

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**RESPOSTAS GEOHIDROECOLÓGICAS EM CLAREIRA
DE DESLIZAMENTO NUMA ENCOSTA FLORESTADA:
ALTO RIO DOS MACACOS, MACIÇO DA TIJUCA (RJ).**

ANDRÉ BATISTA DE NEGREIROS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).

ORIENTADORA: ANA LUIZA COELHO NETTO

**UFRJ
2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**RESPOSTAS GEOHIDROECOLÓGICAS EM CLAREIRA
DE DESLIZAMENTO EM UMA ENCOSTA
FLORESTADA. ALTO RIO DOS MACACOS: MACIÇO DA
TIJUCA (RJ).**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).

Aprovada em ___ / ___ / _____ pela banca examinadora:

(Ana Luíza Coelho Netto - DEGEOG/IGEO/UFRJ)

(André de Souza Avelar- DEGEOG/IGEO/UFRJ)

(Evaristo Castro Junior - DEGEOG/IGEO/UFRJ)

(Fernando Artur Brasil Danziger - COPPE/UFRJ)

OUTUBRO / 2006

NEGREIROS, ANDRÉ BATISTA DE

**RESPOSTAS GEOHIDROECOLÓGICAS EM CLAREIRA DE
DESLIZAMENTO EM UMA ENCOSTA FLORESTADA. ALTO RIO
DOS MACACOS: MACIÇO DA TIJUCA (RJ).**

Rio de Janeiro, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / UFRJ

88p.

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM CIÊNCIA (M. Sc).

- 1 – Hidrologia florestal
- 2 – Recuperação de clareiras
- 3 – Geoecologia

A Vicente Batista Neto in memoriam.

**Água,
florescer,
verde,
vida....**

AGRADECIMENTOS:

Aos meus pais Rosa e José e ao meu irmão Bruno por todo apoio e incentivo durante todos esses anos.

A Professora Ana Luíza Coelho Netto, pela orientação, apoio e incentivo durante todos esses anos.

Ao Professor André Avelar pelo apoio e incentivo nas etapas fundamentais dessa pesquisa.

Aos órgãos de fomento CNPq, CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro; a Fundação GEORIO pela disponibilidade de dados e fotografias; ao Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) pela autorização da instalação do posto pluviométrico em suas dependências e ao IBAMA/Parque Nacional da Tijuca pelo apoio e estadia na casa do pesquisador.

Aos estagiários Felipe Lima e Mateus Leite por todo o auxílio de campo e laboratório durante este trabalho.

A Fernando Mamari e Anna Amorim, muito presente em parte desse projeto como estagiários e que hoje trilham outros caminhos.

A Mariana Abdalad pelo apoio nas etapas de laboratório e por toda força dada ao longo do trabalho.

A Stella Mendes por todo o carinho, apoio e força pra continuar ao longo dessa jornada.

A todos os amigos (inúmeros) que me auxiliaram nas jornadas de campo, monitoria de chuvas e/ou estímulo.

A toda equipe do Geoheco.

A toda a minha família.

A toda a galera da Geomata.

RESUMO:

As cicatrizes de deslizamentos em áreas montanhosas florestadas criam clareiras no dossel que expõem o solo favorecendo a produção de fluxos superficiais e processo de lavagem que limitam o processo de regeneração. Este estudo foca uma cicatriz de deslizamento (17.888m²) gerada em fevereiro de 1988 para o entendimento das respostas hidrológicas as mudanças na interface biota-solo em seu interior e em seu entorno ao longo do tempo. Os dados deste estudo são comparados com estudo anterior desenvolvido em 1995 (Rocha Leão, 1997); onde um dreno artificial na porção superior da cicatriz adicionava fluxos concentrados que limitavam o processo de reflorestamento. Este dreno foi fechado em 2002 favorecendo a revegetação inicial na área de solo exposto.

A estrutura da vegetação foi levantada em duas seções transversais na porção superior da cicatriz, valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (A) apontaram os seguintes resultados: floresta secundária tardia (FST): DAP = 4,86cm e A = 6,38m; borda esquerda (BE): DAP = 6,14cm e A = 5,68 m; borda direita (BD): DAP = 4,78cm e A = 4,78m; área de revegetação inicial (RI): DAP = 3,57cm e A = 3,94m. O topo do solo em FST é arenoso com alta porcentagem de agregados >2 mm; em BE, BD e RI ocorre um solo franco arenoso e de baixa agregação. Os dados de porosidade aumentaram na BE e também em RI em relação aos dados de Rocha Leão. Os dados hidrológicos foram avaliados através de parcelas hidro-erosivas no interior dos diferentes domínios vegetacionais. Foram encontrados valores médios de vazão (Q) / precipitação (P), razão (Q/P x 100) de 1,67% para FST; 3,33% para BE; 7,08% para BD e 3,46% para RI. Estes valores são relativamente altos quando comparados a resultados em áreas de floresta bem conservada (1%). Em BD a proximidade a um degrau estrutural aumenta o escoamento local. Quanto à carga média de sedimentos transportados nos domínios no interior da clareira, foi encontrado um valor de 98g/m²/L durante o período chuvoso amostrado. Se validarmos essa taxa para o domínio erosivo da clareira (em torno de 60% da área total) esta taxa implicará numa carga total de cerca de 1,05 ton. de sedimentos que transportados ao canal, podem fornecer cargas de sedimentos elevadas ou suficientes para manter o assoreamento dos rios coletores, favorecendo o aumento na frequência de enchentes nas baixadas.

Os resultados indicam que depois de 18 anos de regeneração da clareira estudada, as bordas internas mostraram parâmetros estruturais, perto dos valores achados na floresta adjacente. Porém chama a atenção particularmente uma possível resposta atrasada de degradação de floresta no FST do lado esquerdo como indicado pela estrutura da vegetação e árvores mortas, evidências de campo reforçam esta idéia, através da observação de numerosas árvores caídas, algumas com destacamento de raízes. O piso florestal altamente heterogêneo com presença de troncos de árvore caídos e galhos também explica altos valores relativos para a razão Q/P nas áreas de florestas bem preservadas como visto em estudos anteriores de hidrologia florestal, realizados por Coelho Netto (1987).

ABSTRACT:

Landslide scars in mountainous forest areas create gaps at tree canopy level and expose the soil so favoring runoff and wash process production that limit the regeneration process. This study focuses on a landslide scar (17.888m²) generated in February 1988 to understand hydrological responses to the biota-soil interface changes occurring within the scar and in the surroundings throughout time. The data of this study are compared with the previous study developed in 1995 (Rocha Leão, 1997) on an artificial drain in the superior portion of the scar that raised concentrated flows and limited reforestation processes. This drain was closed in 2002 favoring the initial revegetation of the exposed soil area.

The vegetation structure data were gathered from two transversal sections in the superior portion of the scar, median values of the diameter at breast height (DBH) and height (H) showed the following results: late secondary forest (LSF) DBH = 4,86cm and H = 6,38m; left border (LB): DBH = 6,14cm and H = 5,68 m; right border (RB): DBH = 4,78cm and H = 4,78m; area of initial revegetation (IR): DBH = 3,57cm and H = 3,94m. The topsoil of LSF is sandy with a high percentage of aggregates >2 mm; in LB, RB and IR occurs a sandy loam soil of low aggregate. The porosity data are higher at LB and at IR in relation to Rocha Leão's data. Hydrological data were evaluated in hydro-erosive plots at the interior of different vegetation domains. Average flow rate values were found (Q)/precipitation (P), thus (Q/P x 100) of 1,67% for LSF; 3,33% for LB; 7,08% for RB and 3,46% for IR. These values are relatively high when compared to results in well-conserved forest areas (1%). At RB the proximity to a structural degree increases local runoff. As for average sediment charge transported in the domains inside the clearing, a value of 98g/m²/L was found during the sampled rainy period. If we validate this level with the clearing's erosive domain (around 60% of the total area) this level will imply a total charge of around 1,05 ton. of sediment transported to the canal, providing a sediment charge that is high or sufficient enough to maintain silting up of tributaries streams, so favoring a rise in flood frequency in lowland areas. The results indicate that after 18 years of forest regeneration in the studied gap, the internal borders showed structural parameters, close to the values found in the adjacent forest. However it calls our attention a possible delayed response

of forest degradation particularly in the left LSF as indicated by the vegetation structuring and dead trees; additional field evidences as given by numerous fallen trees and uprooted fallen trees reinforce this idea. The highly heterogeneous forest floor with fallen tree trunks and stems also would explain the higher Q/P values relative to the well preserved forest areas, according to the previous forest hydrology studies by Coelho Netto (1987).

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	6
2.1) Objetivo geral	6
2.2) Objetivos específicos	6
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1) Hidrologia florestal	7
3.2) Sucessão vegetal em florestas tropicais úmidas	15
3.3) Recuperação florestal de clareiras e seus principais fatores limitantes	18
4 - ÁREA DE ESTUDO.....	21
4.1) O Maciço da Tijuca	21
4.2) A Floresta da Tijuca	22
4.3) A Bacia do Rio dos Macacos	24
4.4) Área laboratório: a cicatriz - clareira da Vista Chinesa	27
5 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
5.1) Caracterização da estrutura da vegetação	34
5.2) Mensurações de chuva e interceptação pela vegetação	36
5.3) Mensurações de escoamento superficial e transporte de sedimentos	38
5.4) Análise das características do topo do solo	41
5.5) Descrição da serrapilheira	42
6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
6.1) Estrutura da vegetação	43
6.2) Caracterização dos solos e serrapilheira	60
6.3) Resultante hidrológica	70
7 - CONCLUSÕES.....	76
8 - BIBLIOGRAFIA.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Esquema de sistema geo-hidroecológico composto por processos atuantes na recuperação de clareiras e seus fatores atuantes. Em destaque os processos analisados nessa pesquisa e resposta final de recuperação.
- Figura 2:** Esquema ilustrativo da atuação da cobertura vegetal na entrada de fluxos de água (extraído de Coelho Netto, 1994).
- Figura 3:** Ilustração das possíveis rotas de fluxos d'água nas encostas (extraído de Dunne e Leopold, 1978).
- Figura 4:** Mapa de localização do Maciço da Tijuca. Fonte: GEOHECO/UFRJ.
- Figura 5:** Imagem de satélite do maciço da Tijuca evidenciando a pressão exercida pela metrópole por sua vizinhança. Fonte: Google Earth, 2006.
- Figura 6:** Mapa da Bacia do Rio dos Macacos. Fonte: GEOHECO/UFRJ.
- Figura 7:** Fotografis aérea das cicatrizes de deslizamento fonte: GEOHECO-UFRJ.
- Figura 8:** Fotografia aérea do deslizamento da Vista Chinesa logo após o evento em fevereiro de 1988 (Foto: GEORIO).
- Figura 9:** Mapa geotécnico da encosta estudada, observado a área da cicatriz de deslizamento da Vista Chinesa, adaptado de Santos da Rocha et al.(1992).
- Figura 10:** foto da cicatriz Vista Chinesa em fevereiro de 1988, logo após o movimento de massa que originou a cicatriz, fonte: GEOHECO-UFRJ.
- Figura 11:** Fotografias do interior da clareira .
- Figura 12:** fotografia com visão da área com revegetação incipiente em direção as bordas da clareira e foto da floresta secundária tardia no entorno adjacente à clareira de deslizamento
- Figura 13:** Mapa de localização dos transectos e domínios analisados na clareira de deslizamento da Vista Chinesa e em seu entorno florestado.
- Figura 14:** Esquema dos transectos e quadracts utilizados no levantamento da estrutura da vegetação e divisão dos domínios analisados no estudo.
- Figura 15:** Fotografia de pluviômetro digital instalado na bacia estudada.
- Figura 16:** Projeto de pluviômetro artesanal instalados na área laboratório.
- Figura 17:** Desenho esquemático mostrando a parcela de escoamento superficial e a posição dos pluviômetros.
- Figura 18:** Fotografia ilustrativa de parcela de escoamento superficial localizada no domínio de floresta secundária tardia.

- Figura 19:** Fotografias do procedimento de coleta das sub-amostras de sedimentos escoados a esquerda e detalhes de instrumentos de coleta.
- Figura 20:** Histograma com médias gerais de área basal nos diferentes domínios.
- Figura 21:** Histograma comparativo de área basal entre os transectos nos diferentes domínios.
- Figura 22:** Histograma com médias gerais de altura estimada nos diferentes domínios e desvio padrão.
- Figura 23:** Histograma comparativo de médias gerais de diâmetro a altura do peito entre os transectos e desvio padrão.
- Figura 24:** Histograma com médias gerais de altura estimada nos diferentes domínios e desvio padrão.
- Figura 25:** Histograma comparativo de altura estimada nos diferentes domínios entre transectos e desvio padrão.
- Figura 26:** Gráficos de altura estimada em diferentes classes de altura nos domínios estudados.
- Figura 27:** Fotografias das bordas em contato com a floresta, com destaque para a estrutura da vegetação na borda esquerda e borda direita.
- Figura 28:** Fotografias de árvores caídas com destacamento de raízes próximos a formigueiros.
- Figura 29:** Quadro com resultados médios gerais de todos os parâmetros analisados sobre a estrutura da vegetação nos domínios e resultados referentes a outros estudos realizados na bacia do rio dos Macacos.
- Figura 30:** Quadro com resultados médios gerais de todos os parâmetros analisados sobre a estrutura da vegetação dos domínios nos diferentes transectos.
- Figura 31:** Quadro com resultados médios gerais de condições estruturais da vegetação no sub-sistema hidrográfico da zona sul, segundo GEOHECO-UGRJ/SMAC (2000).
- Figura 32:** Histograma com resultados médios de diâmetro a altura do peito (DAP) nos diferentes domínios em dois diferentes momentos.
- Figura 33:** Histograma com resultados médios de altura estimada nos diferentes domínios em dois diferentes momentos.
- Figura 34:** Fotografia da clareira da Vista Chinesa em 1996, com destaque para espécies colonizadoras pioneiras.

Figura 35: Triângulo textural com os pontos amostrados em diferentes domínios na profundidade de 0 a 5cm.

Figura 36: Triângulo textural com os pontos amostrados em diferentes domínios na profundidade de 10 a 15cm.

Figura 37: Quadro com descrição das características físicas da serrapilheira e espessura nos diferentes domínios.

Figura 38: Fotografias do piso florestal nos diferentes domínios.

Figura 39: Gráfico de correlação entre precipitação monitorada no posto pluviométrico e em pluviômetro em localização aberta no interior da clareira .

Figura 40: Gráfico de correlação entre precipitação aberta e precipitação terminal nos diferentes domínios.

Figura 41: Fotografias dos domínios analisados em dias de chuvas.

Figura 42: Gráfico com valores médios da razão Q/P (%) em cada domínio estudado.

Figura 43: Gráficos de correlação entre precipitação terminal e escoamento superficial em cada domínio.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Valores da análise granulométrica (%) em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Tabela 2: Valores médios da análise granulométrica (%) nos diferentes domínios. Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Tabela 3: Valores de percentual de agregados em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Tabela 4: Valores médios de percentual de agregados nos diferentes domínios. Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Tabela 5: Valores de percentuais de porosidade, macroporosidade e microporosidade em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Tabela 6: Valores médios de porosidade, macroporosidade e microporosidade nos diferentes domínios. Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Tabela 7: Valores de percentuais de matéria orgânica todos os pontos amostrados, na profundidade de 0 a 5cm, nos diferentes domínios.

Tabela 8: Valores médios de matéria orgânica nos diferentes domínios, na profundidade de 0 a 5cm. Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Tabela 9: Valores médios de características físicas do topo do solo, na profundidade de 0 a 5cm em estudo desenvolvido por Rocha Leão (1997).

Tabela 10: Classes de chuvas, número de casos, vazões médias, declividade e desvio padrão (entre parênteses) e vazões máximas e mínimas nos domínios estudados (FST, BE, RI e BD).

Tabela 11: Dados referentes a vazão média, média de concentração de sedimentos e carga total de sedimentos nos diferentes domínios..

1) Introdução

Os deslizamentos de solos e rochas, também chamados de escorregamentos, são fenômenos naturais marcantes na evolução das encostas íngremes, assim como o intemperismo e a erosão. Constitui, desta forma, um processo natural na dinâmica da modelagem da superfície terrestre (Dikau, *et al.*, 1996 e Fernandes, 1998). Entretanto, estes fenômenos podem ter ocorrências aceleradas por conta de interferências antrópicas que alteram a estrutura e funcionalidade dos ambientes montanhosos.

Estando as escarpas de regiões montanhosas tropicais sujeitas, com certa frequência, à ocorrência de deslizamentos, a cobertura florestal exerce um papel relevante no que diz respeito à estabilidade das encostas, tanto pelas suas funções hidrológicas, que promovem altas taxas de infiltração e favorecem o armazenamento das águas pluviais em subsuperfície, atuando na interceptação, estocagem pela serrapilheira e redistribuição das chuvas por infiltração no solo, como também pela sua função de reforço mecânico, atribuído principalmente pelo ancoramento do solo desempenhado pelas raízes (Coelho Netto, 1985 e 1999; Prandini *et al.* 1976 e Greenway, 1987). Estes deslizamentos são, em sua maioria, relacionados a eventos concentrados de precipitação de grande intensidade durante o verão, e se agravam quando a taxa de umidade antecedente do solo é alta (Mousinho de Meis *et al.*, 1968; Coelho Netto *et al.*, 1999).

Nas encostas do Maciço da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, os deslizamentos são freqüentes, tornando-se uma área laboratório para estudos referentes a distúrbios deste tipo e com a peculiaridade de estar próximo a uma metrópole, possibilitando, desta forma, estudos de interface urbano-florestal, já que outras grandes cidades no mundo encontram-se com esta característica de proximidade de regiões montanhosas e problemas agravados na interface com a urbanização. Amaral *et al.* (2004), em estudo cronológico entre 1938 e 2001, registrou uma média de 28 escorregamentos/ano na cidade do Rio de Janeiro nesse período.

A degradação da cobertura florestal devida à ocupação desordenada das encostas, incêndios (causados por queima de lixo, balões, práticas culturais) e poluição, reflete-se na alteração dos processos hidrológicos, pois modificaram-se as condições de interceptação, redistribuição e infiltração da água da chuva,

potencializando o aumento do trabalho erosivo e a susceptibilidade a movimentos de massa, evidenciando a pressão que a metrópole exerce sobre o sistema florestal (Zaú, 1994). Corroborando tal fato, Coelho Netto (1996) mostrou que apenas 12% dos deslizamentos causados por chuvas intensas no ano de 1996 no maciço da Tijuca ocorreram em florestas em bom estado de conservação.

Portanto, tais eventos erosivos, comuns à natureza do ambiente florestal, quando próximos a grandes centros urbanos como no caso da cidade do Rio de Janeiro, além de causarem destruição em sua rota, potencializam as enchentes nos fundos de vales e principalmente nas baixadas costeiras. Este fato resulta do rápido assoreamento dos canais de drenagem, naturais ou artificiais, agravando-se por conta de outras formas de intervenção humana, tais como construções de pontes com estrangulamento dos canais, despejos de lixo, dentre outros aspectos típicos dos grandes centros urbanos. Estes problemas freqüentemente resultam em perdas tanto materiais como humanas para a cidade.

No sistema florestal, os deslizamentos deixam cicatrizes erosivas que constituem clareiras de vários tamanhos. As clareiras no meio florestal podem ser de menor magnitude, como as geradas pela morte natural ou acidental de uma ou mais árvores sobre o piso florestal (Kageyama, 1989; Valverde e Silvertown, 1997; Fravel *et al.*, 1988), ou por um evento erosivo de grande magnitude como um movimento de massa, resultando em uma abertura do dossel florestal.

