microbacias, mas na questão de armazenamento e administração dos recursos hídricos, ele é muito particularizado, onde os principais componentes são as condições de armazenamento.

Recomendações:

- A vegetação se constituiu em um excelente indicador de presença de umidade diferenciada nos sistemas hídricos capazes de manter a perenidade da nascente em microbacias instáveis. Seu estudo pode ser aperfeiçoado de modo a se aprimorar a eficiência dos programas de potencialização das nascentes;

- Nascentes de encostas apresentam mecanismos de retenção específicos e localizados. Elas podem constituir uma estratégia importante para gestão de nascentes em regiões similares, pois além de demandarem poucos insumos, se encontram em locais altos, que permitem o escoamento da água por gravidade para toda a região;
- O caminho seguido pela água em encostas de microbacias instáveis, ainda é pouco conhecido, fazendo-se necessário o seu estudo de forma detalhada para conhecimento e dinâmica das nascentes.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes**. 2004. Lavras, MG. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal na área de Manejo Ambiental. 175 p.
- ANTUNES, A. Ciclo hidrológico, água, solo e meio ambiente. Belo Horizonte, MG. **Extensão em Minas Gerais**, vol. 48, p. 16- 19, 1992.
- BAETS De, S.; POESEN, J.; GYSSELS, G. and KNAPEN, A. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. **Geomorphology**, v.76, p.54–67, 2006.
- BARBOZA, R. S. **Caracterização das bacias aéreas e avaliação da chuva oculta nos contrafortes da serra do Mar-RJ**”. Dissertação de Mestrado. 2007. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ. Seropédica, RJ 56 p
- BEUSELINCK, L.; STEEGEN, A.; GOVERS, G.; NACHTERGAELE, J.; TAKKEN, I. and POESEN, J. Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgian Loam Belt. **Geomorphology**, v.32, p.69–82, 2000.
- BOTELHO, S.A. & DAVIDE, A.C. 2002. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, belo Horizonte, MG. **Palestra...** pp.123-145
- BRASIL. **Lei nº 1.200 de 28 de Março de 1998**. Institui a criação do Parque Estadual da Pedra Branca.
- BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 004**, de 18 de setembro de 1985.
- BROWN, S. e LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v. 2, n.2, pp.92-111, 1994.
- BRYAN, R.B. & JONES, J.A.A. The significance of soil piping processes: inventory and prospect. **Geomorphology**, v. 20, p. 209-218, 1997.
- CALHEIROS, R. de 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. 40p.
- CAMARGO, J.L.C.; FERRAZ, I.D.K. e IMAKAWA, A.M. Degraded areas of Central Amazon using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, v.10, n.4, pp.636-644, 2002.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M.A.L. e BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.28, n.2, p.329-345, 2005.
- CASTRO, P.S. & GOMES, M.A. Técnicas para conservação de nascentes.. Viçosa, MG. **Ação Ambiental**, v.4 (20): 24-26. 2001.

- CASTRO, P.S. & GOMES, M.A. Técnicas de conservação de nascentes. Viçosa. **Revista Ação Ambiental**, v.4, n.20, p.24-26, 2001.
- CHAPPELL, N.A.; VONGTANABOON, S.; JIANG, Y. e TANGTHAM, N. Return-flow prediction and buffer designation in two rainforest headwaters. **Forest Ecology and Management**, v. 224, p.131–146, 2006.
- CORENBLIT, D.; TABACCHI, E.; STEIGER, J. e GUMELL, A.M. 2007. Reciprocal interactions and adjustment between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. **Earth Science reviews** 84: 56-86.
- COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; JÚNIOR, A.M.S.; FALQUETO, R.J. e BORGES, E.N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos do cerrado. In: II Simpósio Regional de Geografia “Perspectivas para o Cerrado no século xxi” Universidade Federal de Uberlândia, MG. **Anais...** 2003.
- DOBSON, A.P.; BRADSHAW, A. D. e BAKER, A.J.M. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology. **Science**, 277: 515-522. 1997.
- DUNNE, T.H. Hydrology, mechanics, and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: Higgins, C.G., Coates, D.R. (Eds.), *Groundwater Geomorphology; the Role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and Landforms*. **Geol. Soc. Am. Spec. Pap.** V. 252, p. 1-28, 1990.
- ELMORE, W. & BRESCHTA, R.L. Riparian Areas: perceptions in management. **Rangelands**, v.9, n.6, p 260-265, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e conservação de Solos, 1979. 247p.
- ESTADO DO RIO DE JANEIRO**, 1998. Macroplano 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. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A água em revista**, Rio de Janeiro. v. 8, p. 74-80. 1997
- 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.
- FIDERJ. **Fundação de desenvolvimento econômico e social do Rio de Janeiro. Indicadores climatológicos do Estado do RJ**, 156p. 1978.
- FUNDREM** Folhas 308C-IV-3, 308D-III-1, 308C-IV-6, 308D-III-4. PCRJ/SMPCE. 1975.
- GOTTFRIED, R.R. The value of a watershed as a series of linked, multiproduct assets. **Ecol.Econ.** v.5, n.2, p.145–161, 1992.
- GREGORY, K.L. & WALLING, D.E. **Drainage Basin Form and Process: a geomorphological approach**. London, Edward Arnold, 1985. 458p.
- GUTIÉRREZ, M.; SANCHO, C.; BENITO, G.; SIRVENT, J. and DESIR, G. Quantitative study of piping processes in badland areas of the Ebro Basin, NE Spain. **Geomorphology**, v.20, p. 237-253, 1997.

- HALE, S.E. & BROWN, N. Use of the canopy-scope for assessing canopy openness in plantation forests. **Forestry**, v.78, n. 4, p. 2005.
- HEWLETT, J.D.& NUTTER, W.L. **Principles of forest hydrology**. The University of Georgia Press. Athens.Georgia. 1969, 183 p.
- HIGGINS, C.G. & SCHONER, C. Sinkholes formed by piping into buried channels. **Geomorphology**, v.20, p. 307-312, 1997.
- HIRATA, R. Recursos hídricos. In: **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2001. pp. 421-444.
- JACOBSON, P.J.; JACOBSON, K.M.; ANGERMEIER, P.L. and CHERRY, D.S. Hydrologic influences on soil properties along ephemeral rivers in the Namib Desert. **Journal of Arid Environments**, v.45, p.21–34, 2000.
- JENNINGS, S.B.; BROWN, N.D. and SHEIL, D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. **Forestry**, v.72, n.1, p.59-73, 1999.
- KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: (Org.) TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2001. pp. 114-138.
- LIMA, P.R.A. & LEOPOLDO, P.R. Interceptação de chuva por Mata Ciliar na região central do Estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**, v.14, n.3, p. 25-33, 1999.
- LIMA, W.P. **Princípios de Hidrologia florestal para o manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba. E. A. Luis de Queiroz/ USP, 1986. 143 p.
- LIMA-e-SILVA, P.P.; GUERRA, J.T.A.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.; ALMEIDA, F.G.; MALHEIROS, T. e SOUZA Jr., A.B. **Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**. 2ª edição. Rio de Janeiro, Ed. Thex. 2002, 251p.
- 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.
- MARTINS, C.R.; LEITE, L.L. e HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.739-747, 2004.
- MIRITI, M.N. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia central: competição, predação e dispersão de sementes. In: (Ed.) GASCON,C.& MOUTINHO,P. **Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus, 1998. pp.179-190.
- MOLINARI, D.C., Hidrologia superficial em encostas: infiltração de água e movimentos de massa - o caso da fazenda Caipuru -Presidente Figueiredo – Amazonas. **Revista Discente Expressões Geográficas**, n.1, p. 57-71, 2005.
- MOSLEY, M.P. Streamflow generation in a forested watershed, New Zealand. **Water Resources Research**, v.15, n. 4, p. 795–806, 1979.
- NASCIMENTO, R.A.M. 1998. **Fundamentos da Ciência do Solo**. Seropédica, UFRRJ. (Material Básico para a Disciplina Fundamentos e Ciências do Solo).
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, RJ, 1998. 434p.

- ONDA, Y. & ITAKURA, N. An experimental study on the burrowing activity of river crabs on subsurface water movement and piping erosion. **Geomorphology**, v.20, p. 279-288, 1997.
- ONO, S.; PORTO, R.L.; OLIVEIRA, C. de P. M. e SUSKO, S. Modelo MEL-AT – Previsão e Modelagem de Vazões para a Bacia do Alto Tietê. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE. **Anais...** p. 3505-3512, 2007.
- OTTONI NETO, T.B. **Fundamentos de engenharia ambiental com a Amazônia em recursos hídricos: perenização e regularização fluvial**. 1995.232p.
- PALMIERI, F. **Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos no Município do Rio de Janeiro- Rio de Janeiro**. EMBRAPA/SNLCS, 1980.
- PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H. e WUNDERLE Jr., J.M. Development of floristic diversity in 10-years-old restoration forests on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p. 21-42, 1997.
- PCRJ **As Florestas preservando a cidade**. Rio de Janeiro, RJ. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. PCRJ. 1999, 19p.
- PCRJ- SMAC- CRA. **Manual de Normatização do Projeto Mutirão Reflorestamento- Rio de Janeiro- RJ 2000**.
- PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.
- PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestales**, v.65, p.197-206, 2004.
- PINTO, L.V.A.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. e MACHADO, E.L.M. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Cerne**, v.11, n.3, p. 294-305, 2005.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. Ed. Nobel, São Paulo. 1982.
- REIS, A. Fundação o Boticário de Proteção a Natureza. Natureza e Conservação. Curitiba-PR. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. (Org.) KAGEYAMA, P.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ANGEL, V.L.; GANDARA, F.B. Botucatu, SP. Ed. FEPAF, 2003. 340 p.
- RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**. 5ª ed. Ed. Guanabara- Koogan. 2001. p.503.
- RODRIGUES. Recuperação de nascentes em microbacias da cuesta de Botucatu. Pp. 05-27. In: **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. (Org.) RODRIGUES, V.A. & BUCCI, L.A., Botucatu, SP. FEPAF, pp.143-159. 2006.
- RODRIGUES, R. R.; SHEPERD G. J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. ed. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Edusp, São Paulo. p. 101-107, 2000.
- RODRIGUES, V.A. & CARVALHO, W.A. Caracterização ambiental da (APP) Zona ripária. In: **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. (Org.) RODRIGUES, V.A. & BUCCI, L.A., Botucatu, SP. FEPAF, pp.143-159. 2006.
- SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo.Documentos, 30).