Nesse sentido, estudos integrados em interface com diversas áreas do conhecimento, têm sido desenvolvidos pelo laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO/UFRJ) no intuito de haver maior compreensão do funcionamento do geocossistema florestal. Estas linhas de pesquisas desenvolvidas são vistas como pioneiras na questão da recuperação e reabilitação de áreas degradadas em clareiras de deslizamentos, sendo fundamentais na geração de modelos que possam constituir-se em guias-norteadores de projetos aplicados à recuperação de áreas degradadas (RAD), particularmente em clareiras no meio florestal, a partir de cicatrizes erosivas geradas por movimento de massa.

Nas clareiras geradas por movimento de massa geralmente ocorre uma total destruição do sistema de relações biota-solo-água, propiciando a geração de escoamento superficial (tipo "hortoniano") e conseqüente erosão superficial, ambos limitantes da retomada do processo de revegetação. Estas clareiras também promovem grande distúrbio, levando a alterações hidro-climáticas na floresta do

entorno, resultando no chamado efeito de borda. Isto afeta, portanto, uma área além dos limites da cicatriz, a qual sofre modificações em condicionantes como luminosidade, temperatura do ar e do solo, umidade e interceptação, associadas a uma rarefação das copas. Este efeito se traduz na propagação da degradação da floresta no entorno da área afetada, levando a uma crescente vulnerabilidade do solo, podendo causar novos movimentos de massa na encosta adjacente a essas cicatrizes (Coelho Netto *et al.*, 1999; Castro. Jr. *et al.*, 1997 e Larsen *et al.*, 1999).

Embora seja um fato comum na dinâmica florestal, o estudo de recolonização de clareiras geradas por deslizamentos é pouco discutido na literatura (Guariguata, 1990; Castro Jr., 1991; Rocha Leão, 1997; Turetta, 1997; Larsen *et al.*, 1999; Chirol, 1999; Vilela, 1999; Cruz, 2001; Chirol, 2003; Oswaldo Cruz, 2003; Vilela, 2003 e Montezuma, 2005). Estes estudos indicam que o processo de revegetação dessas clareiras se dá de forma não uniforme, variando em função do seu tamanho e de particularidades morfológicas da cicatriz erosiva que a gerou.

Estudos conduzidos no Maciço da Tijuca por Coelho Netto (1979 e 1987) destacam as altas taxas de infiltração e de capacidade de retenção de umidade do sistema florestal, sendo raros os casos de ocorrência de escoamento superficial. Este fato se dá basicamente por atuação da vegetação na interceptação das chuvas pelas copas arbóreas (Miranda, 1992) e pelo fundamental papel exercido pelo compartimento do topo do solo (interface solo – serapilheira) na diminuição da erosão superficial, evitando a selagem do solo e permitindo o armazenamento e posterior infiltração da água para o seu interior (Vallejo, 1982; Coelho Netto, 1985 e Castro Jr. 1992). A fauna endopedônica contribui para a formação de macroporosidade no topo do solo como demonstraram Castro Jr. (1992) & Chirol (2003) facilitando a infiltração, que juntamente com os sistemas radiculares e dutos do solo, tem uma função hidrológica importante, propiciando um alto índice de permeabilidade nas camadas superficiais dos solos florestais (Nunes *et al.*, 1992; Freire Alemão, 1997; Jansen, 2001; Basile, 2004 e Corrêa, 2004).

Portanto, à reestruturação do topo do solo se torna importante em áreas expostas à degradação, como clareiras geradas por deslizamentos. Este compartimento, além de atuar como regulador e redistribuidor das águas das chuvas em direção ao horizonte mineral, atua na ciclagem de nutrientes que ocorre no chamado sub-sistema decompositor inserido nessa camada. Este é responsável em

grande medida pela manutenção do ecossistema florestal tropical (Swift e Anderson, 1979).

Desta forma, esta pesquisa se concentra em avaliar as respostas geocológicas em um ambiente de clareira por deslizamento, a partir do retorno da funcionalidade da floresta, dando ênfase à reestruturação do topo do solo e aos fatores limitantes à recolonização vegetal. O estudo é motivado pelo início da retomada da revegetação sem a interferência de um dreno que injetava fluxos pontuais de água oriundos da estrada que limitava a revegetação por lavagem superficial.

Tendo em vista que a partir do retorno da funcionalidade hidrológica do topo do solo, como visto na figura 1, este compartimento vem a desempenhar um papel de regulador da dinâmica de infiltração e escoamento no piso florestal, reduzindo assim a erosão por escoamento superficial que, na maioria dos casos, torna-se o fator limitante desse retorno. Ressalta-se também a importância de conhecer o tempo de recuperação do topo do solo, ou seja, de conhecer em que momento e sob que condições específicas o retorno da vegetação passa a contribuir de forma efetiva para a redução das taxas de erosão em uma clareira gerada por deslizamento.

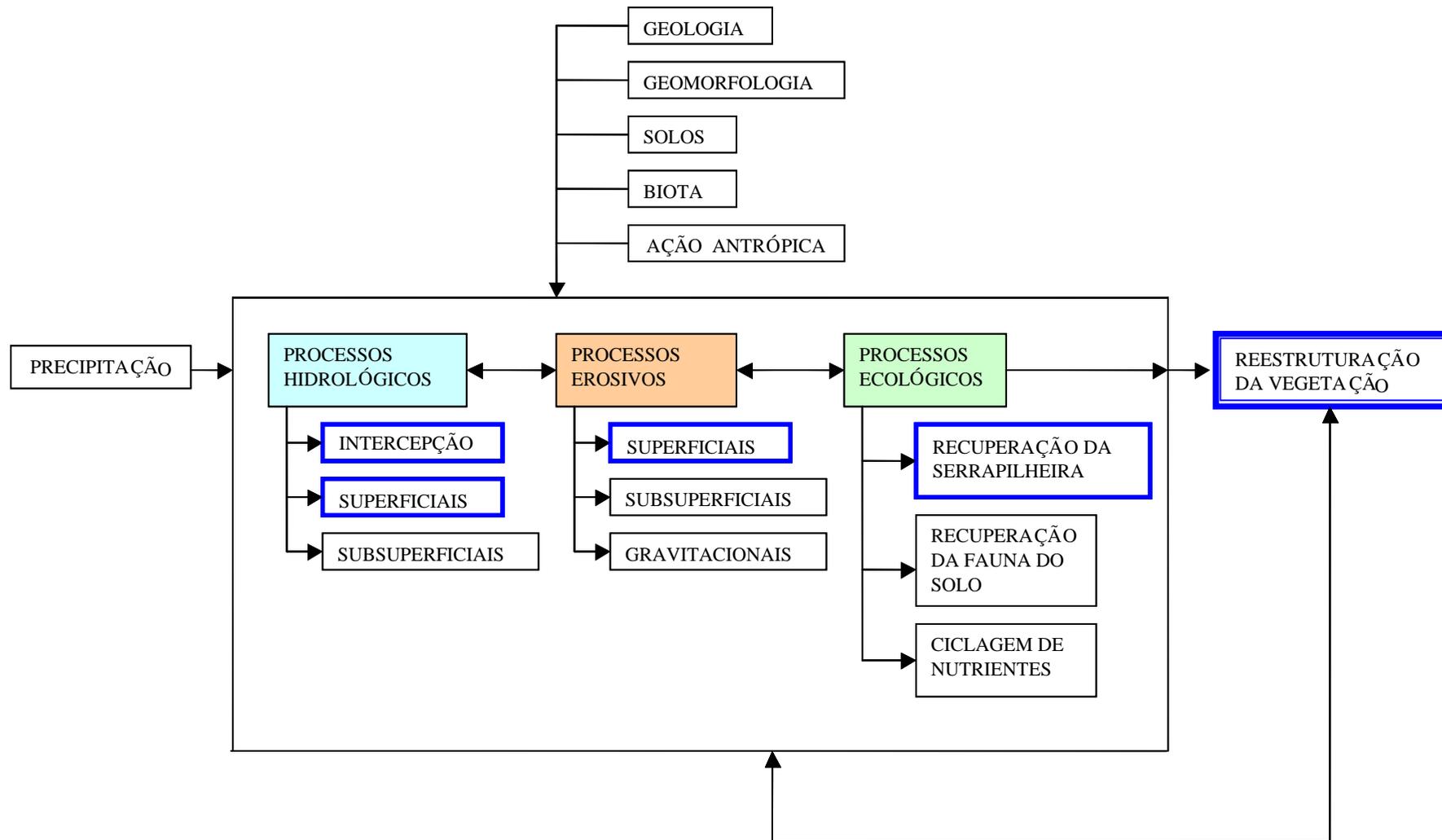


Figura 1: Sistema geo-hidroecológico composto por processos atuantes na recuperação de clareiras e seus fatores atuantes. Em destaque os processos analisados nessa pesquisa e resposta final de recuperação.

2) Objetivos

2.1) Objetivo central

Este estudo tem como objetivo, analisar a sucessão vegetal em uma clareira gerada por movimento de massa (geração de 1988) e o retorno de sua funcionalidade hidrológica associada ao processo de reestruturação do topo do solo e suas implicações nos processos erosivos e de retorno de condições específicas para a conservação do sistema florestal. Pretende-se avaliar este processo sob o ponto de vista hidrológico, após dezoito anos do evento que o gerou, dando ênfase à parte superior da cicatriz, onde predominam os processos erosivos por escoamento superficial e após o fechamento de um dreno que injetava fluxos pontuais de água oriundo da estrada que limitava a revegetação por lavagem superficial.

2.2) Objetivos específicos

- 1) Caracterizar a estrutura da vegetação arbórea, a fim de correlacionar com sua funcionalidade na interceptação e distribuição dos fluxos das chuvas, nas áreas de revegetação induzida e espontânea.
- 2) Mensurar a entrada de água no sistema florestal e sua interceptação pelas copas arbóreas.
- 3) Mensurar o escoamento superficial, em parcelas hidro-erosivas (3mx2m) e perda de solo como um indicador de erosão.
- 4) Análise física do topo do solo e descrição da altura e estrutura da serrapilheira nos domínios analisados por parcelas hidro-erosivas.

3) Revisão Bibliográfica

3.1) Hidrologia florestal

A cobertura vegetal de florestas exerce muitas funções para o meio, sendo uma delas a de controlar e redistribuir a entrada de água no solo. Desta forma, as florestas são consideradas como áreas de maiores taxas de infiltração, capacidade de armazenamento de água das chuvas e raras ocorrências de fluxo superficial típicos de solos expostos. Já no século XIX, Gilbert (1877) afirmava que a vegetação estava diretamente ligada ao suprimento de água e, com o passar dos anos, muitos estudos se direcionaram para o entendimento do papel da vegetação atuando na hidrologia.

A chegada da água da chuva no sistema florestal tropical se dá pela precipitação meteórica. As chuvas ocorrem a partir do momento em que o vapor d'água contido no ar atinja o chamado ponto de saturação, quando as moléculas se agrupam e formam gotas com peso superior às forças que mantêm as gotículas de água formadora das nuvens em suspensão. Os diferentes mecanismos de formação das chuvas se relacionam diretamente com a abrangência espacial dos eventos. As chuvas podem ser consideradas de eventos regionais de precipitação, quando associadas a grandes extensões, e eventos locais quando abrangem áreas menores. Três tipos de chuvas podem ser definidos:

As chuvas regionais que são geradas por choques de massas de ar com diferentes características de temperatura e umidade. No caso brasileiro estas chuvas estão associadas aos avanços de massas de ar polares em direção a massas quentes e úmidas continentais, denominadas frentes frias ou polares. Próximo ao Equador, na região amazônica, as chuvas regionais estão freqüentemente associadas aos movimentos de convecção do ar em grande escala.

As chuvas convectivas são aquelas geradas por movimentos de convecção do ar, desenvolvendo-se, principalmente, nas regiões tropicais e equatoriais associadas às nuvens "*cumulonimbus*" e descargas elétricas, atingindo áreas num raio de até 80 km. A convecção do ar é causada pela diferenciação térmica entre a parte central e as porções circundantes do ar, devido ao forte aquecimento solar da superfície do terreno durante o dia.

Por fim, as chamadas precipitações orográficas, que muitas vezes associam-se à entrada de frentes, ocorrendo quando as correntes de ar tendem a ultrapassar montanhas, serras e escarpas, onde a distribuição da precipitação é bastante afetada (Hewlett, 1969; Pinto, 1976 e Tucci, 1993).

O primeiro contato da chuva com a vegetação se dá pela sua intercepção pelas copas. A cobertura vegetal tem como uma de suas múltiplas funções o papel de interceptar parte da precipitação pelo armazenamento de água nas copas arbóreas e/ou arbustivos, de onde é perdida para atmosfera por evapotranspiração durante e após as chuvas. Quando a chuva excede a demanda da vegetação, a água atinge o solo por meio das copas (atravessamento) e do escoamento pelos troncos (fluxo de tronco) (Hewlett, 1969 e Coelho Netto, 1994).

Pode-se observar, no caso da Floresta da Tijuca, em estudos conduzidos por Coelho Netto (1986) e Miranda (1992), uma variabilidade da intercepção mensal em relação às variações na distribuição de chuvas, especialmente, quanto à sua intensidade. Estes resultados apontam para uma maior intercepção florestal na estação menos chuvosa (maio a agosto) influenciada tanto pelo regime de chuvas, menos intensas, como na demanda da vegetação. Estudos conduzidos por Miranda (*op. cit.*), na estação experimental do alto rio da Cachoeira no maciço da Tijuca, apontam que chuvas de até 10mm podem ser totalmente interceptadas pelas copas, florestais, aumentando linearmente o atravessamento com o aumento da chuva, sendo responsáveis por perdas da água que precipita sobre a bacia da ordem de 24,5% do volume total de chuvas. Coelho Netto (1985), num estudo preliminar encontrou uma taxa de 11% para a intercepção pelas copas na bacia do alto rio Cachoeira. Entre outras questões, a razão principal de tal discrepância entre os dois valores está em que a autora pondera em seus cálculos os espaços abertos do Parque Nacional da Tijuca – RJ, como estradas, parques, trilhas e estacionamentos. Silva *et al.* (2003), em estudo desenvolvido na floresta do Camorim localizada no maciço da Pedra Branca – RJ, floresta, essa, de caráter secundária, apontou para valores médios de intercepção do volume total das chuvas de 13,3% para o domínio do divisor de drenagem e de 29,7% para a área amostral localizada no fundo de vale.

Oliveira e Coelho Netto (2001), ao avaliar a intercepção pelas copas arbóreas em áreas florestadas sob diferentes estágios sucessionais, após manejo agrícola realizado por comunidades caiçaras na Ilha Grande-RJ, apontaram médias de

27,7% para áreas de formação florestal pioneira, 28,9% em áreas de formação secundária de 25 anos e de 58,6% nas áreas de floresta clímax.

Em relação ao atravessamento das chuvas pelas copas arbóreas, Vallejo e Vallejo (1981), Miranda (1992) e Negreiros (2004) mostraram na floresta da Tijuca uma grande variação pontual do atravessamento de chuvas individuais pelas copas arbóreas. Esta variabilidade está associada a elementos estruturais da vegetação como a complexidade do dossel florestal e a morfologia das plantas. No interior da floresta é possível encontrar pontos com precipitação terminal superior aos valores de precipitação acima das copas arbóreas. Tal fato é assumido em função da umidade antecedente, composição e estrutura da vegetação, como o fato de árvores de grande porte terem galhos que se projetam em ângulos relativamente horizontais. (Miranda, 1992). Outro exemplo pode ser dado através das bromélias que acumulam água no interior de sua folhagem e, ao transbordarem, aumentam um fluxo contínuo em direção ao solo. Holwerda *et al.* (2006), em área de floresta tropical úmida na região alto Montana de Porto Rico, encontrou valores variando entre 73% a 77% de atravessamento das chuvas.

Segundo Miranda (1992), o fluxo de tronco (*stemflow*) representa baixa proporção em relação à penetração da água das chuvas no piso florestal, como observado na floresta da Tijuca, representando em média menos de 2% das chuvas, e sua ocorrência se dá com chuvas superiores a 7 milímetros. O autor ressalta a alta variabilidade espacial do fluxo de troncos, que resulta dos aspectos: diâmetro dos troncos e arquitetura das copas arbóreas. Este estudo também mostrou que palmeiras (*Euterpe Edulis*), bastante presentes nas encostas do maciço da Tijuca, possuem uma arquitetura de suas copas com acentuado grau de convergência para o centro da planta, gerando maiores taxas de fluxo de tronco. Em contrapartida, as árvores de grande porte geram menos fluxo de tronco, por conta destas apresentarem galhos com inclinações próximas a 90° em relação ao seu eixo principal, que apresentam concentração de fluxos na superfície do tronco e que caem por gotejamento.

Já Holwerda *et al.* (2006) encontraram valores de 4,1% de fluxo de tronco em área de floresta anteriormente citada em Porto Rico. O autor ressalta que a área amostral era composta de 0,26% de palmeiras (*Prestoa Montana*), e que estas contribuíram para cerca de 66% do total de fluxo de tronco, fornecendo um valor de 2,7% para a porcentagem do total encontrado.

Com a chegada da água da chuva ao piso florestal (precipitação terminal), parte desta água é absorvida pela camada de serrapilheira (camada composta por detritos orgânicos que caem da vegetação: folhas, galhos, sementes e flores), que além de atuar como agente favorecedor à infiltração como distribuidor do fluxo em direção ao solo, impede o gotejamento direto das gotas de chuva na superfície mineral. Estudos conduzidos por Vallejo (1982), Coelho Netto (1985 e 1987) e Castro Jr. (1991) confirmam a importância do papel exercido pela serrapilheira na diminuição da erosão superficial, evitando a selagem do topo do solo e permitindo altas taxas de infiltração no ambiente florestal.

Em estudo em que foi quantificada a produção de serrapilheira no maciço da Tijuca, Oliveira (1987) encontrou uma taxa média de produção atingindo 8.900 kg/ha/ano. Montezuma (2005), em área de floresta secundária tardia, achou valores próximos a estes, de 8.700 kg/ha/ano, e para áreas no interior de clareiras geradas por deslizamentos esses valores variaram entre 3.200 a 8.700 kg/ha/ano. Já Kindel e Garay (2002), considerando também a camada da serrapilheira sob processo de mineralização, que compreende o material fino menor que 2mm (camada H), encontraram valores médios de 17.000 kg/ha/ano para a floresta da Tijuca e valores variando entre 5.890 a 6.280 kg/ha/ano para dois diferentes tipos de domínio em mata de tabuleiro no Espírito Santo.

Coelho Netto (1987) descreve os mecanismos de formação de fluxos de serrapilheira em encostas do maciço da Tijuca, ressaltando a pouca competência erosiva e a descontinuidade desse tipo de escoamento. Segundo a autora, esses fluxos se formam entre as camadas orgânicas (serrapilheira e malha fina de raízes), sendo absorvidos de forma lenta e gradual pela superfície mineral, e que a presença de certos elementos, tais como galhos, blocos rochosos ou folhas de difícil decomposição, aumenta a produção de escoamento numa proporção direta com a intensidade das chuvas. Vallejo (1982), em estudo conduzido na floresta da Tijuca, indica que a serrapilheira tem uma capacidade de retenção média em torno de 250% para a camada O₁, que corresponde aos detritos que não mostram evidências de decomposição e 300% para a camada O₂, que são os materiais decompostos em estado de fragmentação. Esta capacidade de retenção varia em função da composição dos detritos orgânicos e do estágio de decomposição.

Na interface solo-mineral-serrapilheira tem-se a presença da malha de raízes superficiais densamente distribuídas, assumindo muitas vezes uma estrutura

esponjosa, sendo sua presença decorrente da remanescência de outras formações vegetais ou de características da vegetação herbácea atual. Esta malha em conjunto com a serrapilheira formam o mais importante mecanismo para a ciclagem direta e captura de nutrientes (Vallejo, 1982 e Clevelário Jr., 1988). Segundo Oliveira *et al* (2002), a serrapilheira e a malha de raízes finas funcionam como um “filtro” que captura os nutrientes da água da chuva que entram no sistema florestal.

Um outro fator importante na estruturação do topo do solo como sendo um agente regulador da hidrologia superficial está na presença da atividade biogênica no topo do solo, papel exercido pela fauna endopedônica e profusão de raízes finas. Estas atividades geram macroporos no topo do solo, que aumentam a sua permeabilidade favorecendo a infiltração da água da chuva (Castro Jr., 1991).

No interior da matriz do solo, encontram-se as raízes vivas ou mortas que são meios de movimento de águas, nutrientes e ar no solo, sendo o desenvolvimento do sistema radicular controlado e modificado pelas propriedades do solo e pelo tipo de espécie vegetal (Armson, 1977). Desta forma, o sistema radicular de absorção e ancoramento exerce uma função hidrológica relevante atuando no controle das rotas preferenciais de percolação e concentração de água nos solos e através de sua função mecânica na estabilidade das encostas, variando em função não apenas do padrão de enraizamento dos indivíduos, podendo variar verticalmente ou lateralmente, mas principalmente, das próprias condições mecânicas do solo, onde se ancoram esses sistemas radiculares (Nunes *et al.*,1992; Freire Alemão, 1997; Jansen, 2001; Silveira, 2004; Basile, 2004 e Correa, 2004). Os caminhos dos fluxos da água das chuvas e a atuação da cobertura florestal nestes, podem ser visualizados na figura 2.

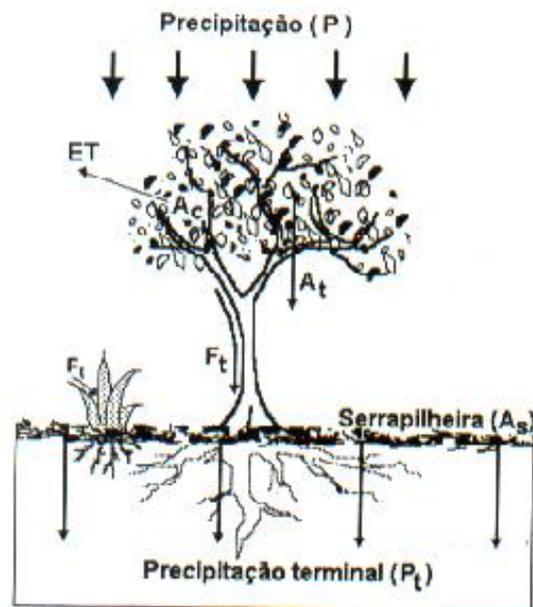


Figura 2: Atuação da cobertura vegetal na entrada de fluxos de água, onde: P é precipitação; E_t é evapotranspiração; A_c é armazenamento das copas; A_T é atravessamento nas copas; F_T é fluxo de tronco; A_s é armazenamento pela serrapilheira e P_T é precipitação terminal (extraído de Coelho Netto, 1994.)

A água das chuvas que chega às bacias florestadas pode tomar diversos caminhos até sua chegada ao canal fluvial, sendo definidos por variáveis que regulam a infiltração rumo ao horizonte mineral e escoamento superficial. Dunne & Leopold (1978) apontam para diferentes destinos da drenagem da água da chuva em encostas, via quatro tipos de escoamento: fluxo superficial tipo "hortoniano"; fluxo sub-superficial da chuva; fluxo subsuperficial de saturação e fluxo subterrâneo, como exemplificado na figura 3.

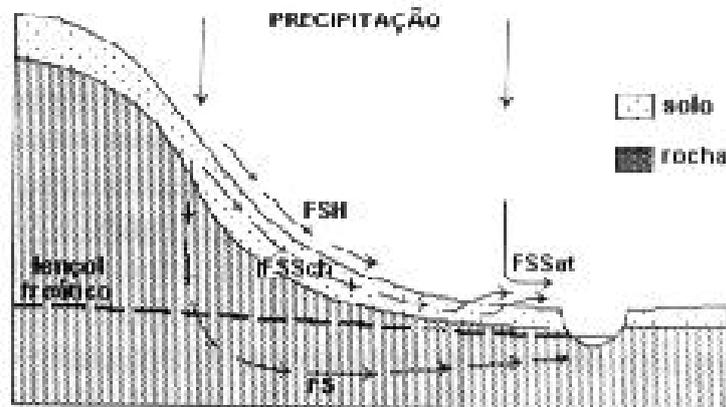


Figura 3: Possíveis rotas de fluxos d'água nas encostas, onde : FSH é fluxo superficial hortoniano, FSSch é fluxo subsuperficial de chuva, FSSat é fluxo subsuperficial de saturação, FS é fluxo subterrâneo (extraído de Dunne e Leopold, 1978).

Quando a precipitação supera a capacidade de infiltração do solo, ocorre o escoamento superficial que é definido como sendo a água não infiltrada no solo e que escoar em superfície em direção aos canais. A capacidade de infiltração do solo pode ser regulado a partir da sua saturação frente à condutividade da umidade no solo, por suas características estruturais (Horton, 1933 e 1945) ou por efeitos de selagem da superfície, oriunda do efeito *splash* (Guerra, 1999), logo, segundo Horton (1945), se a intensidade da chuva for menor do que a capacidade de infiltração do solo, não haverá a presença de escoamento superficial (fluxo hortoniano).

A ação por *splash* é o processo erosivo gerado pelo impacto das gotas de chuva no solo que prepara as partículas do solo para o transporte por escoamento superficial. Este reparo se dá pela ruptura dos agregados e por transporte das partículas que podem ser lançadas a até alguns centímetros de distância. A partir desse processo os agregados rompidos vão preenchendo os poros da superfície, provocando a selagem e conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento da água da chuva (Morgan, 1986 e Guerra, 1999).

Foot *et al.* (2005) estudando o papel da inclinação e orientação das folhas de três diferentes plantas e a arquitetura de seu dossel em relação ao destacamento de

solo por ação das gotas das chuvas através de experimento em laboratório, observou que os parâmetros analisados do estudo não possuem efeitos significantes no destacamento do solo abaixo de seu dossel. Este processo pode ser ditado pela localização das suas folhas, frequência das gotas em direção ao solo e por sua intercepção abaixo do dossel. O estudo também aponta para um efeito de proteção do solo obtido pelo dossel das plantas simuladas, o que não diferenciou significativamente neste estudo do experimento realizado em solo exposto sem ação da cobertura vegetal. Cabe ressaltar, entretanto, que o estudo não levou em consideração a presença da camada de serrapilheira acima do solo.

A partir do escoamento em superfície se dá início a um tipo de erosão denominada de erosão laminar. Segundo Horton (1945) a força imposta pelo escoamento superficial ainda não é suficiente para transportar partículas, mas a medida que esse fluxo aumenta e acelera, encosta abaixo, ocorre o destacamento das partículas do solo e, finalmente, a erosão começa a ocorrer a partir de uma distância crítica do topo da encosta (Morgan, 1986 e Guerra, 1999) Nesse estágio do processo erosivo, dependendo de sua intensidade, pode começar a ocorrer uma pequena incisão no solo, em geral onde o fluxo de água começa a se concentrar, podendo dar início a formação de ravinas (Morgan, 1986).

A água que percola no horizonte mineral em direção aos canais fluviais, originam diferentes tipos de fluxos. Parte da água pode aflorar nos segmentos de baixa encosta, caracterizando o fluxo de retorno, quando este fluxo de retorno é associado à precipitação direta, e os fundos de vale ficam saturados, ocorre o fluxo subsuperficial de saturação. Portanto, em maior profundidade efetua-se o fluxo subterrâneo com velocidade de fluxo bem lento (Dunne e Leopold, 1978).

Como observado na bacia do alto rio da cachoeira no maciço da Tijuca, apenas 30% da precipitação anual converge para os canais fluviais durante os períodos chuvosos (Coelho Netto, 1985). A percolação de água no solo é favorecida pelas raízes arbóreas e o estoque de água nos solos e meio rochoso é elevado (cerca de 50 % das chuvas anuais) de onde retorna gradualmente para atmosfera por evapotranspiração (Silveira *et al.*, 2004 e Coelho Netto, 2005).

3.2) Sucessão vegetal em florestas tropicais úmidas

Dentro da floresta tropical úmida, as espécies que integram as diferentes etapas de sucessão, mostram certas características definidas em sua distribuição, apresentando desde um estágio inicial de colonização até um estágio clímax de sucessão, que leva a ocorrência de muitas famílias e espécies em um alto arranjo sucessional, durante um longo período de tempo (Budowski ; 1965; Withmore e Swaine, 1982; Corlett, 1995 e Guariguata, 2001). Tendo em vista o alto grau de preservação em áreas de floresta clímax, percebe-se a necessidade de apontar estas florestas como áreas controle, oferecendo subsídios a metodologias que venham a se estender a técnicas de recuperação de áreas que se encontrem em um maior grau de degradação.

Segundo Budowski (1965), a floresta tropical apresenta uma complexidade nas diferentes etapas do processo de sucessão, mostrando certas características definidas em cada etapa desse processo. O autor evidencia que este tem início pela colonização por espécies pioneiras e secundárias iniciais, na qual possuem uma distribuição ampla e são eficientes na disseminação de sementes. São espécies que resistem a condições edáficas e climáticas diversas. Já as espécies secundárias tardias apresentam características de decíduidade e podem alcançar um porte considerável quando chegam a uma idade avançada. Estas fazem parte do clímax nos bosques secos e decíduos. Nas comunidades clímax, encontra-se muito endemismo, e a sua composição é regida por uma marcante heterogeneidade das espécies vegetais, podendo ter casos de dominância de uma ou poucas espécies, devido à influência de certos fatores edáficos.

O processo de sucessão florestal com a particularidade de áreas de floresta secundária foi estudado por Corlett (1995), onde este afirma que a sucessão florestal em áreas de floresta secundária depende de várias características de natureza da floresta original, do solo, do distúrbio sofrido, da natureza da fauna e flora e a natureza da paisagem em que a área se insere. O autor descreve ainda o processo sucessional em florestas secundária tardia em diferentes estágios:

- vegetação pioneira: recobrimento por arbustos, herbáceas e gramíneas, que são espécies de características comuns, de rápido

crescimento em altura, madeira pouco lenhosa, galhos espaçados, crescimento indeterminado, folhas simples, as flores, quando novas tem produção abundante, frutos pequenos facilmente dispersados por pássaros, morcegos ou vento e suas sementes possuem dormência, com vida curta que varia entre 7 a 25 anos;

- pioneiras de vida longa: estas espécies são mais tolerantes que as espécies pioneiras e crescem abaixo do seu dossel, possuem madeira mais lenhosa, tendendo a ter mais altura, podendo viver de 50 a mais de 100 anos. São espécies normalmente decíduas mesmo com ausência de estação seca definida e que antes de sua morte geram condições para o crescimento de espécies vegetais tolerantes a sombra.
- espécies clímax: a sucessão florestal é claramente reconstrutiva convergindo à estrutura e composição da floresta original, presença de diversidade de espécies, indivíduos de grande porte, epífitas e sub-bosque espaçado

Para Konowski *et al.* (2003) em estudo conduzido em áreas sob ação de diferentes tipos de reflorestamento no leste da Austrália, as florestas em bom estado de conservação, podem ser caracterizadas por apresentarem um complexo conjunto de fatores estruturais, que inclui abundantes formas de vida, diferentes estratos de árvores, dossel fechado, presença de arbustos e serrapilheira bem desenvolvida. Este estudo também aponta, em análise comparativa, para uma eficiente recuperação das características estruturais da vegetação em antigas áreas de monoculturas arbóreas com idade média de abandono da cultura de 60 anos.

Chinea *et al.* (2003) em análise através de técnicas de ordenação e regressão com base em dados estruturais de vegetação, físicos e sócio econômicos em áreas de retorno da floresta tropical úmida, desde meados do século XX, em antigas áreas agrícolas em Porto Rico, verificou que os fatores sócios econômicos do histórico do uso do solo, em conjunto com os fatores biofísicos como o substrato rochoso, condições climáticas e altitude são de grande influencia na estrutura da paisagem florestal e na diversidade e composição das espécies.

Em estudo conduzido por Oliveira (2002) que avaliou o processo de sucessão florestal em trechos de florestas utilizadas anteriormente para cultivos de subsistência da população Caiçara na Ilha Grande no estado do Rio de Janeiro, em

áreas que correspondem a trechos sob processo de sucessão há 5, 25 e 50 anos e floresta primária. Foi observada a distribuição de suas espécies por grupos ecológicos em três diferentes situações: com dominância de pioneiras (área de 5 anos); com dominância de secundárias iniciais e tardias (áreas de 25 e 50 anos e com dominância de espécies climáticas (área climática). O autor ainda ressaltou que por conta da lenta evolução das variáveis estruturais nas áreas de 25 e 50 anos, elas foram classificadas como clímax antrópico. No entanto, através de análises de imagens geoprocessadas, aerofotogrametria e incursões de campo, permitiu-se afirmar que a maior parte da ilha estudada é constituída por grandes extensões de formações secundárias a partir de manejo caíçara, onde a maioria se encontram em avançados estágios de regeneração com idades podendo estar na faixa entre 30 a 100 anos.

Dewalt (2003) avaliando condições estruturais em uma cronosequência de 20, 40, 70 e 100 anos e área de floresta primária com mais de 500 anos, numa floresta tropical na parte central do Panamá, aponta que depois de 70 anos após o manejo da área e início do processo de sucessão natural, muitos aspectos estruturais nessas florestas secundárias se assemelham aos da floresta primária.

Nos ecossistemas de florestas tropicais, muitos estudos convergem para a importância da reestruturação do subsistema de decomposição no papel de restauração do sistema florestal, assim como o seu funcionamento representando um importante indicador da qualidade do ambiente e do processo sucessional (Swift e Anderson, 1979; Garay, 1995 e Castro Jr, 2004). Este subsistema está inserido na camada com existência de fragmentos orgânicos (serrapilheira) sobre a superfície do solo, que compõem a interface serrapilheira – topo do solo, onde predomina a ciclagem de nutrientes em solos tropicais (Armson, 1977 ; Swift e Anderson, 1979).

A decomposição da matéria orgânica no solo pode ser dividida em linhas gerais em três processos simultâneos, a lixiviação, o intemperismo e a ação biológica, que é regulado pela combinação dos efeitos da qualidade do recurso disponível e do ambiente físico químico na comunidade dos organismos decompositores (Swift e Anderson, 1979; Castro Jr., 2004). A lixiviação consiste na perda do material químico solúvel pela ação de fluxos de água, o intemperismo que é a ruptura mecânica dos detritos, em função de fatores físicos da natureza atmosférica e pela ação biológica que por sua vez resulta na fragmentação gradual e oxidação dos detritos pela atividade dos organismos vivos (Castro Jr., 2004).

A importância do subsistema de decomposição decorre do fato de que a maior parte da biomassa produzida nos ecossistemas não é diretamente consumida pelos herbívoros sendo transformada em necromassa, ou seja, recurso para esse subsistema. Esta matéria orgânica, que sofrerá finalmente uma oxidação completa, constitui o reservatório de nutrientes que deverão ser reciclados principalmente por ação da fauna endopodônica, com o intuito de assegurar os ciclos produtivos pela vegetação (Castro Jr., 2004).

3.4) Recuperação florestal de clareiras e seus principais fatores limitantes.

As clareiras no meio florestal podem ser de menor magnitude como as geradas pela morte natural ou acidental de uma ou mais árvores sobre o piso florestal, onde a floresta do entorno dessa clareira sofre modificações nas condições como luminosidade, temperatura do ar e do solo, umidade, interceptação, associadas a uma rarefação das copas (Kageyama, 1989). Estudo conduzido por Fravel *et al.*, (1988) mostra uma estimativa de quatro a seis anos de recuperação dessas clareiras variando em torno de seu tamanho e que a fase de clareira é caracterizada pelo aumento do crescimento por germinação, recrutamento, produção de frutos e alguns casos de sobrevivência.

Valverde e Silvertown (1997) acrescentam que a abertura de clareiras cria um mosaico de fases de regeneração na floresta que contribuem para a diversidade de sua comunidade, a partir da chegada de novas espécies. Os autores também citam a presença de espécies que são dependentes da formação de uma clareira para o seu estabelecimento. Eysenrode *et al.* (1998) acrescenta que a recuperação destas clareira no meio tropical e aumento de sua diversidade, depende de fatores como tamanho, orientação, forma, topografia e altura do dossel no entorno.

Uma outra forma de clareira no meio florestal é dada pela ocorrência de um evento erosivo de grande magnitude como um movimento de massa, resultando muitas vezes em grandes aberturas no dossel florestal. Segundo Guariguata (1990) o rápido retorno da cobertura vegetal, observados em seus estudos, refletem o funcionamento dinâmico dessas florestas. O autor aponta ainda para existência de espécies exclusivas na colonização de clareiras geradas por deslizamentos.

Estudos conduzidos na mesma área de estudo contemplada por essa pesquisa, desenvolvido por Rocha Leão (1997), observou a dinâmica hidrológica, no

que diz respeito ao escoamento superficial de uma clareira gerada por deslizamento e o seu processo limitante na revegetação, e os resultados mostram que o processo de sucessão da floresta se deu de forma espontânea, gerada pela própria floresta por efeito de borda e de forma induzida, a partir de projetos desenvolvidos por órgãos públicos, com a intenção de minimizar os processos erosivos da encosta, principalmente na proximidade da estrada.

Os estudos de Rocha leão (*op. cit.*) também apontaram que, após oito anos da formação da cicatriz, as diversas tipologias vegetais que colonizaram a cicatriz, decorrentes de processos diferentes de revegetação, apresentaram diferentes respostas hidro-erosivas, sendo a revegetação espontânea a que apresentou melhores respostas. A revegetação induzida teve grande dificuldade de estabelecimento, restando apenas pequenas manchas de espécies de crescimento rápido, como bambus e leguminosas. Essas tipologias vegetais mostraram pouca eficiência na regulagem da hidrologia superficial, principalmente pelas características da serrapilheira, que não se incorpora ao solo. Além disto aponta que há dois sentidos principais no processo de colonização espontânea da vegetação na clareira, das bordas para o centro, por conta do contato com a borda e da base para o topo, pois na base se concentra a matéria orgânica arrastada pelo deslizamento. Também foram vistos altos valores de escoamento superficial em toda a cicatriz, principalmente na área de solo exposto, com a peculiaridade de ravinamentos ativos no interior da cicatriz, gerados por entrada pontual de fluxos adicionais provindos da estrada em forma de canaleta. Essa erosão acelerada ocasiona uma desestabilização do substrato, retardando a recolonização vegetal.

Já Larsen *et al.*, (1999), em estudo em clareiras de deslizamento em Porto Rico, corrobora para a importância do papel da vegetação como agente controle de erosão superficial, onde mostrou taxas de erosão em cicatrizes respondendo fortemente ao controle do estado revegetativo e recobrimento do solo.

Estudo conduzido por Cruz (2001), em uma cicatriz localizada na encosta do Pico do Papagaio (maciço da Tijuca) e com presença de ravinhas, traz como resultados uma definição de diferentes domínios geo-hidroecológicos no seu interior, Esses domínios foram definidos através de uma combinação da ocorrência de condições específicas de declividade, dinâmica hidrológica, revegetação, substratos pedológicos e posição na encosta. Os dados de escoamento superficial mostraram valores de escoamento em sua relação precipitação (P)/escoamento superficial (Q),

razão Q/P x 100 variando 3,4% a 14,2% em parcelas no interior da clareira e nas suas bordas sob condições incipientes de revegetação. Nesta mesma clareira e em um momento posterior Oswaldo Cruz (2002) encontrou valores 2,6% a 6,0% nos mesmos domínios. Estes resultados confirmam Rocha Leão (1997) quanto à redução das taxas erosivas associadas à presença da revegetação.

Vilela (2003), ao analisar o comportamento erosivo de solos sob condições de revegetação na clareira por deslizamento do Papagaio observa que as características da vegetação interferem de forma marcante no processo erosivo, com a intensidade da chuva preponderando sob os demais fatores, tendo a qualidade da serrapilheira uma importante interferência na erosão e principalmente na geração de escoamento superficial. O estudo também concluiu em experimentos (*inderbitzen*) de que o efeito *splash* (conhecido no Brasil como salpicamento) tem um papel importante no processo de destacamento de partículas, e conseqüentemente, na erosão em áreas desprovidas de vegetação estruturalmente desenvolvida.