- Society for Ecological Restoration Science e Policy Working Group.** 2002. The SER Primer on Ecological Restoration. < www.ser.org/> acessado em Set/ 2003.
- SILVA, M.A.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e sedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos, SP. Ed. RiMa. 2003, 140 p.
- SILVA, M.A.S; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. e MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, 2005.
- SILVA, W.R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** (Org. KAGEYAMA,P.; OLIVEIRA,R.E.; MORAES,L.F.D.; ANGEL,V.L.; GANDARA, F.B). Botucatu, SP. Ed. FEPAF, 2003. 340p
- SOUZA, C.P.M. **Análise de alguns aspectos de dinâmica florestal em uma área degradada no interior do Parque Estadual do Jurupará, Ibiúna, São Paulo.** 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUZA, F.M. & BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semi deciduous Forest in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **ESALQ, USP. Forest Ecology and Management**, v.191, p. 185-200, 2004.
- STAVI, I.; UNGAR, E.D.; LAVEE, H. and SARAH, P. Surface microtopography and soil penetration resistance associated with shrub patches in a semiarid rangeland. **Geomorphology**, v. 94, p. 69–78, 2008.
- STEIGER, J.; TUBACCHI, E.; DUFOUR, S.; CORENBLIT, D.; PEIRY, J.L. Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within alluvial channel-floodplain river system, a review for the temperate zones. **River Research and Applications**, v.21, p. 719-737, 2005.
- SUGUIO, K. BIGARELLA, J.J. & BECKER, R.D. **Ambientes de Sedimentação – Sua Interpretação e Importância - Ambiente Fluvial**, UFP/ADEA, Curitiba, 1979.
- TOEBES, C. e OURYVAEV, V. **Representative and Experimental Basins- An International Guide for Research and Praticce.** UNESCO, Place de Fontenoy, Paris. 1970, 341p.
- UTSET, A. & CID, G. Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions. **Soil & Tillage Research**, v.61, p. 193–202, 2001.
- VALCARCEL, R. “Meio ambiente”. In: **Plano diretor de desenvolvimento sustentável, Armação dos Búzios – RJ, Perfil do município – texto para discussão.** Armação dos Búzios: Prefeitura Municipal de Armação dos Búzios, Secretaria de Planejamento e Urbanismo, 2003, disponível em <www.buzios.rj.gov.br> ou <www.ufrj.br/institutos/if/lmbh/>, acessado em abril 2007.
- VANAGS, C.; BUDIMAN, MINASNY, B. and MCBRATNEY, A.B. The dynamic penetrometer for assessment of soil mechanical resistance. SuperSoil 2004: **3rd Australian New Zealand Soils Conference.** Disponível em: www.regional.org.au/au/asssi/ acessado em dezembro de 2007.
- VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, v. 4, n.1, p.90-101, 1972.
- VIANELLO, R.L. & ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** UFV. 449 p. 2002.

- WANG, G.G. Use of understory vegetation in classifying soil moisture and nutrient regimes. **Forest Ecology and Management**, v.129, p. 93-100, 2000.
- WHITMORE, T.C.; BROWN, N.D.; SWAINE, M.D.; KENNEDY, D.; GOODWIN-BAILEY, C.I. and GONG, W.K. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. **J. Trop. Ecol.** v.9, p.131–151, 1993.
- WIEDMANN, S.M.P. & DORNELLES, L.D.C. Legislação Ambiental aplicada à Mata Ciliar. In: Simpósio Mata ciliar: Ciência e Tecnologia, 1999, Belo Horizonte, MG. **Palestras**. Lavras. P. 01-11.
- WILSON, G.V., JARDINE, P.M., LUXMOORE, R.J., JONES, J.R. Hydrology of a forested hillslope during storm events. **Geoderma**, v.46, p. 119–138, 1990.
- WINTER, E.G. **A água, o solo e a planta**. São Paulo. EDUSP. 1976, 170 p.
- ZAKIA, M.J.B.; **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de Florestas**. 1998. Tese apresentada para obtenção do título de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, SP. 99 p.
- ZHU, T.X. Deep-seated, complex tunnel systems a hydrological study in a semi-arid catchment, Loess Plateau, China. **Geomorphology**, v.20, p. 255-267, 1997.

ANEXOS

ANEXO 1

Anexo 1 : Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha A. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso e Farg= Franco Argiloso; PSI= Penetração sem impacto; *() = pedra profundidade.