Em clareira ocasionada por movimento de massa na cicatriz da Vista do Almirante (Maciço da Tijuca), Turetta (1997), após sete anos do processo de sucessão florestal da clareira, identificou três domínios geo-hidroecológicos distintos: de revegetação lenta com serrapilheira não estruturada; de revegetação incipiente e com predomínio de áreas sem serrapilheira e dominância de samambaias rasteiras e zona deposicional, com menor declividade e serrapilheira estruturada com revegetação mais acelerada. Em recente estudo, Montezuma (2005) verificou que houve uma evolução no quadro sucessional da cicatriz com base em dados de área basal e de altura, identificando um outro domínio entre a zona deposicional e o domínio com serrapilheira esparsa.

Chirol (2003) avaliou a ocorrência de espécies da fauna endopedônica na clareira de deslizamento da Vista do Almirante, como indicadores da condição de degradação do solo. Os resultados mostraram que mesmo após 14 anos da ocorrência do evento erosivo, o topo do solo ainda apresenta sinais de degradação. Montezuma (2005) acrescentou que esta clareira, mesmo apresentando uma boa condição de recuperação em função de sua área total e forma alongada ainda não restabeleceu funcionalmente o seu piso florestal. A autora ressalta uma alta variabilidade interna deste processo de recuperação em seu interior com foco na interface serrapilheira – topo do solo.

4 - ÁREA DE ESTUDO

4.1) O Maciço da Tijuca

A área de estudo situa-se no maciço da Tijuca, localizado no município do Rio de Janeiro, com uma área total de 118.7Km² (11.870 ha) considerando a curva de nível contínua na cota de 40m (a.n.m.) como limite externo, se trata de uma das três unidades fisiográficas montanhosas da cidade do Rio de Janeiro (complementado pelos maciços da Pedra Branca e Mendanha), visualizadas na figura 4. Este maciço tem suas encostas recoberta por vegetação, na maioria resultado de um avançado processo natural de regeneração, não excluindo a influência de replantios iniciados no século XIX de espécies nativas e exóticas para a recuperação desta paisagem.

O maciço da Tijuca situa-se entre os paralelos 22°55' e 23°00'S e os meridianos 43°20' e 43°10'W, sua altitude está entre 0 a 1.021m, sua paisagem abriga um grande mosaico de coberturas e tipos de uso do solo, que vão desde áreas de afloramento rochoso, gramíneas, florestas em diferentes estágios sucessionais e áreas edificadas. No interior do maciço da Tijuca, insere-se a área correspondente ao Parque Nacional da Tijuca, criado em 1961 e que consta hoje após ampliações uma área de 3.953 ha. O maciço é composto pelas serras da Carioca, da Tijuca ou Três Rios e serra dos Pretos forros (Coelho Netto, 1992; GEOHECO-UFRJ/SMAC, 2000).

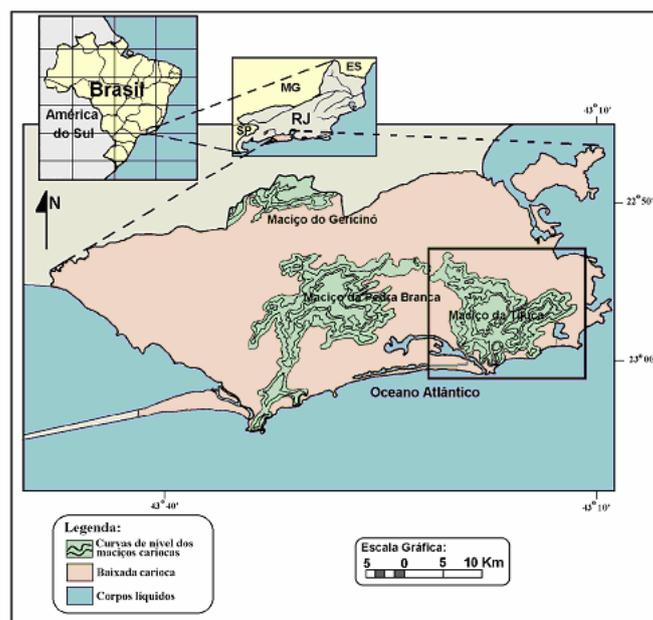


Figura 4: Localização do Maciço da Tijuca. Fonte: GEOHECO/UFRJ.

As características geológicas básicas do maciço da Tijuca são um embasamento rochoso de idade pré-cambriana em um terreno metamórfico de alto grau, com presença de corpos graníticos. Constituído predominantemente por três unidades litológicas principais com algumas variações composicionais e texturais: ortognaisses, biotita-gnaisses e leptinitos (Silva e Silva, 1987; Pires e Heilbron, 1989). Os solos caracterizam-se por predomínio de grandes extensões de Latossolos nas áreas montanhosas, aparecendo localmente solos tipo litossolos e cambissolos nas áreas mais íngremes (Coelho Netto, 1979).

O clima do Maciço da Tijuca segundo a classificação de Koppen é tropical de altitude (Cf) com temperaturas variando de valores médios máximos em 25°C em fevereiro e mínimo de 19°C em junho, resultando em uma média anual de 22° C. A temperatura máxima pode atingir 35°C durante o verão e o mínimo excedendo 10°C durante o período de inverno. A precipitação anual média oscila entre 2.000 e 2.500mm, podendo atingir picos de 3.300mm em anos muito chuvosos e picos negativos de 1.600mm em anos mais secos. A maior parte das chuvas se concentra nos 4 primeiros meses dos anos. A maior pluviosidade que ocorre no verão é uma resposta direta ao impacto causado pela frente polar Atlântica, alterando a dinâmica habitual da atmosfera (Coelho Netto, 1985). A orientação e a altitude do maciço faz com que o relevo funcione como um anteparo aos ventos úmidos provenientes do Oceano Atlântico na sua vertente sul determinando o surgimento de correntes convectivas de origem orográfica nas escarpas montanhosas e fundos de vale. A vertente norte e noroeste, por sua vez, apresentam condições climáticas desfavoráveis (mais seco), e uma ocupação urbana mais intensa. A vegetação nessas áreas apresenta-se composta em grande parte, por floresta degradada e gramínea, caracterizando uma crescente degradação (Oliveira *et al.*,1995). Zaú (1995) estudando áreas submetidas a degradação na vertente norte do maciço da Tijuca demonstra que essas áreas apresentam maiores taxas de erosão e condições pouco desenvolvidas do subsistema de decomposição e estruturação do solo.

4.2) A Floresta da Tijuca

A Floresta Atlântica que ocupa as encostas do Maciço da Tijuca é conhecida localmente como Floresta da Tijuca, sendo atualmente composta por uma floresta tropical secundária. Esta área era recoberta por mata primária que foi desmatada para a implantação de fazendas de café, cana, chá e gado. A partir de problemas de

abastecimento de águas na cidade do Rio de Janeiro no século XIX houve a iniciativa, por parte da coroa, de desapropriação destas fazendas e do reflorestamento por espécies nativas. Estes reflorestamentos não efetuaram o total retorno da vegetação, onde este foi consequência do processo de sucessão natural. Atualmente a vegetação do maciço é composta por áreas de formação secundária, remanescentes de formação primária e terrenos degradados (Mattos *et al*,1976 apud).

Rosas (1991) aponta para uma diversidade de espécies em classes de estratos, podendo ser descritos em:

- estrato arbóreo - constituído por espécies que podem atingir entre 20 e 25 metros de altura, os troncos são retilíneos sem ramificações até o topo, onde passam a formar a copa. Dentre as principais famílias pode-se destacar a *Leguminosae*, *Sapotaceae*, *Vochysiaceae*, *Bombacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Meliaceae*, *Lauraceae*, *Lecythidaceae*, *Moraceae*, *Melastomataceae*, etc;
- estrato arbustivo – desenvolve-se num ambiente de luz difusa sob umidade constante e temperatura menos variável. As árvores têm um menor porte e são mais delgadas. As famílias mais numerosas são: *Palmae*, *Rubiaceae*, *Myrtaceae*, *Piperaceae*, *Meliaceae*, *Guttiferaceae*, *Melastomataceae*, *Lauraceae*, *Nyctaginaceae*, *Flacourtiaceae*, *Proteaceae*, *Lacistemácea*, *Annonaceae*, etc;
- estrato herbáceo – as plantas não ultrapassam 2 metros de altura. As famílias mais representativas são: *Marantaceae*, *Musaceae* e *Lastomataceae*. Junto ao solo encontram-se ainda vários representantes das famílias *Rubiaceae*, *Acanthaceae*, *Piperaceae*, *Solanaceae*, *Graminae* e *Apperaceae*;
- lianas ou cipó – constituem um traço marcante das florestas tropicais. As epífitas, incluindo algas, líquens, cogumelos e orquídeas, desenvolvem-se sobre os troncos e ramos das outras plantas.

A proximidade dessa floresta com a metrópole do da cidade do Rio de Janeiro gera problemas de ordem do funcionamento interno do geocossistema florestal, como visto na figura 5. A exposição contínua de substâncias químicas provenientes dos resíduos industriais, meios de transporte e poeiras terrestres, atingindo algumas níveis acima da tolerância. Outros efeitos perturbadores resultam da proliferação de queimadas e desmatamentos associados à ocupação desordenada das encostas, que vem se espalhando em direção as partes superiores e desrespeitando inclusive os limites do Parque Nacional da Tijuca (Coelho Netto, 1992).

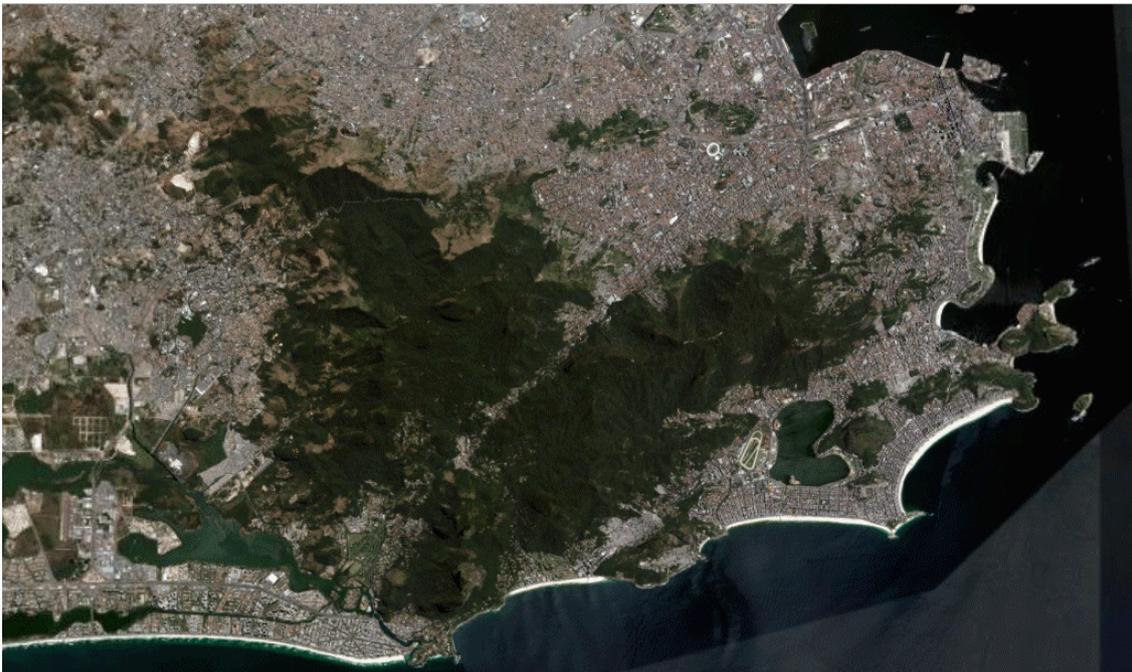
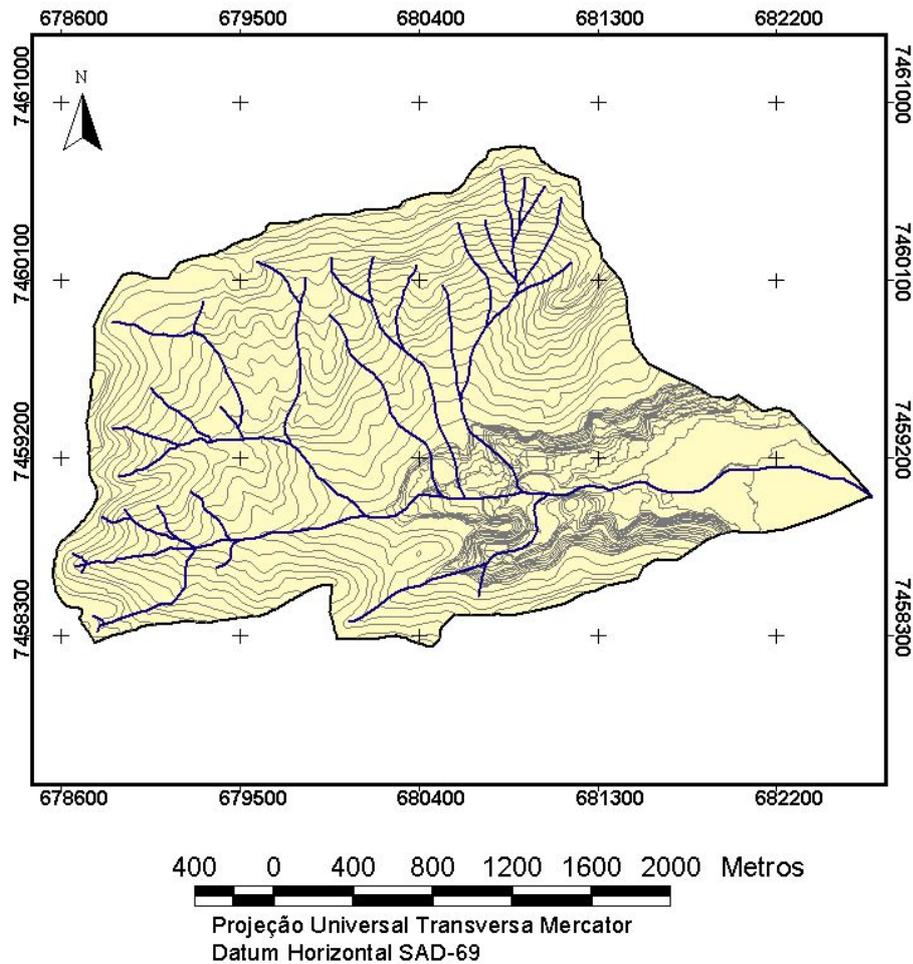


Figura 5: Imagem de satélite do maciço da Tijuca evidenciando a pressão exercida pela metrópole por sua vizinhança. Fonte: Google Earth, 2006.

4.3) A Bacia do Rio dos Macacos

A bacia do rio dos Macacos corresponde a maior bacia dentro do Sub-Sistema Hidrográfico da Zona Sul, com uma área de 688ha, com declividades predominantes entre 20 e 35° que se estende por toda a bacia. Cerca de 20% das encostas com declividades maiores que 35°, localizam-se próximo aos divisores, enquanto 15% das encostas apresentam declividades entre 10° e 20°, concentrando junto aos eixos de drenagem. Já as declividades menores que 10° correspondem a

menos de 10% do total da bacia, ocorrendo basicamente próximo ao eixo do canal do rio dos Macacos, as encostas são predominantemente voltadas para o sul, a não ser próximo ao divisor de drenagem com a bacia do rio Rainha, na qual suas encostas estão voltadas para o norte, como visualizado na figura 6. (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000).



Legenda:

- Rede de canais
- Curvas de Nível
- Bacia do Rio Macacos

Figura 6: Mapa da Bacia do Rio dos Macacos. Fonte: GEOHECO/UFRJ

A precipitação média anual no baixo curso do rio dos Macacos (Estação Jardim Botânico da Fundação GEORIO), no período de 1997 a 2005, não disponibilizados os dados de 1999, é da ordem de 1460mm com chuvas mensais podendo ultrapassar 362mm concentradas no verão. Já no interior da bacia do rio dos Macacos estes valores apresentam um aumento quando associado à posição topográfica, na porção inferior os valores oscilam entre 1.600 a 1.800mm por ano, enquanto na porção média em direção ao topo esses valores superam 2.000mm (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000). Em uma bacia a montante da mesma vertente (estação Capela Mayrink – bacia do alto rio da Cachoeira) a precipitação média anual esta na faixa entre 2.000 a 2.500mm anuais (Coelho Netto, 1985 e 1987).

A geologia da área na qual se encontra a bacia é composta na maior parte por biotitas gnaisses, além de gnaiss facoidal e uma pequena área de leptinito em sua porção leste. Há a presença de saprolitos espessos, estando os rasos localizados próximos aos divisores, além de afloramentos próximos à bacia vizinha do rio Rainha (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000).

Em relação à cobertura vegetal esta bacia possui possivelmente o melhor trecho de floresta de todo o Maciço da Tijuca, por conta de seu tamanho, tipo da floresta e principalmente o estado de conservação das mesmas, apresentando a maior parte de sua cobertura vegetal ocupadas por florestas climaxicas locais e florestas secundárias tardia (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000).

No interior da bacia encontra-se um trecho de floresta bem conservada, chamada mata do Pai Ricardo onde resiste um fragmento de mata primária com cerca de 200 ha de mata. Um estudo conduzido por Occhioni (1948) realizado especificamente nesta área, apesar de pautado na florística e na identificação de uma espécie medicinal *Cinamodendron axillare*, contemplou também uma descrição desta área na qual aponta basicamente que toda a mata do Pai Ricardo não sofreu fogo nem foi utilizada para plantios, encontrando desta forma muitas espécies típicas de mata primária.

Neste mesmo trecho de floresta foi conduzido um levantamento de estrutura da vegetação, onde aponta uma predominância de árvores de grande porte, características desse ambiente com áreas basais de 36,62m²/ha no ambiente de encosta, observado por Basile (2004) em um estudo de reconhecimento da arquitetura do sistema radicular de indivíduos arbóreos e de 97.3 m²/ha no fundo de vale, em estudo conduzido pelo GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ (2000). Junto a Mata

do Pai Ricardo, porém não com as mesmas condições estruturais, encontra-se a floresta dos Macacos, que tem em parte, encostas voltadas para o norte mesmo se localizando na vertente sul do maciço da Tijuca e apresenta em termos de composição florística grande diversidade (GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000).

Em período de chuvas intensas, processos erosivos são gerados nas cabeceiras das bacias e ao longo delas, ocasionando movimentos de massa e assoreamento dos canais, resultando conseqüentemente em deslizamentos e enchentes na área em seu entorno. Durante um período de intensa precipitação em fevereiro de 1988, ocorreram inúmeros deslizamentos nas encostas do Rio de Janeiro, que expuseram cicatrizes erosivas em diversos pontos da bacia estudada. Somente na estrada Dona Castorina ocorreu 40 acidentes, esta estrada corta toda a porção superior da Bacia dos Macacos e ficou interditada após os deslizamentos ocorridos (Silva Filho, 1992 e Soares, 1999).

4.4) Área laboratório: a cicatriz - clareira da Vista Chinesa.

A clareira formada pelo evento erosivo de 1988 está inserida no setor B do Parque Nacional da Tijuca e a cerca de 30 metros do mirante com o mesmo nome. Esta tem uma largura média de 42m, estando o seu topo localizado na base da estrada Dona Castorina, próximo ao divisor da bacia e a sua base situa-se no fundo de vale de um canal de primeira ordem tributário do rio dos Macacos. Este deslizamento apresentou grande volume de solo mobilizado, com cerca de 12.480m^3 e com profundidade média variando de 1,3 a 1,5m, como visto nas figura 7 e 8 (Silva Filho, 1992; Soares *et al*, 2001; Rocha *et al*, 1992).

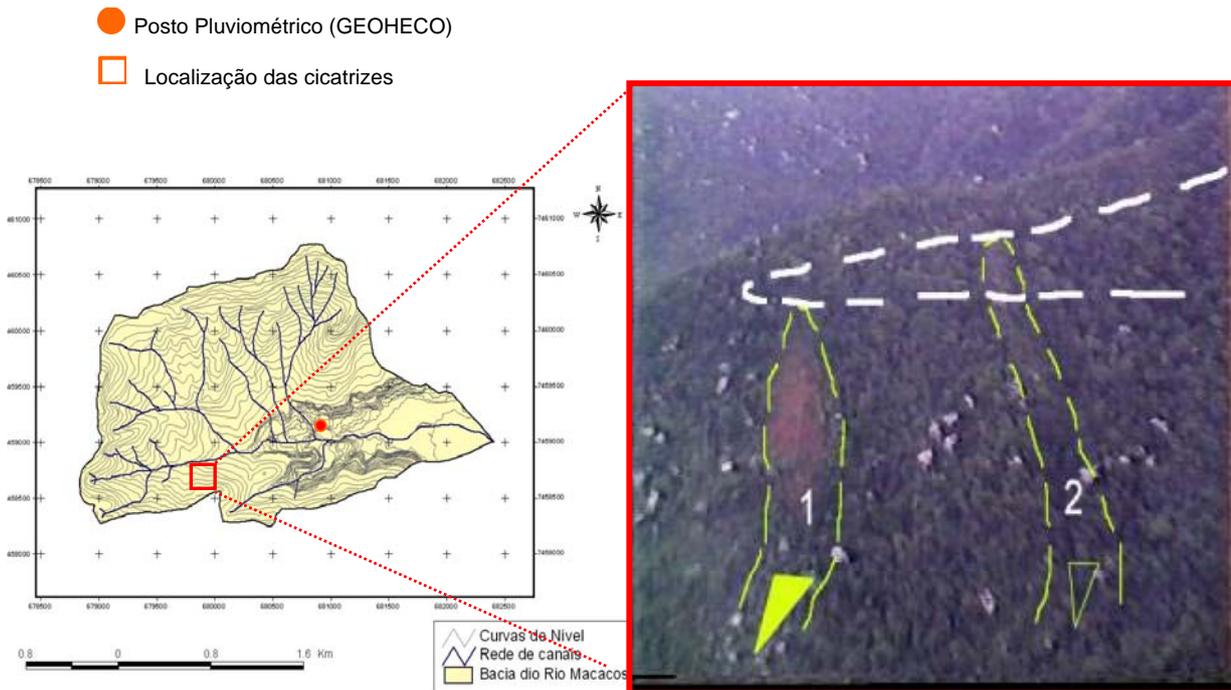


Figura 7: Fotografia aérea das cicatrizes de deslizamento (1) clareira da Vista Chinesa – este estudo; (2) clareira do Gabião. Em tracejado: estrada D. Castorina; à esquerda Localização das clareiras e do posto pluviométrico GEOHECO-UFRJ na bacia. Fonte: GEOHECO-UFRJ.

A cicatriz esta situada na vertente sul da serra da Carioca, que funciona como anteparo aos ventos úmidos do oceano Atlântico, porém a encosta da ocorrência do deslizamento está voltada para o norte conferindo forte insolação.



Figura 8: Fotografia aérea do deslizamento da Vista Chinesa logo após o evento em fevereiro de 1988 (Foto: GEORIO).

A geologia da área afetada pelo deslizamento compreende basicamente a formações de biotita–gnaisse, gnaisse facoidal, quartzitos e associações biotita–gnaisse e quartzito (Soares *et al.*, 2001). Em relação ao substrato pedológico, Santos da Rocha *et al.*, (1992) identificou perturbações locais nas seqüências de solos coluviais, podendo aflorar depósitos coluviais mais antigos e solos residuais na superfície. Na área da cicatriz erosiva ocorre um total de sete unidades Geológico/Geotécnicas com propriedades físicas, químicas e mineralógicas distintas, onde nesses variados substratos pedológicos atuam processos hidro-erosivos de encosta. Na base da cicatriz erosiva situa-se um espesso pacote de solo com pequenos blocos rochosos, depositados durante o escorregamento, Na porção média da encosta, a incisão vertical promovida pela dissecação erosiva aflorou rocha alterada e sã e na porção superior da encosta ocorrem associações de solos coluviais e residuais (figura 9).

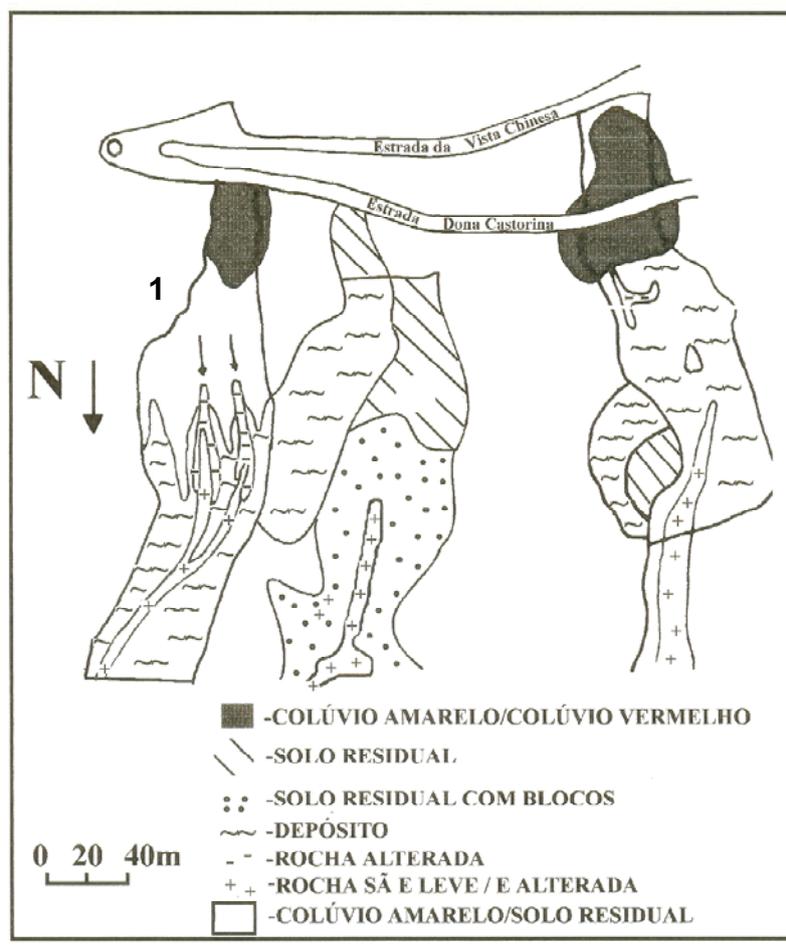


Figura 9: Mapa geotécnico da encosta estudada, observado a área da cicatriz de deslizamento da Vista Chinesa (1), adaptado de Santos da Rocha *et al.*(1992).



Figura 10: Fotografia da cicatriz Vista Chinesa em fevereiro de 1988, logo após o movimento de massa que originou a cicatriz. Fonte: GEOHECO-UFRJ.

O processo de revegetação da cicatriz ocorreu a partir da formação da clareira, momento esse visualizado na figura 10, basicamente de duas formas: de forma espontânea que se deu com a germinação e estabelecimento de espécies pioneiras e secundárias iniciais, destacando-se a Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), as Embaúbas (*Cecropia Glaziovii* e *Cecropia hololeuca*), o Jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*), a Crindiúva (*Trema micrantha*) e fruta de lobo (*Solanum sp.*). Esta colonização não é uniforme a partir de diferença de composições ambientais no interior da cicatriz. Outra forma de revegetação ocorrida na cicatriz foi à induzida, realizada pela Fundação Parques e Jardins vinculada a Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro no ano de 1990. Esta se deu com o plantio em 40% da área utilizando espécies arbóreas de crescimento rápido, espécies rasteiras e bambuzais, com o objetivo de recobrir o solo e diminuir a erosão. Das espécies arbóreas introduzidas que germinaram e se estabeleceram, aponta-se o Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*), o Pau de Jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) e a Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e em menor número árvores frutíferas como o Jamelão (*Syzygium cumini*) e a Fruta do Conde (*Annona squamosa*), (Rocha Leão, 1996 e 1997).

O estudo conduzido por Rocha Leão (1997) descreveu os seguintes domínios sucessionais na clareira:

- centro da clareira - localizado na porção superior da encosta em uma área desprovida de vegetação, sujeita à intensa atividade hidro-erosiva via lavagem superficial e ravinamentos, principalmente por uma injeção pontual de fluxos concentrado de água em eventos de chuva, oriunda de uma canaleta de drenagem da estrada, que dificulta a revegetação, apresenta descontinuidades da vegetação, reflexo da não estruturação física do topo do solo;
- bordas da cicatriz erosiva - que sofrem influência do entorno florestado imediato, recebendo menos insolação do que o centro da clareira, nessas áreas desenvolve-se uma vegetação espontânea, que forma um dossel contínuo e topo do solo recoberto por serrapilheira de formação incipiente. Neste domínio constitui-se um ambiente de transição do micro-clima florestal sombreado e o ambiente de forte insolação do centro da clareira;
- base do escorregamento - confere uma maior umidade por conta da proximidade do canal e por ter sido para onde foi carregado o banco genético, um domínio de forte atuação do processo de revegetação espontânea

Os domínios apontados por Rocha Leão (1997) pouco se transformaram desde o ano do estudo realizado pelo mesmo, Incursões de reconhecimento em campo com o autor na área laboratório, indica que não houve uma alteração significativa nos domínios apontados pelo autor. Desta forma, pode-se atribuir para este estudo tais domínios anteriormente citados, com diferença que estes hoje estão sob processo sucessional mais avançado.

Ressalta-se também que mesmo após 18 anos da ocorrência do evento erosivo, ainda existe na porção central da clareira uma área desprovida de vegetação.

Com o recente fechamento da canaleta de escoamento de chuvas que provém da estrada no ano de 2002 espera-se diminuir o efeito por lavagem do topo do solo por escoamento superficial e gradativamente retomar o processo natural de sucessão ecológica e conseqüentemente retorno da funcionalidade hidrológica e ecológica do topo do solo.



Figura 11: Fotografias do interior da clareira com vista em direção a montante (acima) e a jusante (abaixo) no ano de 2005.



Figura 12: Fotografia com visão da área com revegetação incipiente em direção as bordas da clareira (acima) e fotografia da floresta secundária tardia no entorno adjacente à clareira de deslizamento (abaixo).

5 – MATERIAIS E MÉTODOS

5.1) Caracterização da estrutura da vegetação.

Para o levantamento da estrutura da vegetação adotou-se a metodologia de “*transect*”, que consiste numa faixa amostral transversal ao longo da encosta foram mapeados todos os indivíduos arbóreos localizados 5 metros a montante e a jusante dessa linha (Vuono, 2002). Visando uma melhor amostragem da área em estudo, optou-se pela instalação de dois transectos percorrendo todo o interior da clareira de deslizamento e adentrando 25 metros para o interior do entorno da floresta secundária tardia que o circunda, contemplando a área de contato da clareira com o entorno florestado. Estes transectos foram construídos em uma extensão total de 10m x 84 m, referente ao transecto 1 e 10m x 100 m para o transecto 2.

O local correspondente à instalação dos transectos foi escolhido através de diversas incursões de campo procurando obter áreas significativas colonizadas por diferentes padrões de recolonização da vegetação e a partir dos domínios de tipologias vegetais apontados por Rocha Leão (1996 e 1997) e na porção médio superior da clareira (figura 13), onde predominam os processos erosivos superficiais limitantes da revegetação. Buscou-se também contemplar no interior da faixa amostral os domínios correspondentes às parcelas hidro-erosivas integradas ao estudo.

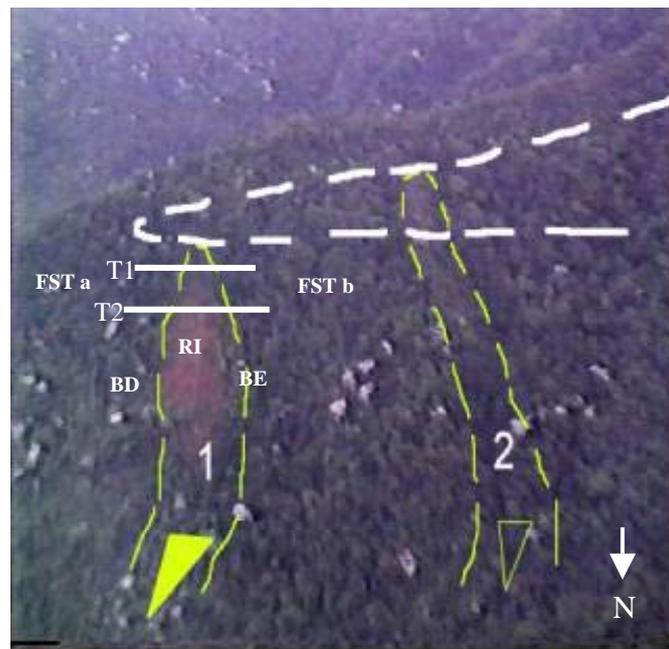


Figura 13: Localização dos transectos (em tracejado) e domínios analisados na clareira de deslizamento da Vista Chinesa (1) e em seu entorno florestado.

Foram construídas no interior da faixa amostral do transecto 2 parcelas de 100m² (10x10m), para fins comparativos ao estudo desenvolvido por Rocha leão (*op. cit.*), como observado na figura 14. Foi escolhido o transecto 2 por conta de sua marcante diferenciação dos domínios observados, além de contemplar os pontos amostrais das bordas levantados no estudo anterior.

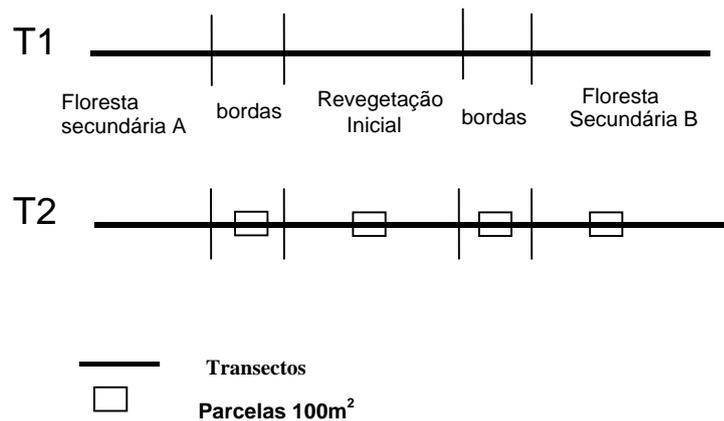


Figura 14: Esquema dos transectos e quadracts utilizados no levantamento da estrutura da vegetação e divisão dos domínios analisados no estudo.

A amostragem de levantamento da estrutura da vegetação incluiu todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP, medida mundialmente padronizada), maior que 1,5 centímetros e altura superior a 1,30 metros medidos a partir do solo (Vuono, *op. cit.*). Esta medida mínima de inclusão de DAP permitiu o levantamento de indivíduos jovens, podendo avaliar desta forma este recrutamento, incluindo espécies típicas do sub-bosque.

As medidas de DAP foram obtidas através da mensuração do tronco das árvores por uma fita métrica de seu perímetro à altura do peito (PAP) maior que 5cm, onde foi posteriormente calculado o seu diâmetro. Mensurou-se ainda a altura estimada das árvores por observação; a altura do fuste, que se trata da primeira divisão de galhos em seu tronco e que aponta diferenças na entrada de luz sob o dossel; presença de árvores mortas em pé ou caídas e a detalhada descrição do piso e ambiente florestal por onde passa o transecto.

O levantamento de dados de DAP relativos a espécies com troncos múltiplos em sua base como o Bambu, Quaresmeira, entre outros, foi feito da forma que se computaram todos os diâmetros de tronco de cada indivíduo e a partir desta soma foi calculada a média geral. No caso excepcional de grandes bambuzais tirou-se uma média do diâmetro de seus troncos, a qual foi extrapolada para o número total encontrado.

5.2) Mensurações de chuva e interceptação pela vegetação.

A mensuração da quantidade e intensidade das chuva que cai no interior da bacia estudada foi feita através de um pluviômetro digital modelo Global Water (modelo GL 400) localizado em seu médio vale. Este se encontra em um local fechado e protegido no posto pluviométrico do GEOHECO-UFRJ instalado no Instituto de Matemática Pura e aplicada (IMPA), como mostra a figura 15. Os dados acumulados de chuva foram armazenados em um *data logger* em intervalos contínuos de 15 minutos e transferidos quinzenalmente para análise.



Figura 15: Pluviômetro digital instalado na bacia estudada.

Na área laboratório foi instalado um pluviômetro artesanal localizado em uma área de dossel aberto e amplo no interior da cicatriz. Os dados de entrada de chuva foram correlacionados entre esses dois pontos de mensuração, afim de um melhor entendimento dos eventos de chuva quanto a sua duração e intensidade.

No interior da área laboratório foram instalados 12 pluviômetros artesanais, estando agrupados no número de 3 ao lado de cada parcela hidro-erosiva proposta pelo estudo, e em diferentes domínios apontando os valores de interceptação pelas copas arbóreas e precipitação terminal. Esta mensuração de entrada pontual das chuvas aliada aos dados de escoamento apontaram também a quantidade de água que infiltra no solo. O fluxo de tronco e a interceptação pela serrapilheira foram negligenciados por representarem proporções muito pequenas na precipitação terminal (Coelho Netto, 1987; Miranda, 1992).

Os pluviômetros artesanais foram construídos com tubos e fundo de PVC, com 30cm de comprimento e com uma abertura de 10cm de diâmetro na sua parte superior (figura 16). Na área de entrada do coletor foram adaptados funis feitos da parte superior de garrafas PET e uma bola de plástico (bola de tênis de mesa) para evitar a evaporação da água acumulada.

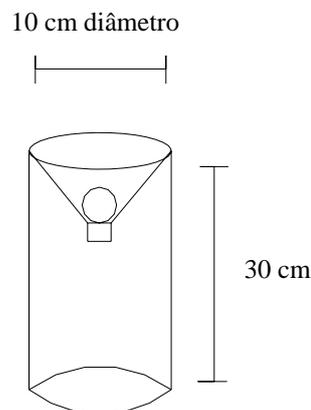


Figura 16: Pluviômetro artesanal instalados na área laboratório.

Como o regime típico de entradas de chuvas na área se divide entre chuvas prolongadas de baixa intensidade e chuvas rápidas de maior intensidade. As mensurações de chuva, interceptação e escoamento superficial foram feitas com a periodicidade de 24 horas o que possibilitou contemplar os diferentes tipos de eventos de chuva.

As quantidades de chuva localizada no interior dos pluviômetros eram cuidadosamente transportadas para uma proveta graduada com o auxílio de um funil, onde foi mensurada a quantidade de chuva em mililitros e posteriormente transformado em laboratório através de cálculo para milímetros, ou seja, altura da chuva.

5.3) Mensurações de escoamento superficial e transporte de sedimentos.

Para a mensuração do escoamento superficial, foram construídas parcelas tipo *Gerlach* adaptadas com área correspondente a 6m^2 . As calhas foram construídas a partir de uma seção de 2 metros de calha de PVC com uma tampa dobrada de metal de forma a impedir a entrada chuva direta e por gotejamento. Conectado a calha de PVC, foi instalado um tubo de borracha que leva a água e os sedimentos para um recipiente de armazenamento de 50 litros ancorado na encosta. Uma chapa retangular de aço galvanizada ($3\text{m} \times 2\text{m}$) foi presa ao lado superior da calha e enterrada no interior do solo para permitir que a erosão e escoamento superficial fossem mensurados em uma área conhecida (figura 17). No entorno desse contato com a lâmina encaixada no solo foi colocado uma massa para fins de impermeabilização, evitando a passagem da água por áreas possivelmente descontínuas ideologicamente no solo em relação à área amostrada, possivelmente geradas em sua instalação.