LINHA A		Umidade relativa %				Textura do solo						Resistência		Riqueza			
Ponto	Cota	Abril 2007		Dezembro 2007		Areia (%)		Silte (%)		Argila (%)		Classe Textural		Penetrômetro		S	
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	PSI	0-20	20-40	
1	222	16,01	14,12	46,3	71	54,61	61,53	22,49	21,37	22,9	17,1	FAA	FA	17	4	*(20,5)	2
2	222	15,56	15,01	32,2	31,1	69,79	61,63	9,81	15,87	20,4	22,5	FAA	FAA				2
3	222,5	16,65	16,22	30,5	62,6	62,14	59,12	20,86	17,08	17	23,8	FA	FAA	6	17	10 *(30)	2
4	222,5	16,46	17,24	41,1	58,7	50,29	65,24	25,11	18,96	24,6	15,8	FA	FA				1
5	222,5	14,37	14,37	63,9	32,9	41,05	64,68	28,85	6,32	30,1	29	Farg	FAA	10	12	2 *(22)	2
6	223	12,74	13,15	67,2	Pedra	61,03	57,07	13,77	19,33	25,2	23,6	FAA	FAA				6
7	223,5	14,93	19,58	48,3	Pedra	54,63	61,57	17,27	16,13	28,1	22,3	FAA	FAA	7	3	*(8)	3
8	224	15,32	16,45	72,2	64,7	60,12	58,34	17,38	18,76	22,5	22,9	FAA	FA				5
9	224	14,38	12,89	37,9	52,9	58,22	62,88	11,38	18,72	30,4	18,4	FAA	FA	5	9	20	3
10	224	13,99	10,42	56,4	61,3	57,76	55,15	16,44	21,65	25,8	23,2	FAA	FAA				1
11	224	16,02	13,12	64,2	Pedra	61,89	57,38	5,51	17,72	32,6	24,9	FAA	FAA	13	3	*(14)	3
12	224,5	16,97	15,22	62,3	63,4	57,02	55,34	16,38	25,36	26,6	19,3	FAA	FA				4
13	224,5	17,44	17,44	49,5	66,4	50,52	53,46	10,78	24,04	38,7	22,5	FAA	FAA	13	4	13	2
14	225	15,78	16,18	33,8	43,7	52,24	60,3	21,16	17,5	26,6	22,2	FAA	FAA				3
15	225,5	12,79	11,93	35,5	Pedra	51,14	51,06	14,46	23,54	34,4	25,4	FAA	FAA	10	6	24	3
16	225,5	13,27	13,47	42,8	Pedra	57,77	50,59	28,53	20,24	13,7	25,7	FA	FAA				5
17	226	17,41	13,15	32,8	Pedra	56,82	54,06	15,78	19,34	27,4	26,6	FAA	FAA	10	7	2 *(20)	4
18	226	16,34	19,92	33,5	Pedra	51,29	55,06	22,91	19,84	25,8	25,1	FAA	FA				5
19				36,9	77,4	50,32	55,06	22,68	19,84	27	25,1	FAA	FA				

Anexo 2: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha B. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso; F= Franco; ArgA= Argilo Arenoso e Farg= Franco Argiloso.

LINHA B		Umidade relativa solo %				Textura do solo						Resistência			Riqueza		
Ponto	Cota	Abril 2007		Dezembro 2007		Areia (%)		Silte (%)		Argila (%)		Classe Textural		Penetrômetro		S	
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	PSI	0-20	20-40	
1	225,5	21,3	19,3	60,4	Raiz	57,2	55,2	22,9	21,1	19,91	23,7	FAA	FAA	20	0	8 *(25)	4
2	225,5	14,1	13,5	38,1	35	58,1	66,9	25,9	8,3	16	24,8	FA	FAA				3
3	226	14,3	14,0	51,1	64,5	60,5	61,1	14,5	13,1	25	25,9	FAA	FAA	7	6	30	6
4	226	15,8	11,5	48,6	Pedra	54,2	58,9	20,4	18,0	25,4	23,1	FAA	FAA				5
5	226	14,0	10,7	51,9	67,9	62,1	55,6	17,7	27,6	20,2	16,8	FAA	FA	5	13	43	3
6	226,5	11,3	10,5	55	71,7	60,9	56,9	18,2	21,6	21	21,5	FAA	FAA				3
7	226,5	12,5	10,8	59,4	58	56,2	53,4	23,2	21,5	20,6	25,1	FAA	FAA	7	14	21 *(35)	2
8	227	11,4	12,6	34,1	69,7	61,2	57,5	19,5	22,4	19,3	20,1	FA	FAA				3
9	227	14,8	14,0	45,5	Pedra	51,9	65,2	29,4	16,0	18,7	18,8	F	FA	9	8	12 *(15)	6
10	227,5	14,0	pedra	40	73,1	63,2	Pedra	19,2	Pedra	17,6	Pedra	FA	-				4
11	228	13,0	12,6	39,9	81,5	50,7	56,8	25,2	12,9	24,1	30,3	FAA	FAA	7	8	15 *(15)	1
12	228	16,8	11,7	40,3	78,5	55,5	51,0	11,4	28,6	33,1	20,4	FAA	F				0
13	228,5	13,3	11,9	35,5	65,8	57,3	47,6	22,5	27,0	20,2	25,4	FAA	F	8	11	42	5
14	229	11,8	12,9	57	Pedra	53,7	54,3	22,3	15,3	24	30,4	FAA	FAA				4
15	229	14,9	13,6	59,3	87,2	50,3	52,4	27,0	21,3	22,7	26,4	FAA	FAA	5	15	34	4
16	229,5	15,5	18,6	46,6	84,3	58,9	51,5	7,7	24,3	33,4	24,2	FAA	FAA				2
17	230	14,3	18,9	46,8	90,6	46,7	43,6	16,2	12,9	37,1	43,6	ArgA	Arg	Pedra	Pedra	Pedra	1
18	230	18,0	22,6	58,9	63,2	42,8	Fc	12,6	Fc	44,7	Fc	Arg	-				6
19	230,5	18,8	22,0	46,3	71,4	41,2	36,3	14,9	14,2	43,9	49,5	Arg	Arg	12	6	36	3
20	230,5	19,4	19,1	38,9	Pedra	37,9	40,0	13,8	6,6	48,3	53,5	Arg	Arg				1
21	231	14,0	17,5	33,9	Pedra	49,7	42,5	23,6	11,5	26,7	46	FAA	Arg	3	23	22 *(35)	0
22	231	13,7	47,9	32	Pedra	46,3	S/coleta	23,9	S/coleta	29,8	S/coleta	Farg	-				2