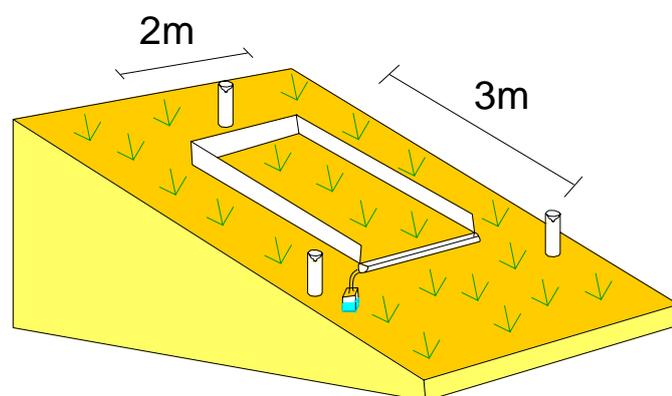


Figura 17: Desenho esquemático mostrando a parcela de escoamento superficial e a posição dos pluviômetros.

Foram instaladas um total de quatro parcelas em diferentes domínios geo-hidroecológicos da área laboratório, melhor caracterizados a seguir:

parcela 1 – Floresta secundária tardia (FST): área com copas de árvores estratificada, serrapilheira espessa e localizada na área do entorno imediato a clareira e declividade de 36°;

parcela 2 – Borda esquerda (BE): domínio sob ação de revegetação espontânea com concentração de espécies vegetais arbóreas pioneiras de médio porte, serrapilheira estruturada composta por folhas de decomposição lenta e declividade de 32°;

parcela 3 – Área de revegetação inicial (RI): presença de gramíneas e espécies vegetais pioneiras de pequeno porte. Serrapilheira não estruturada com áreas expostas diretamente ao impacto direto das gotas das chuvas e declividade de 29°;

parcela 4 – Borda direita (BD): presença de revegetação por espécies pioneiras, presença de serrapilheira estruturada, próxima a ravinas e a montante de um degrau estrutural e declividade de 24°.



Figura 18: Parcela de escoamento superficial localizada no domínio de floresta secundária tardia.

A amostragem regular de escoamento superficial e transporte de sedimentos de cada parcela, foi feita através da mensuração do volume de água nos galões e retirada de sub amostras de sedimentos que foram transportados para dentro dos coletores após os eventos de chuvas. Estas sub-amostras (500ml) de sedimentos são coletadas através de uma mistura por agitação dos sedimentos em suspensão em um recipiente maior através de uma espécie de agitador manual construído artesanalmente. Os sedimentos foram capturados ainda em suspensão e em processo de decantação dos grãos mais pesados por um coletor artesanal, vide figura 19, esta homogeneização se torna importante para evitar predomínio de nenhum fração de sedimentos na amostragem. Posteriormente, em laboratório, estas sub-amostras foram secas em estufa a 105° C e determinado através de pesagem o quanto foi carregado para cada amostra. O valor obtido foi extrapolado para o conteúdo de todo o escoamento e transformado de g/500ml para g/l.



Figura 19: Fotografias do procedimento de coleta das sub-amostras de sedimentos escoados à esquerda e detalhes de instrumentos de coleta, observado a direita.

O objetivo principal das mensurações na parcelas de escoamento superficial é avaliar as resultantes hidro-erosivas em relação à diferença das características da reestruturação do topo do solo e da serrapilheira sob diferentes domínios de sucessão vegetal e presença de diferentes tipologias vegetais. Os dados de transporte de sedimentos gerados nessas parcelas hidro-erosivas não podem ser comparados a estudos de erosão dos solos (a literatura indica que é necessário parcelas de maior tamanho para esses estudos). Desta forma, as análises relativas ao transporte de sedimentos serve para uma análise comparativa entre diferentes domínios de revegetação em clareiras geradas por deslizamentos e como um indicador da perda de solo nesses domínios.

5.4) Análise das características do topo do solo.

Para a análise das características do topo do solo, foram coletados 3 pontos amostrais, escolhidos aleatoriamente no entorno das parcelas hidro-erosivas, nas profundidades de 0 a 5cm e 10 a 15cm, correspondendo a 12 pontos amostrais em duas diferentes profundidades, somando um total de 24 amostras deformadas e 24 amostras indeformadas.

Estas amostras foram caracterizadas fisicamente, segundo a metodologia desenvolvida pela EMBRAPA (1997), dando ênfase as seguintes análises:

textura (dispersão total/método da pipeta): análise do tamanho dos constituintes físicos do solo (areia fina, areia grossa, silte e argila);

percentagem de agregados: determina a porcentagem de agregados do solo em diferentes classes de tamanhos;

macro e microporosidade (método mesa de tensão) - Avalia o volume dos macro e microporos existentes no solo. Para essa análise foi utilizado amostras de solos indeformadas em anéis cilíndricos de 5cm de altura por 5cm de diâmetro com o propósito de manter as condições volumétricas do solo encontradas em campo.

Uma outra análise feita para a caracterização do topo do solo foi a de obtenção dos teores de matéria orgânica, na profundidade de 0 a 5cm em todos os pontos amostrados próximos as parcelas hidro-erosivas, para isso foi utilizado um método utilizando forno MUFLA, segundo o método de Ball (1964), onde este teor é extraído através da queima da matéria orgânica presente no solo.

5.5) Descrição da serrapilheira:

Para a descrição da serrapilheira foi feito um levantamento de seu estoque acumulado sobre o solo, levando em conta a altura do aporte e sua descrição, a partir da presença de camadas de folhas ainda integras, camada O_1 , camada de folhas já fragmentadas pelo processo de decomposição, camada O_2 e ainda, se presente, a malha de raízes finas característicos de solos florestais.

Foram escolhidos 3 pontos aleatoriamente no entorno dos domínios estudados por parcelas hidro-erosivas, com exceção do domínio de revegetação inicial, por conta da ausência de serrapilheira no entorno da parcela neste domínio estudado.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1) Estrutura da vegetação

Ao longo dos dois transectos levantados neste estudo foi encontrado um total de 760 indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito (DAP) superior a 1,5 cm em um total amostrado de 2.840m², dentre os quais, 400 indivíduos estão localizados no domínio de floresta secundária tardia localizado no entorno adjacente a clareira de deslizamento em estudo.

As medidas de área basal para o domínio de floresta secundária tardia apontaram para um valor médio geral de 30,34m²/ha, este valor ficou próximo aos valores encontrados por Basile (2004) numa encosta com vegetação bem preservada no interior da mesma bacia (Mata do Pai Ricardo) com área basal de 36,62 m²/ha. Porém, estes valores ao serem comparados ao fundo de vale desta área bem preservada (GEOHECO-UFRJ/SMAC (2000) demonstram valores de 97,30 m²/ha. Isto evidencia a presença de indivíduos de grande porte localizado neste domínio. O fundo de vale por conta de ser uma área de convergência de água e nutrientes necessárias aos vegetais e necessidade de busca por luz pelos indivíduos arbóreos apresenta tais condições. Além disso, este trecho de floresta mencionado se trata possivelmente do melhor trecho de floresta de todo o maciço da Tijuca. Já estes valores quando comparados com outros trechos de floresta no mesmo sub-sistema de drenagem, possibilita notar uma alta variabilidade deste parâmetro analisado nas diferentes áreas.

Já para o interior da clareira e suas bordas, os valores de área basal encontrados foram de 14,85 m²/ha para a borda direita; 21,14 m²/ha para a borda esquerda e 8,80 m²/ha para a área de revegetação inicial (figuras 20 e 29). O maior valor para a borda esquerda pode ser atribuído ao seu melhor estado de regeneração e por marcante presença das espécies pioneiras: Embaúbas (*Cecropia glaziovii* e *Cecropia hololeuca*), Jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) que conferem troncos desenvolvidos devido ao seu rápido crescimento inerente a espécies desse estágio sucessional (Budowski, 1965 e Corlett, 1995).

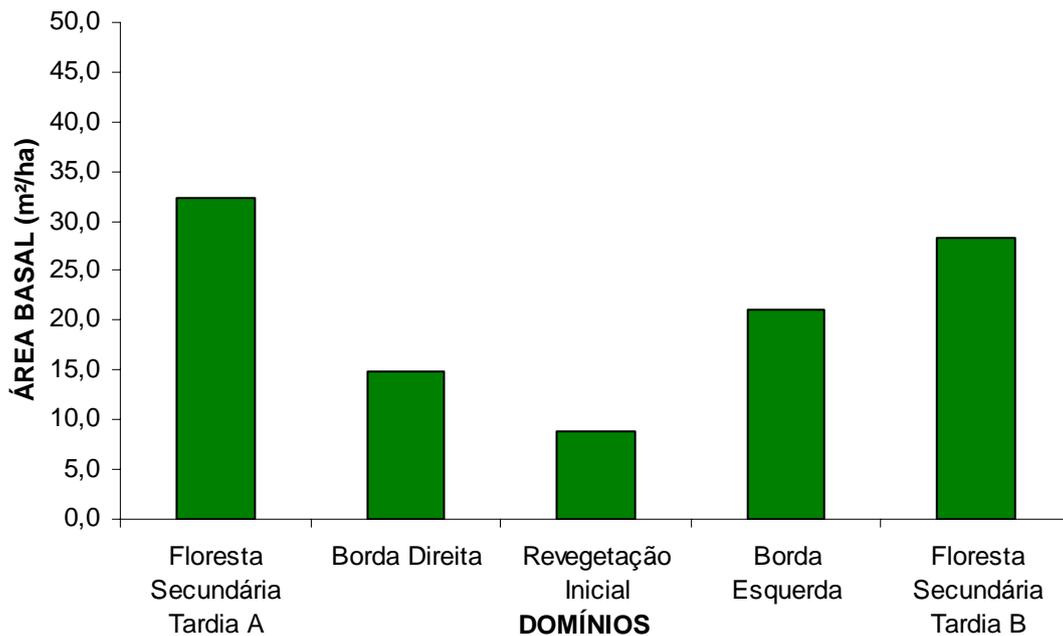


Figura 20: Histograma com médias gerais de área basal nos diferentes domínios.

Os valores encontrados para a área basal em análise comparativa por transecto, mostra maiores valores para o transecto 1 (T1), exceto no domínio de floresta secundária b, como visualizado na figura 21. Isto pode ser explicado por conta deste domínio estar entre dois deslizamentos, que aumenta dessa forma a ação degenerativa por efeito de borda e por estar sob maior declividade. Já o elevado valor para FSTa também pode estar relacionado a declividade, sendo que esta medida é para o transecto 2 (T2) .

Os maiores valores para o T1 pode ser explicado por conta da ação desenvolvida por plantios de espécies de rápido crescimento efetivado por órgãos públicos, com o fim de acelerar o processo de regeneração, dentre eles o bambu. Porém o que se percebe hoje é um grande avanço desta espécie nesta porção da clareira e no seu entorno, que além de ser prejudicial por aspectos ecológicos, por ser uma espécie exótica e seu predomínio inibir o crescimento de outras espécies, como, pode ser prejudicial sob a ótica hidrológica, por sua arquitetura de convergência de fluxos: que aumenta o fluxo de tronco e de seu enraizamento raso, criando áreas de concentração de água no interior do solo em pouca profundidade podendo induzir a novos deslizamentos.

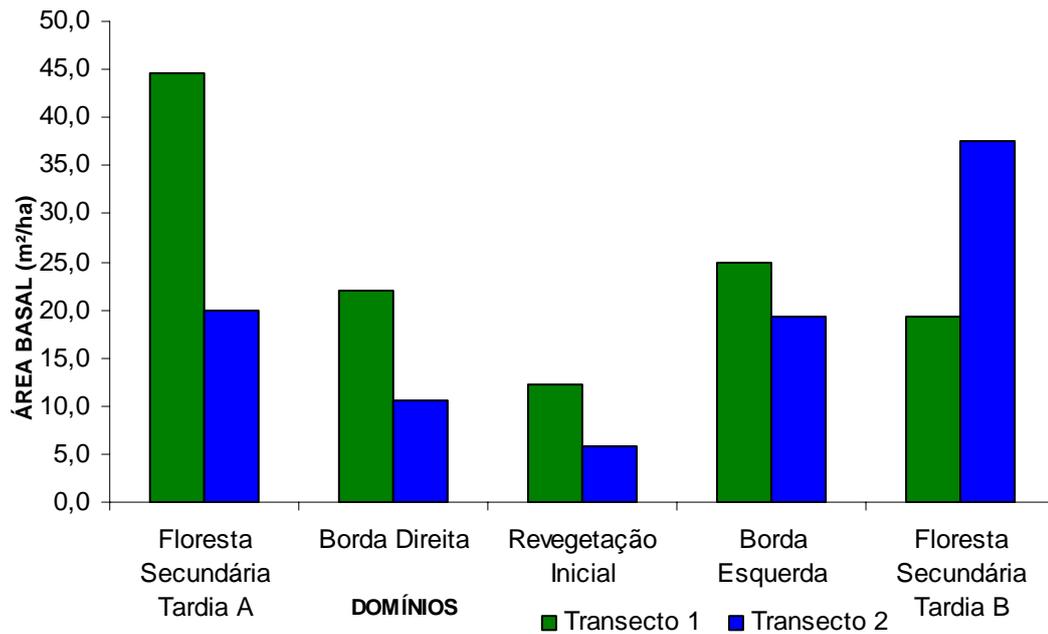


Figura 21: Histograma comparativo de área basal entre os transectos nos diferentes domínios.

Quanto as médias gerais nos domínios referentes ao diâmetro a altura do peito (DAP), obteve-se valores de 4,86cm para a floresta secundária tardia apresentando elevado desvio padrão. A borda direita no contato com a floresta apresentou média de 4,78 e borda esquerda de 6,14cm. Já a área de revegetação inicial no interior da clareira este valor foi de 3,57cm, como visualizado na figura 22, 29 e 30. Os baixos valores de DAP para o domínio FSTb podem ser explicados por conta do avanço do bambu em direção a este domínio levando a diminuição dos valores médios por seu DAP reduzido. O alto valor para a borda esquerda também acompanha o encontrado para área basal, este domínio apresenta poucos indivíduos, porém estes possuem troncos relativamente desenvolvidos.

Quando comparado ao DAP de áreas na mesma bacia de melhor estado de preservação e de outros trechos de floresta no mesmo sub-sistema de drenagem os valores se encontram inferiores como visto nas figura 30 e 32. Cabe ressaltar que este estudo determinou 1,5cm como DAP mínimo para inclusão, com o propósito de avaliar a presença de indivíduos jovens no processo de recolonização da clareira, enquanto os outros estudos determinaram como valor mínimo valores superiores, o que ocasiona um certo decréscimo nos valores médios obtidos nesse estudo em relação às outras áreas.

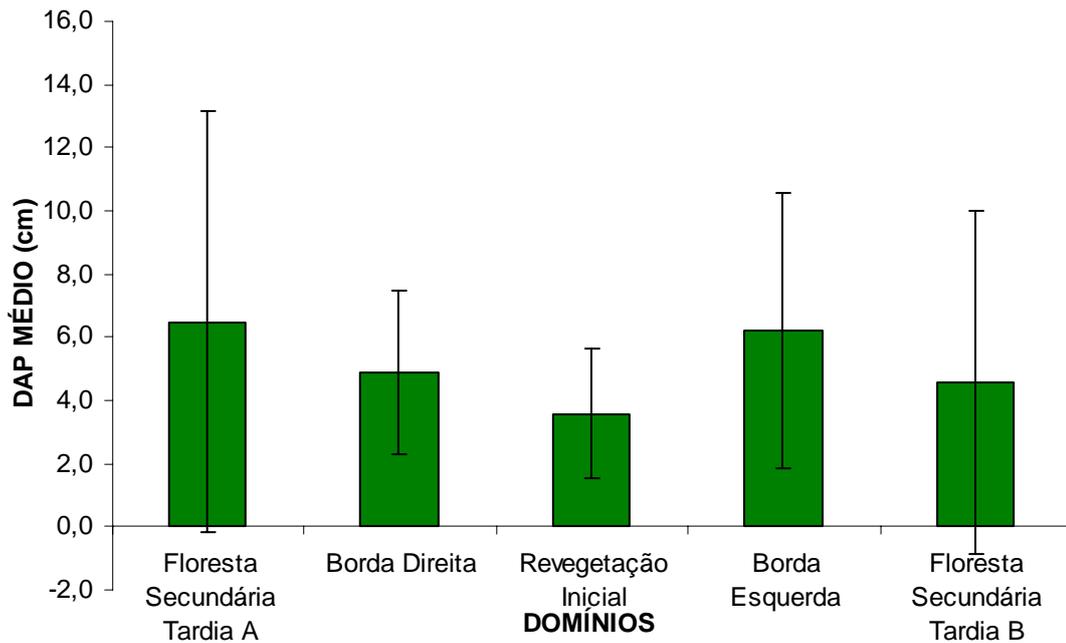


Figura 22: Histograma com médias de diâmetro a altura do peito nos diferentes domínios e desvio padrão.

Em relação ao DAP comparativo entre os dois transectos, percebe-se uma pequena variação no comportamento médio dos domínios, entretanto pode se observar desvios de DAP relativamente mais elevados nos domínios de floresta e na borda esquerda (Figura 23), evidência da presença de tanto indivíduos de grande porte como de indivíduos jovens. Levando em consideração este parâmetro não se evidenciaram diferenças significativas entre eles.

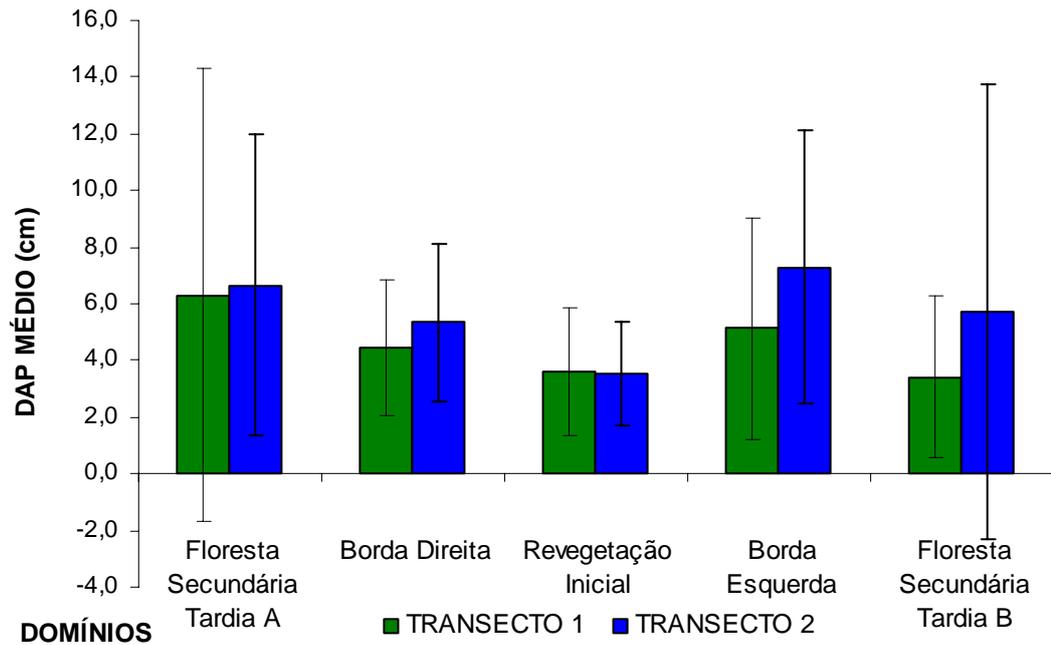


Figura 23: Histograma comparativo de médias de diâmetro a altura do peito entre os transectos e desvio padrão.