Continua...

Continuação...

LINHA B		Umidade relativa solo %				Textura do solo						Resistência			Riqueza		
		Abril 2007		Dezembro 2007		Areia (%)		Silte (%)		Argila (%)		Classe Textural		Penetrômetro			S
Ponto	Cota	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	PSI	0-20	20-40	
23	231,5	12,8	20,5	53,2	Pedra	46,9	36,6	27,5	10,2	25,6	53,2	FAA	Arg	13	13	* (20)	4
24	231,5	40,0	22,0	38,3	38,3	55,5	39,4	9,8	12,1	34,7	48,5	AA	Arg				2
25	231,5	19,3	19,1	31,3	31,6	44,0	38,0	13,6	12,9	42,4	49,1	Arg	Arg	3	15	35	2
26	232	18,5	19,4			39,5	S/coleta	17,1	S/coleta	43,4	S/coleta	Arg	-				1
27	232	30,9	18,2				43,3	Fc	14,9	Fc	41,9	-	Arg	4	24	31	1
28	232	17,7	17,7				37,4	Fc	12,8	Fc	49,8	-	Arg				
29	233,5	8,9	12,8				S/coleta	Fc	coleta	Fc	S/coleta	-	-	3	24	33	
30	234	13,6	13,6			44,8	47,3	25,9	23,6	29,3	29,1	Farg	FAA				
31	234,5	15,0	15,0				S/coleta	S/ coleta	S/coleta	Fc	S/coleta	-	-	*	*	*	
32	235	15,1	15,1			46,7	S/coleta	26,9	S/coleta	26,3	S/coleta	FAA	-				
33	235	18,0	18,0				S/coleta		S/coleta	27,3	S/coleta	-	-	7	17	18 *(30)	
34	235,5	17,7	17,7			47,3	S/coleta	25,0	S/coleta	27,8	S/coleta	FAA	-				

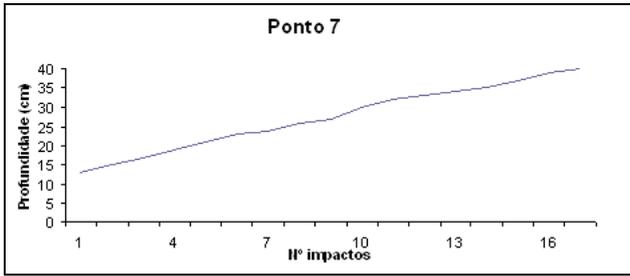
Anexo 03: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha C. Onde FA= Franco Arenoso; FAA= Franco Argilo Arenoso; AA= Argilo arenoso; A= Areia e AF= Areia Franca. * (x) = pedra encontrada a profundidade x. Os valores na coluna PSI (Penetração Sem Impacto) representa a profundidade de penetração do cone do penetrômetro somente apoiando-o sobre a superfície do solo.

LINHA C		Umidade relativa solo %				Textura do solo						Resistência			Riqueza		
Ponto	Cota	Abril 2007		Dezembro 2007		Areia (%)		Silte (%)		Argila (%)		Classe Textural		Penetrômetro			S
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	PSI	0-20	20-40	
1	223	12,9	10,09	35,1	70,7	53,72	74,44	21,38	15,96	24,9	9,6	FAA	FAA	18	5	7	5
2	223	19,97	11,13	38,6	pedra	60,28	pedra	20,82	pedra	18,9	Pedra	FA	-				
3	223,5	14,92	14,92	54,6	50,5	74,59	68,1	12,26	12,4	13,2	18	FA	AF	8	11	10* (25)	4
4	223,5	11,44	12,07	58,3	pedra	69,79	66,24	13,21	15,76	17	14,9	FA	FA				
5	224	25,16	29,06	37,7	pedra	62,08	67,71	11,22	17,39	26,7	19,6	FAA	FA	10	8	* (20)	6
6	224,5	14,45	16,87	38,7	pedra	64,14	pedra	13,56	pedra	22,3	Pedra	FA	-				
7	224,5	14,73	14,73	39,7	66,4	60,26	57,82	23,54	22,58	16,2	18,7	FAA	FA	11	13	* (20)	5
8	224,5	15,55	11,91	50,9	51,2	59,19	52,77	20,41	28,5	20,4	18,9	FAA	FAA				
9	225	12,25	8,05	49,4	72,3	59,35	59,72	12,54	21,58	28,2	23,6	FA	FAA	10	13	12* (25)	4
10	225	12,13	10,19	52	pedra	57,04	63,33	21,66	17,77	18,8	21,3	FA	FAA				
11	225	11,77	10,3	61	66,5	60,58	57,02	20,82	19,38	18,6	22,3	FA	FAA	12	7	26	3
12	225,5	11,85	10,75	53	71,8	60,27	54,36	19,33	24,34	20,4	16,3	FAA	FA				3
13	226	10,7	9,66	56,1	44,8	57,72	57,96	23,08	19,74	19,2	22	FA	FAA	16	2	* (20)	4
14	226,5	10,41	9,06	40,7	pedra	45,47	pedra	18,75	pedra	35,8	Pedra	AA	-				4
15	227	12,05	12,05	55,4	61	60,27	66,52	19,32	12,18	20,1	16,3	FAA	FA	11	9	31	2
16	227	11,46	8,65			57,72	57,91	23,08	20,09	19,2	22	FAA	FAA				3
17	227,5	11,28	10,24			45,47	84,2	18,75	8,8	35,8	7	FAA	A	12	9	42	2

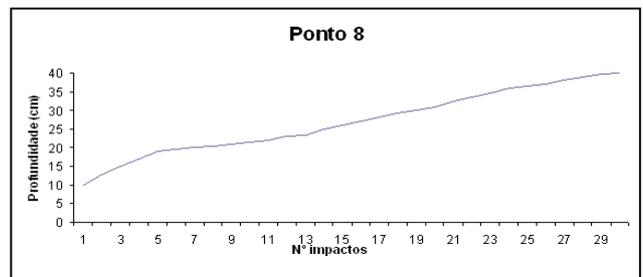
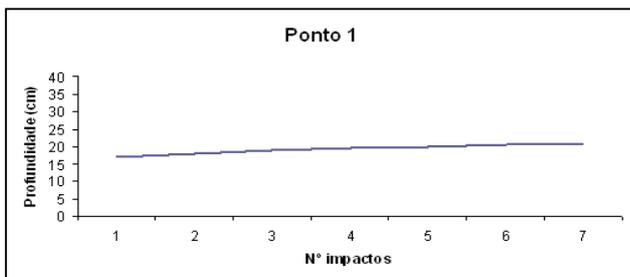
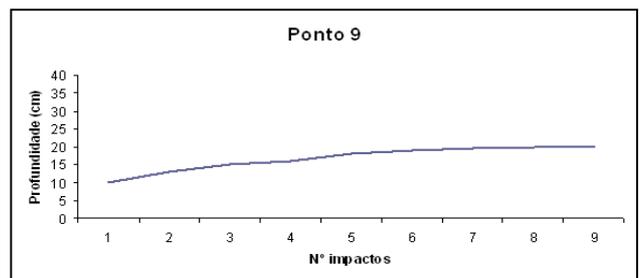
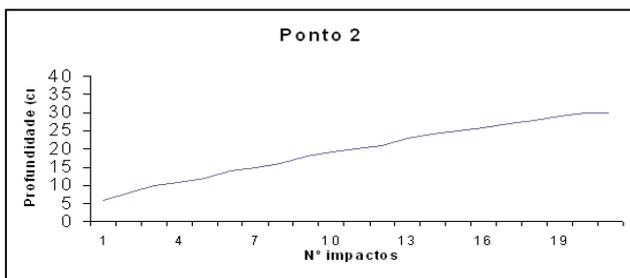
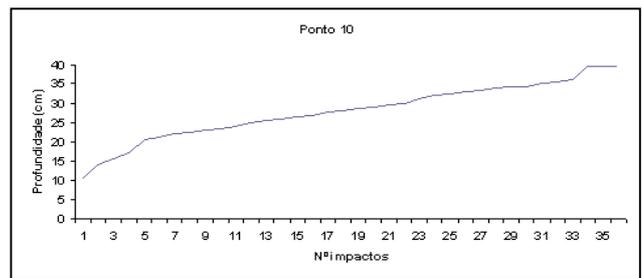
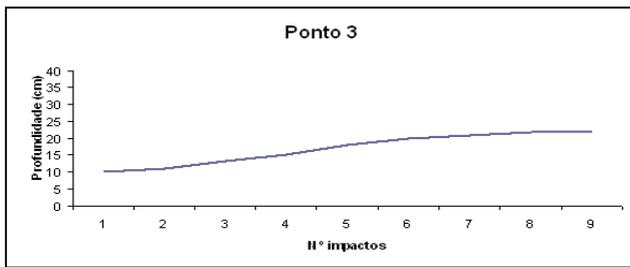
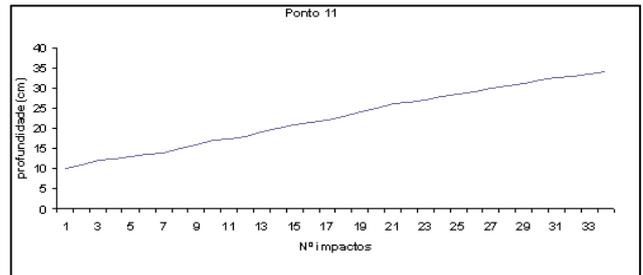
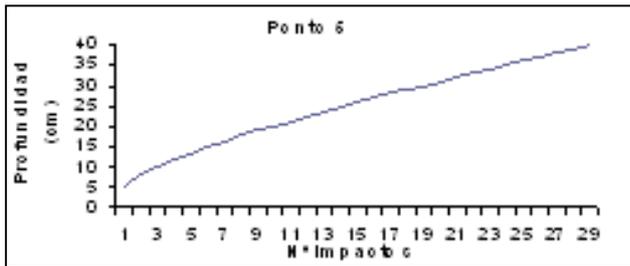