A altura média nos domínio apontou para resultados de 6,38m para a floresta secundária tardia, sendo de 6,82 para FSTa e 5,95 para FSTb. Nos domínios das bordas estes valores foram de 4,78m para a borda direita e 5,68m para a borda esquerda e por fim pra área de revegetação inicial com 3,94m (figuras 24 e 29). Estes resultados de altura estimada para a área de floresta secundária também acompanharam a tendência do parâmetro analisado de DAP e também se encontraram inferiores às áreas florestadas comparadas neste estudo na mesma vertente.

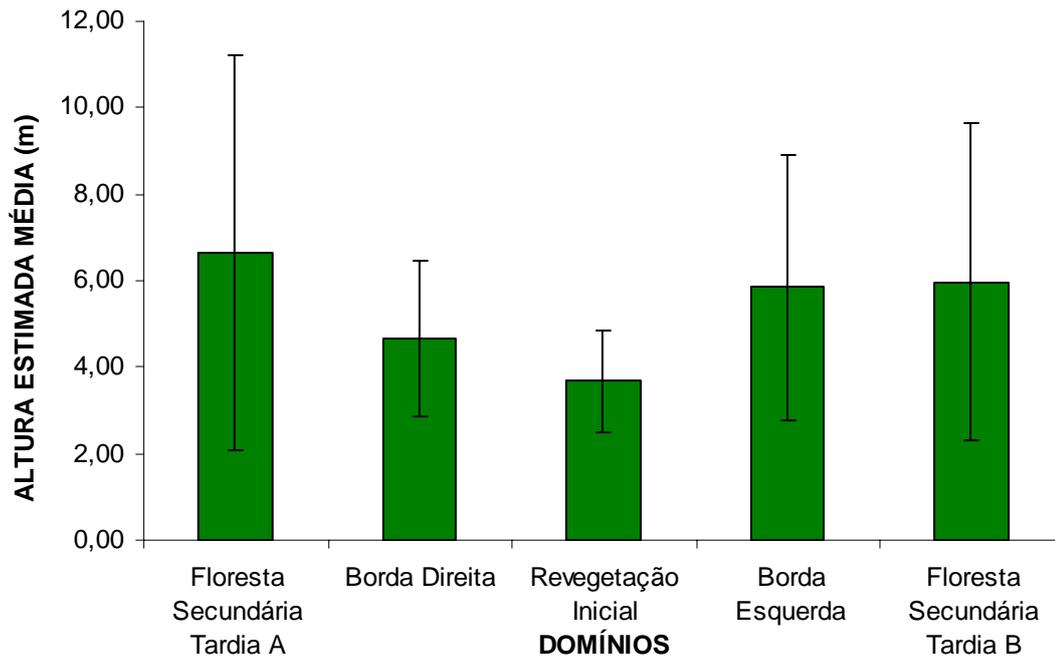


Figura 24: Histograma com médias de altura estimada nos diferentes domínios e desvio padrão.

Em relação à altura comparada entre duas faixas transversais percebe-se uma pequena variação no comportamento médio dos domínios, entretanto, podem se observar desvios de altura relativamente mais elevados nos domínios de floresta e na borda esquerda (figura 25). Isso se dá por conta da presença de indivíduos de grande porte e de indivíduos jovens. O domínio de revegetação inicial apresenta maior valor médio de altura no transecto 1, sob influência da revegetação induzida, devido ao predomínio do bambuzal de porte mais alto, o qual inibe o desenvolvimento das quaresmeiras que se mantêm com menor porte.

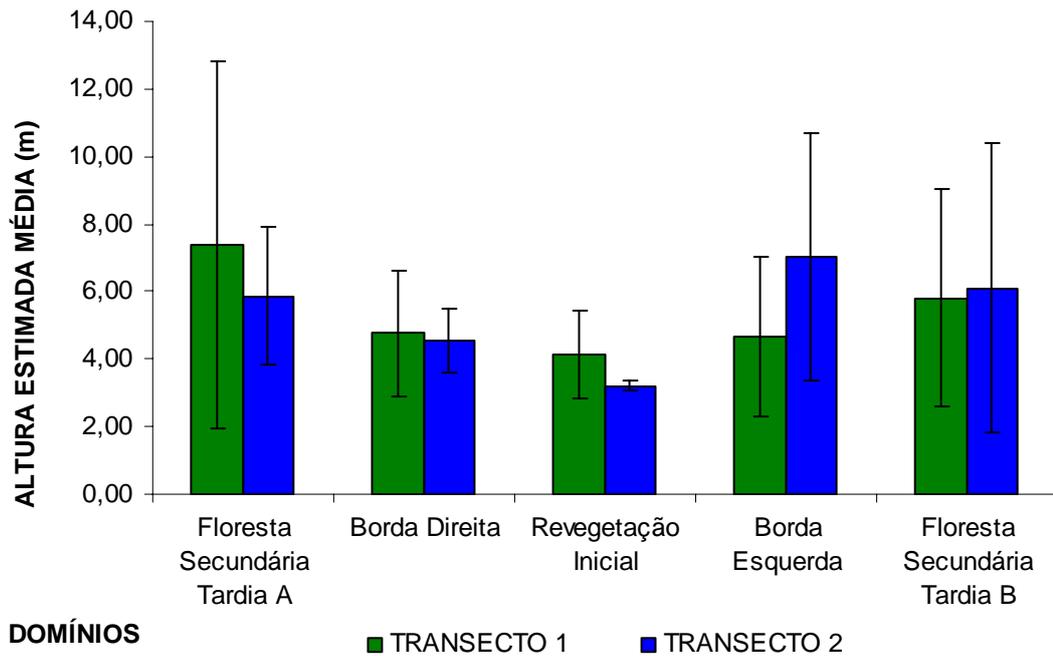


Figura 25: Histograma comparativo de altura estimada nos diferentes domínios entre transectos e desvio padrão.

A estratificação da altura dos indivíduos arbóreos nos diferentes domínios apresentou uma maior presença desses na faixa entre 2 a 5 metros, como visto na figura 26. É importante considerar, entretanto, que a maior parte dos indivíduos contemplados nesta classe possuem altura próxima a 5 metros. Não foi observado a presença de muitos indivíduos maiores que 20 metros de altura no domínio de floresta secundária tardia, assim como não foi presente esta classe nas bordas em contato com a clareira. A borda esquerda acompanha os outros parâmetros analisados e se mostra com a vegetação com maior porte estrutural que a borda direita. A presença de indivíduos neste domínio na classe analisada entre 10 a 20 metros deve-se basicamente pela presença da espécie *Embaúba* (*Cecropia glaziovii* e *Cecropia hololeuca*) que se apresenta com altura elevada. Como visto na figura 27.

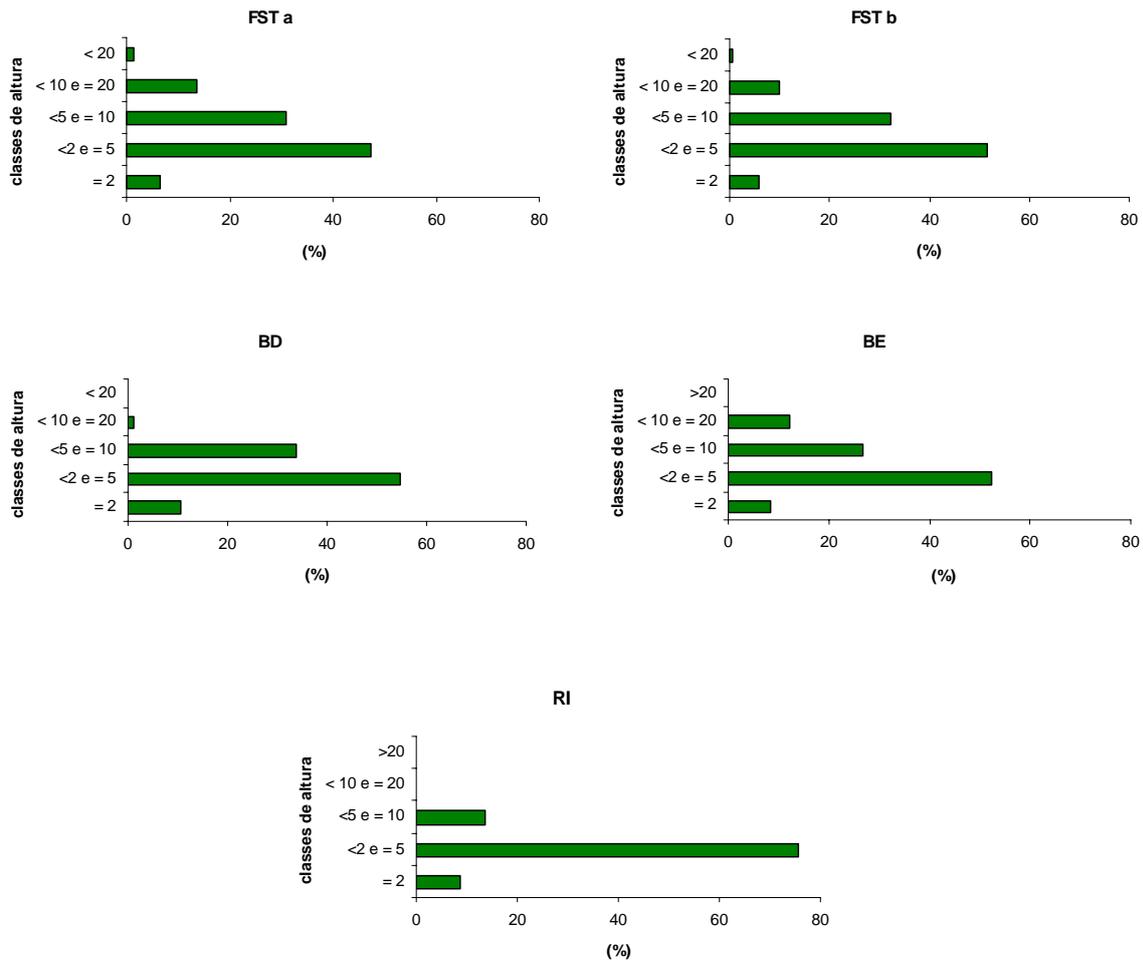


Figura 26: Gráficos de altura estimada em diferentes classes de altura nos domínios estudados.

Foi encontrado nos domínios estudados, um elevado número de árvores mortas em pé, observado na figura 29, com os maiores valores encontrados na área de floresta secundária tardia, em destaque, o domínio FSTb com 7,43% de indivíduos mortos e ainda em pé. Estes valores quando comparados a mata do Pai Ricardo evidencia indícios de um efeito de degradação por efeito de borda na floresta secundária tardia no entorno. Já a presença destes nos domínios no interior da clareira, ao contrário da área de uma floresta estabelecida já era esperado, pois a presença de espécies pioneiras criam condições para a chegada de outras espécies de estágio sucessional mais avançado que se desenvolvem e criam condições de sombreamento não propicias a estas espécies pioneiras (Budowski, 1965 e Corlett ,1995).



Figura 27: Bordas em contato com a floresta, com destaque para a estrutura da vegetação na borda esquerda (acima) e borda direita (abaixo).

Outras observações complementares de campo evidenciam um elevado número de árvores caídas ao longo do Transecto 1 neste domínio ($n = 7$; DAP médio = 17,6cm) e do Transecto 2 ($n = 12$ DAP médio = 29,3cm). A maioria das árvores caídas foi rompida no tronco, o que indica o efeito de ventos fortes como indutor destas rupturas (figura 28); tal fato pode estar evidenciando o efeito indireto da clareira enquanto espaço aberto que favorece a ação dos ventos. Ressalta-se ainda a ocorrência local de algumas árvores caídas com destacamento de raízes (figura 28) do Transecto 1 ($n = 2$; DAP médio = 43,3cm) e do Transecto 2 ($n = 6$; DAP médio = 30,8cm). Estas se deram em sua maioria devido a presença de grandes formigueiros no contato entre a clareira e a floresta que corrobora a idéia de degradação. Em recente visita de campo à área de estudo presenciou-se árvores de grande porte caídas recentemente na área FSTb o que reforça ainda mais as evidências de um efeito degenerador.



Figura 28: Árvores caídas com destacamento de raízes próximos a formigueiros.

Foi observada uma grande presença de árvores com troncos múltiplos em todos os domínios, (figura 29 e 30), em áreas de floresta elevados índices desses parâmetros representam área em não avançado estágio sucessional ou degradada.

O elevado valor visto na borda esquerda (14,64%) e na área sob revegetação inicial (11,48%), se dá pelo fato da presença de bambuzais e da espécie quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) que possuem sua arquitetura arbórea com essas características.

Há de se destacar o elevado valor referente ao cálculo de densidade de indivíduos (figura 29 e 30). Isto pode ser explicado por conta do baixo valor mínimo para inclusão das espécies amostradas, que aumenta o número de indivíduos e por conta da maioria serem indivíduos jovens ainda sob recrutamento em processo de sucessão florestal.

O valor encontrado na floresta secundária tardia de densidade total, quando comparado ao achado na mata do Pai Ricardo revela aumento significativo desse parâmetro, características de florestas em avançado estágio sucessional com a presença de espécies bem desenvolvidas estruturalmente e espaçadas entre si. O maior valor encontrado que se refere a borda direita de 5.937 indivíduos por hectare, pode ser explicado pelo fechamento recente do dreno da estrada que limitava o processo de recuperação por lavagem superficial e que se localizava próximo a essa borda, com isso ocorreu a proliferação de novas espécies ainda sob recrutamento. Também estão sendo apontados na figura 29 e 30 os valores médios de altura do fuste, que consiste na primeira ramificação da árvore em seu tronco.

PARÂMETROS ANALISADOS	GEOHECO/UFRJ(2000)	BASILE, 2004	ESTE ESTUDO					
			Floresta Secundária Total	Floresta Secundária Tardia a	Floresta Secundária Tardia b	Borda Direita	Borda Esquerda	Revegetação Inicial
Área laboratório	Mata do Pai Ricardo	Mata do Pai Ricardo						
Posição/topografia	fundo de vale	encosta	encosta	encosta	encosta	encosta	encosta	encosta
Método	transecto	parcelas	transecto	transecto	transecto	transecto	transecto	transecto
Estágio sucessional	clímax local	clímax local	secundária tardia	secundária tardia	secundária tardia	pioneira	pioneira	pioneira
Área (m ²)	800	1024	1000	500	500	160	250	430
Nº Individuos	178	345	400	198	202	95	82	183
DAP médio (cm)	12,8	8,18	4,86	6,44	4,05	4,78	6,14	3,57
Maior DAP (cm)	165,50	70,60	73,25	43,63	73,25	13,69	16,56	13,06
Desvio Padrão DAP	n.d.	n.d.	5,89	7,07	5,00	2,56	4,47	2,07
Área basal total (m ² /ha)	97,30	36,62	30,32	32,25	28,38	14,85	21,14	8,80
Altura média (m)	9,20	7,51	6,38	6,82	5,95	4,78	5,68	3,94
Maior altura (m)	45	28	30	30	23	13	13	8
Mínimo de altura (m)	n.d.	1,30	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	1,50
Desvio Padrão altura	n.d.	n.d.	4,38	4,91	3,74	1,85	3,24	1,31
altura média fuste(m)	n.d.	n.d.	3,79	3,56	3,96	2,42	2,36	1,21
Desvio Padrão Fuste	n.d.	n.d.	3,75	4,39	3,21	1,59	2,80	1,61
árvores mortas (%)	1,10	0,57	5,50	3,56	7,43	4,21	4,88	4,92
troncos múltiplos (%)	5,00	5,50	5,75	7,07	4,46	6,32	14,64	11,48
densidade total (ind/ha)	2.225	n.d.	4000	3960	4040	5937	3280	4256

Figura 29: Quadro com resultados médios de todos os parâmetros analisados sobre a estrutura da vegetação nos domínios e resultados referentes a outros estudos realizados na bacia do rio dos Macacos. n. d. corresponde a dados não demonstrados nos estudos.

PARÂMETROS ANALISADOS	TRANSECTO 1					TRANSECTO 2				
	Floresta Secundária Tardia a	Floresta Secundária Tardia b	Borda Direita	Borda Esquerda	Revegetação Inicial	Floresta Secundária Tardia a	Floresta Secundária Tardia b	Borda Direita	Borda Esquerda	Revegetação Inicial
Domínios										
Área (m ²)	250	250	60	80	200	250	250	100	170	230
Nº Indivíduos	125	86	65	47	143	73	116	30	35	40
DAP médio (cm)	6,30	3,41	4,47	5,12	3,59	6,67	5,57	5,35	7,3	3,55
Maior DAP (cm)	71,34	24,84	11,78	15,92	13,06	28,97	73,25	13,69	16,56	11,78
Desvio Padrão DAP	7,99	2,86	2,38	3,89	2,27	5,33	8,00	2,80	4,81	1,82
Área basal total (m ² /ha)	44,68	19,25	22,09	25,00	12,24	19,82	37,52	10,51	19,33	5,81
Altura média (m)	7,38	5,81	4,85	4,68	4,14	5,88	6,04	4,63	7,03	3,20
Maior altura (m)	30,00	20,00	13,00	13,00	8,00	23,00	23,00	8,00	13,00	6,00
Mínimo de altura (m)	1,50	1,59	2,00	2,00	1,59	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Desvio Padrão altura	5,44	3,20	1,88	2,36	1,31	3,69	3,20	1,88	2,36	1,02
Altura média fuste(m)	3,67	3,65	2,63	2,67	1,93	2,89	6,11	0,63	1,71	0,11
Desvio Padrão Fuste	4,68	2,82	1,53	2,40	1,71	2,04	4,29	0,93	3,66	0,15
Árvores mortas (%)	3,20	12,79	6,15	2,04	4,20	4,10	3,46	0,00	2,86	7,50
Troncos múltiplos (%)	7,20	3,49	1,05	8,51	5,59	6,85	5,17	16,67	22,86	32,50
Densidade total (ind/ha)	5000	3440	10833	5875	7150	2920	207	3000	2059	1739

Figura 30: Quadro com resultados médios de todos os parâmetros analisados sobre a estrutura da vegetação dos domínios nos diferentes transectos.

Parâmetros Analisados	GEOHECO-UFRJ / SMAC-RJ, 2000.							BASILE, 2004
	Rio das Canoas	Rio Cochrane	Rio Rainha 1*	Rio Rainha 2**	Rio Cabeça 1***	Rio Cabeça 2****	Mata do Pai Ricardo	Mata do Pai Ricardo
Posição/topografia	n.d.	n.d.	encosta (30°)	n.d.	n.d.	n.d.	fundo de vale	encosta (30°)
altitude (m)	n.d.	n.d.	240	70	350	250	260	
Método	parcelas	parcelas	parcelas	parcelas	parcelas	parcelas	transecto	parcelas
Estágio sucessional	secundária tardia	secundária tardia	secundária tardia	secundária tardia	secundária tardia	secundária tardia	clímax local	clímax local
Área (m ²)	600	400	1.000	266	333	600	800	1.024
Nº Indivíduos	26	70	225	71	123	179	178	345
DAP médio (cm)	28.6	8.0	10.1	8.2	8.8	10.7	12.8	8.18
Maior DAP (cm)	40.7	57.3	56.3	34.1	56.3	56.3	165.5	70.6
Área basal total(m ² /ha)	37.4	18.2	38.7	25.1	45.4	66.2	97.3	36.62
Altura média (m)	16,5	6.3	8.2	8.2	n.d.	8.2	9.2 m	7.51
Maior altura (m)	25	25	32	32	n.d.	35	45 m	28
Árvores mortas (%)	11.5%	11.4%	4%	7%	2.4%	2.8%	1.1 %	0.57 %
Troncos múltiplos (%)	7,70%	12.8%	6.6%	7,00%	4.1%	5,00%	5%	5.5 %

Figura 31: Quadro com resultados médios de condições estruturais da vegetação no sub-sistema hidrográfico da zona sul, segundo GEOHECO-UFRJ/SMAC (2000). n. d. corresponde a valores não discutidos nos trabalhos. Destaque para a distinção das áreas, * trilha da Vista Chinesa; ** ao lado da auto estrada Lagoa-Barra, *** sobre o Parque laje e **** próximo a rua Lopes Quintas.