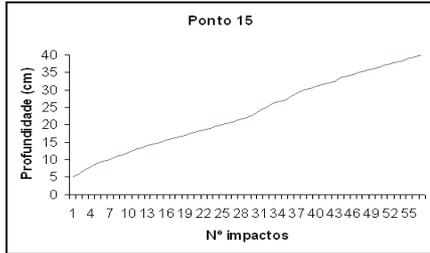
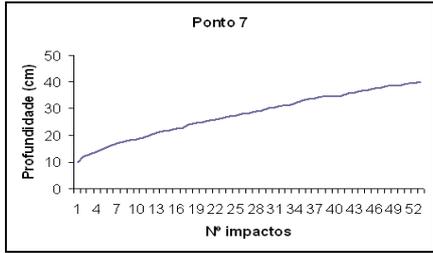
Anexo 4: Espécies indicadoras de umidade encontradas na área de influência direta de uma nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ. Onde: a) *Curcuma domestica*, b) *Tibouchinia* sp., c) *Commelina benghalensis*, d) *Tradescantia zanoniana* e e) *Calathea* sp.

Anexo 5: resistência a penetração de cada ponto amostrado, em três linhas de amostragem, dentro da AID de nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.

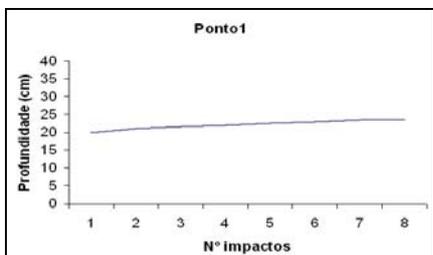
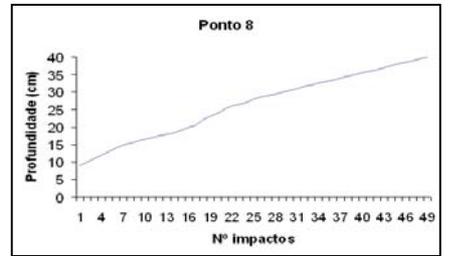
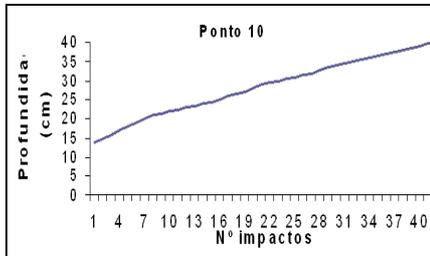
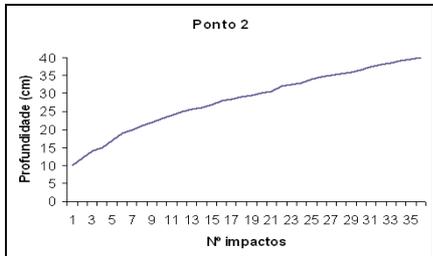
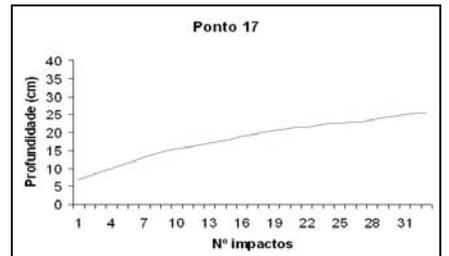
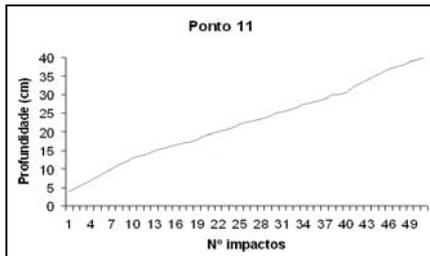
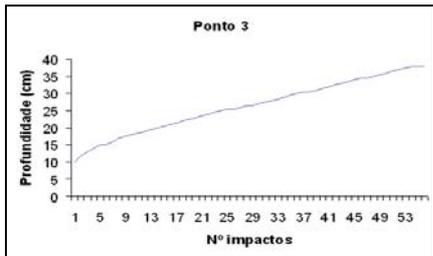
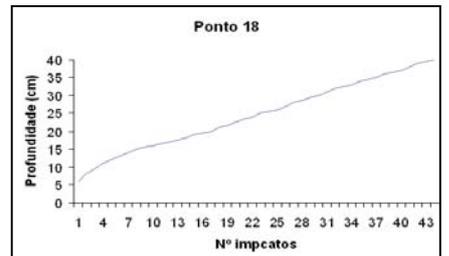
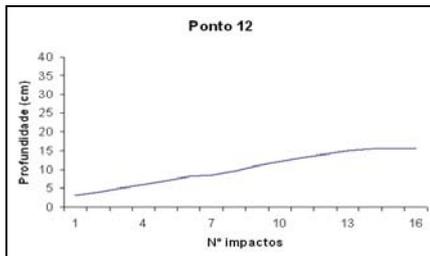
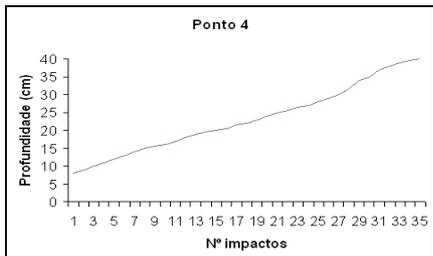
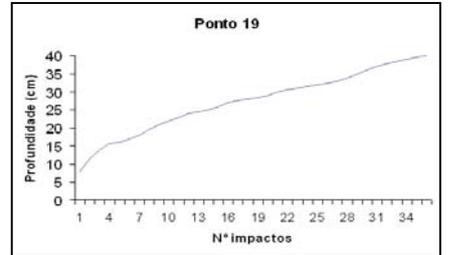
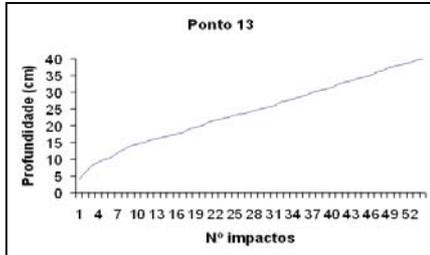
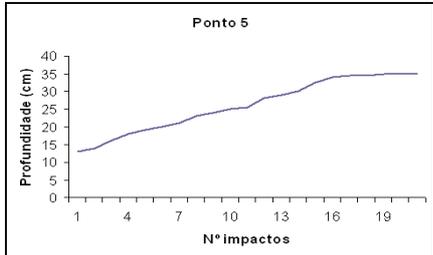
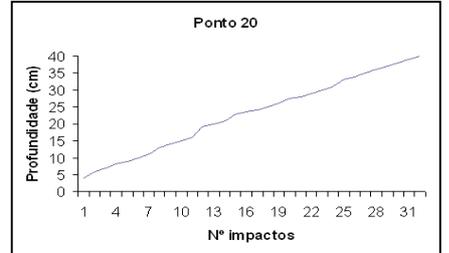
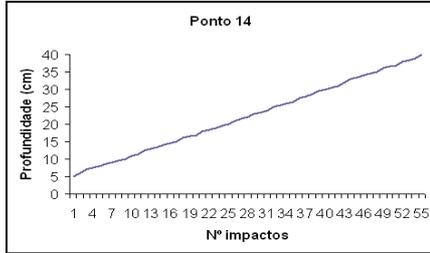
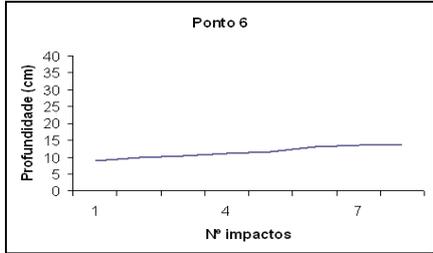


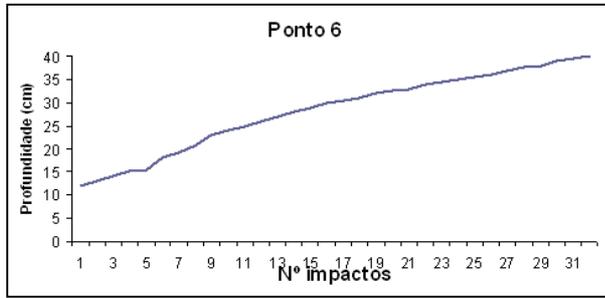
Linha A





Linha B





Linha C