Para a análise comparativa do processo de recuperação da clareira em dois momentos distintos, foram feitas análises a partir dos parâmetros anteriormente levantados de DAP e altura nos domínios caracterizados por ROCHA LEÃO (1997) em parcelas amostrais de 10x10m e com PAP acima de 8cm, como visto nas figuras 32 e 33. O domínio de recolonização inicial apresentou um pequeno decréscimo dos valores médios dos parâmetros analisados, o que pode ser atribuído ao aparecimento de diversos indivíduos vegetais mais jovens após o fechamento do dreno da estrada. Hoje predominam as seguintes espécies: Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Samambaia (*Glichenia sp.*), Gramíneas e Bambu.

A borda esquerda, também com predominância de espécies pioneiras de rápido crescimento como Embaúbas (*Cecropia glaziovii* e *Cecropia hololeuca*), Jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), apresentou valores médios de altura mais elevados e manteve igual DAP. Na borda direita estes dois parâmetros mostraram-se mais elevados neste estudo do que em Rocha-Leão (*op.cit*) tal como esperado por conta do processo de colonização e sucessão vegetal.

Chama atenção o decréscimo dos valores médios de DAP no entorno florestado (FST), o que não ocorre com a altura estimada em campo. Observações evidenciam um elevado número de árvores caídas ao longo dos transectos, como já discutido anteriormente. Estes resultados em estudos em diferentes momentos também reforça a idéia de uma degradação com tempo de resposta atrasada ao evento no entorno florestado. A figura 34 mostra o avanço da vegetação desde o estudo conduzido por Rocha Leão (1997) até o presente estudo.

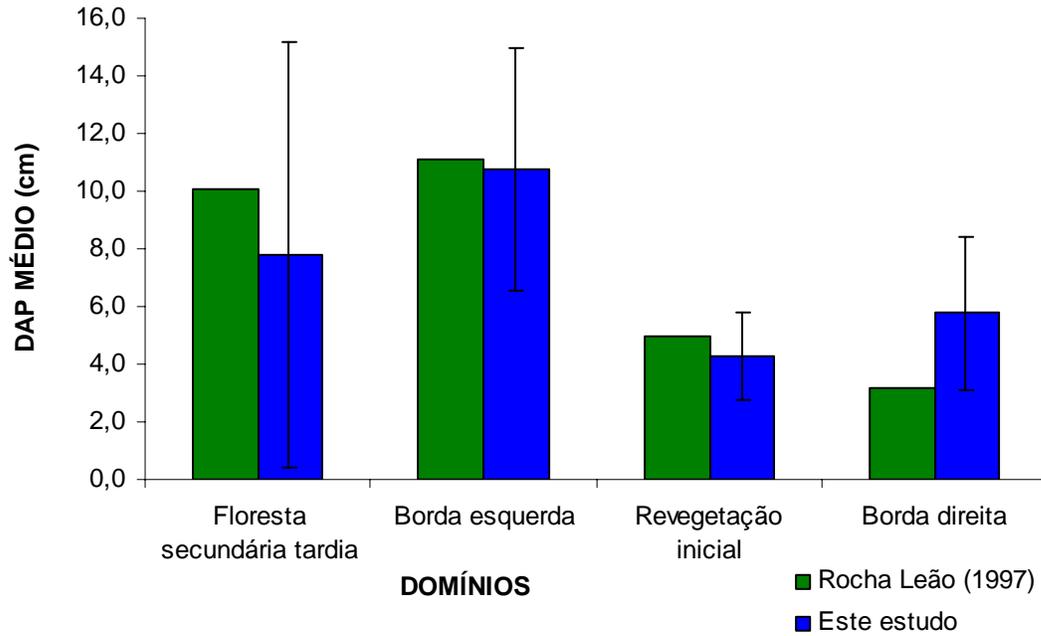


Figura 32: Histograma com resultados médios de diâmetro a altura do peito (DAP) nos diferentes domínios em dois diferentes momentos.

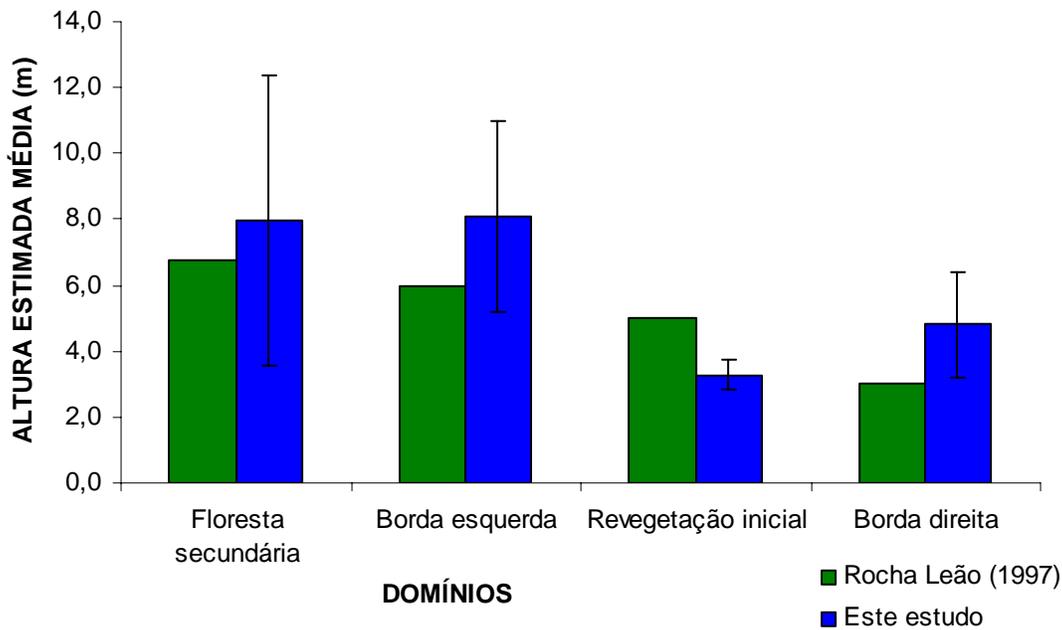


Figura 33: Histograma com resultados médios de altura estimada nos diferentes domínios em dois diferentes momentos.



Figura 34: Clareira da Vista Chinesa em 1996, com destaque para espécies colonizadoras: 1- Quaresmeira "*Tibouchina granulosa*"; 2- Jacatirão "*Miconia cinnmomifolia*" (acima); 3- Fruta de Lobo "*Solanum sp.*". Fonte: (Rocha leão, 1997). Abaixo o avanço da vegetação no mesmo ponto, em foto tirada no ano de 2005.

6.2) Caracterização dos solos e serrapilheira.

As características de granulometria do topo de solo mostram o domínio de floresta secundária com os maiores valores da fração areia com mais de 65% principalmente areia grossa como esperado para solos florestais. Na profundidade entre 10 a 15cm os valores tiveram uma pequena tendência de redução da fração areia em todos os domínios. Isto se dá possivelmente pela lavagem ou eluviação das frações mais finas para os horizontes subjacentes. Nos domínios da borda direita, borda esquerda e revegetação inicial, os solos variaram entre franco, franco arenoso e franco argiloso, como visto nas figuras 35 e 36.

Tabela 1: Valores da análise granulométrica (%) em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Domínios	Profundidade (cm)	Pontos amostrais	Areia Total (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Silte (%)	Argila (%)
Floresta Secundária Tardia	0 a 5	1	76,26	14,18	62,08	8,18	15,56
		2	78,59	12,64	65,95	14,78	6,63
		3	86,23	9,10	77,13	8,59	5,18
	10 a 15	1	66,16	12,75	53,41	23,62	10,22
		2	66,37	15,52	50,85	26,41	7,22
		3	71,33	15,90	55,43	18,90	9,77
Borda Esquerda	0 a 5	1	54,55	16,97	37,58	17,28	28,17
		2	50,35	16,52	33,83	23,18	26,47
		3	55,27	13,50	41,77	21,48	23,25
	10 a 15	1	53,57	12,83	40,73	14,08	32,35
		2	49,68	14,36	35,32	14,49	35,83
		3	46,72	11,99	34,73	21,79	31,49
Revegetação Inicial	0 a 5	1	53,47	16,34	37,12	37,77	8,76
		2	51,77	16,09	35,68	30,11	18,12
		3	80,80	23,31	57,49	14,26	4,95
	10 a 15	1	49,42	16,04	33,38	25,19	25,39
		2	54,69	14,62	40,07	25,54	19,77
		3	65,37	23,93	41,44	23,39	11,24
Borda Direita	0 a 5	1	49,54	16,65	32,89	27,14	23,32
		2	67,94	12,41	55,53	13,45	18,61
		3	51,24	14,31	36,93	29,64	19,12
	10 a 15	1	60,37	14,25	46,13	20,23	19,40
		2	52,36	12,68	39,68	36,50	11,14
		3	46,20	15,32	30,88	32,25	21,55

Tabela 2: Valores médios da análise granulométrica (%) nos diferentes domínios. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Domínios	Profundidade (cm)	Areia Total (%)	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Silte (%)	Argila (%)
Floresta Secundária Tardia	0 a 5	80,36 (5,22)	11,97 (2,60)	68,39 (7,81)	10,52 (3,70)	9,12 (5,62)
	10 a 15	67,95 (2,93)	14,72 (1,72)	53,23 (2,30)	22,98 (3,80)	9,07 (1,62)
Borda Esquerda	0 a 5	53,39 (2,66)	15,66 (1,89)	37,73 (3,97)	20,65 (3,04)	25,96 (2,50)
	10 a 15	49,99 (3,44)	13,06 (1,20)	36,93 (3,31)	16,79 (4,34)	32,22 (2,30)
Borda Direita	0 a 5	56,24 (10,17)	14,46 (2,13)	41,78 (12,08)	23,41 (8,72)	20,35 (2,58)
	10 a 15	52,98 (7,10)	14,08 (1,33)	38,90 (7,65)	29,66 (8,44)	17,36 (5,50)
Revegetação Inicial	0 a 5	62,01 (16,29)	18,58 (4,10)	43,43 (12,20)	27,39 (11,99)	10,61 (6,78)
	10 a 15	56,49 (8,12)	18,20 (5,02)	38,30 (4,31)	24,71 (1,15)	18,80 (7,12)

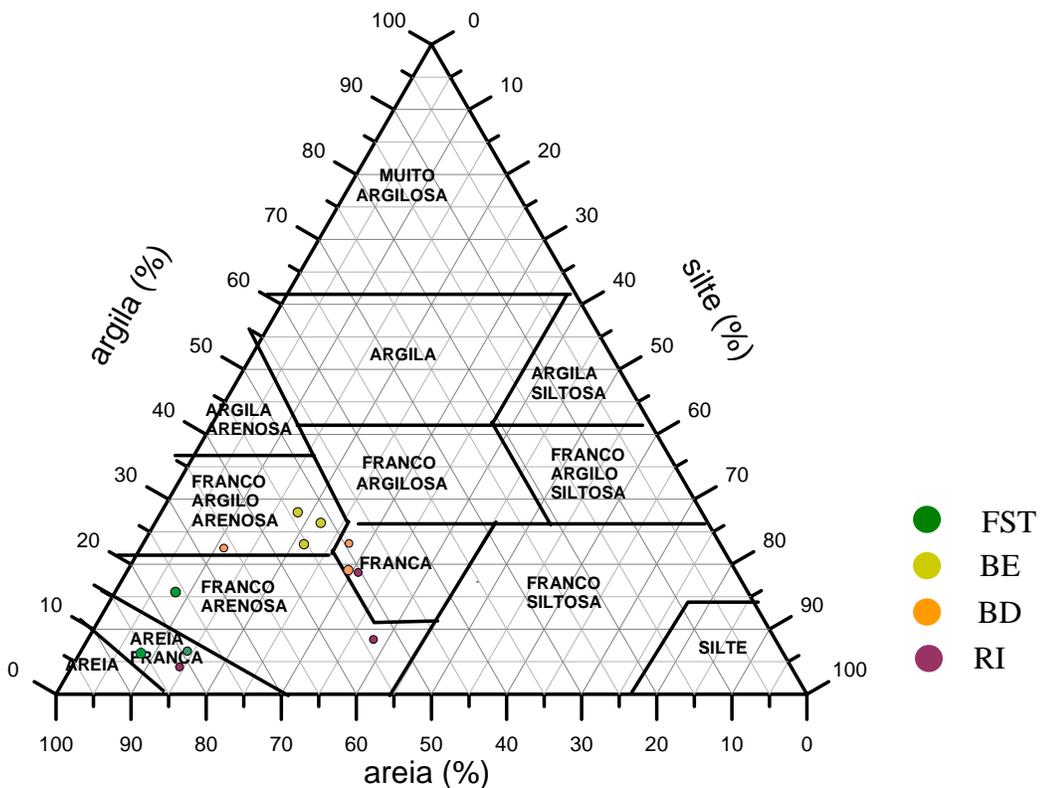


Figura 35: Triângulo textural com os pontos amostrados em diferentes domínios na profundidade de 0 a 5cm.

Tabela 3: Valores de percentual de agregados em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Domínios	Pontos amostrais	0 a 5cm			10 a 15cm		
		> 2mm (%)	1 a 2mm	<1mm	> 2mm	1 a 2mm	<1mm
Floresta Secundária Tardia	1	62,58	22,62	14,80	73,54	18,92	7,54
	2	63,94	25,18	10,88	92,88	5,07	2,05
	3	69,33	22,56	8,11	85,00	12,99	2,01
Borda Esquerda	1	41,45	19,41	39,14	42,35	23,23	34,41
	2	67,80	10,81	21,39	66,17	29,61	4,22
	3	14,78	15,99	69,23	19,15	34,63	46,23
Borda Direita	1	36,90	23,66	39,44	84,20	12,06	3,74
	2	49,78	33,81	16,41	65,77	23,07	11,16
	3	53,07	28,28	18,65	51,93	25,62	22,45
Revegetação Inicial	1	34,80	27,96	37,24	53,22	25,98	20,80
	2	20,17	23,00	56,83	29,78	35,73	34,49
	3	21,37	19,38	59,24	42,50	28,05	29,45

Tabela 4: Valores médios de percentual de agregados nos diferentes domínios.

Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Domínios	Profundidade (cm)	> 2mm	1 a 2 mm	<1mm
Floresta Secundária Tardia	0 a 5	65,28 (3,57)	23,45 (1,50)	11,27 (3,36)
	10 a 15	83,21 (9,73)	12,32 (6,95)	3,87 (3,18)
Borda Esquerda	0 a 5	41,34 (26,51)	15,40 (4,33)	43,25 (24,19)
	10 a 15	42,56 (23,51)	29,16 (5,71)	28,29 (21,66)
Borda Direita	0 a 5	46,58 (8,55)	28,58 (5,08)	24,83 (12,70)
	10 a 15	67,30 (16,19)	20,25 (7,21)	12,45 (9,42)
Revegetação Inicial	0 a 5	25,45 (8,12)	23,45 (4,30)	51,11 (12,07)
	10 a 15	41,84 (11,73)	29,92 (5,14)	28,25 (6,92)

A porosidade mostrou-se elevada, características de solos de floresta como vistos por Coelho Netto (1987) & Castro Jr. (1991). É importante notar, porém, maiores valores nas áreas sob distúrbio do que em FST, como visto nas tabelas 5 e 6, isso pode ser atribuído pela concentração nos primeiros centímetros do solo do sistema radicular das espécies pioneiras e gramíneas que colonizam tais domínios, como visto por Vilela (2003). Cruz (1997) aponta para valores próximos aos encontrados nesse estudo, de 65% de porosidade total para as bordas em contato com a floresta em clareira de menor tamanho. É possível observar também uma pequena tendência de redução da porosidade na profundidade entre 10 a 15cm.

Tabela 5: Valores de percentuais de porosidade, macroporosidade e microporosidade em todos os pontos amostrados nos diferentes domínios.

Domínios	Pontos amostrais	0 a 5 cm			10 a 15 cm		
		Porosidade Total (%)	Macro Porosidade (%)	Micro Porosidade (%)	Porosidade Total (%)	Macro Porosidade (%)	Micro Porosidade (%)
Floresta Secundária Tardia	1	75,23	46,15	29,09	66,02	26,81	39,21
	2	68,84	35,27	33,57	64,90	36,72	28,19
	3	67,29	29,75	37,54	63,30	34,91	28,39
Borda Esquerda	1	77,07	31,33	45,75	79,57	32,12	47,45
	2	79,23	32,22	47,01	75,33	35,77	39,57
	3	87,64	45,59	42,05	72,48	23,37	49,11
Borda Direita	1	82,41	39,65	42,76	75,91	40,19	35,73
	2	77,25	36,85	40,40	64,18	24,84	39,34
	3	61,83	38,85	22,98	76,32	39,65	36,67
Revegetação Inicial	1	74,49	33,56	40,92	66,53	24,29	42,24
	2	77,65	32,75	44,90	70,27	19,99	50,28
	3	71,06	22,08	48,98	83,19	20,59	62,60

Tabela 6: Valores médios de porosidade, macroporosidade e microporosidade nos diferentes domínios. Onde valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Domínios	Profundidade (cm)	Porosidade Total (%)	Macro Porosidade (%)	Micro Porosidade (%)
Floresta Secundária Tardia	0 a 5	57,35 (3,43)	37,80 (7,24)	27,19 (3,44)
	10 a 15	52,71 (1,11)	33,65 (4,15)	26,07 (5,07)
Borda Esquerda	0 a 5	66,20 (4,54)	38,35 (7,18)	36,65 (2,14)
	10 a 15	61,70 (7,30)	32,97 (5,42)	36,95 (4,13)
Borda Direita	0 a 5	60,10 (8,72)	38,48 (0,24)	29,62 (9,70)
	10 a 15	58,72 (6,87)	36,20 (7,82)	30,35 (1,52)
Revegetação Inicial	0 a 5	61,29 (1,69)	32,37 (4,96)	37,08 (4,06)
	10 a 15	58,97 (2,90)	26,68 (3,63)	43,29 (3,84)

Os dados de matéria orgânica mostram um aumento dos percentuais médios dos domínios localizados no interior da clareira, que pode ser associado a difícil decomposição da serrapilheira da vegetação pioneira. O domínio BD apresentou o valor mais elevado (15%), por conta de seu estágio incipiente de sucessão, apresentando-se por características topográficas uma área de acúmulo do aporte de serrapilheira de espécies colonizadoras de difícil decomposição e umidade. Chirol (2003) notou alta concentração de matéria orgânica nas bordas de uma clareira de menor tamanho no maciço da Tijuca, onde atribuiu a decomposição lenta e difícil mineralização dos nutrientes de folhas de palmeiras (*Euterpe Edulis*), predominantes no domínio analisado. Confirmando tal fato, Wilcke, et al., (2003) estudando o topo do solo em clareiras de deslizamentos no Equador, encontraram valores elevados das razões C/N, C/P e C/S em todas as posições amostradas da clareira.

Tabela 7: Valores de percentuais de matéria orgânica todos os pontos amostrados, na profundidade de 0 a 5cm, nos diferentes domínios. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Domínios	Matéria Orgânica (%)
Floresta Secundária Tardia	7,33 (2,27)
Borda Esquerda	11,75 (0,48)
Borda Direita	14,99 (1,09)
Revegetação Inicial	12,85 (1,35)

Tabela 8: Valores médios de matéria orgânica nos diferentes domínios, na profundidade de 0 a 5cm. Valores entre parênteses são relativos ao desvio padrão.

Domínios	Pontos amostrais	Matéria Orgânica (%)
Floresta Secundária Tardia	1	9,57
	2	7,39
	3	5,04
Borda Esquerda	1	11,20
	2	12,13
	3	11,90
Borda Direita	1	14,66
	2	16,21
	3	14,10
Revegetação Inicial	1	12,81
	2	14,22
	3	11,52

Os valores encontrados das características físicas do solo quando comparados com resultados encontrados por Rocha Leão (1997), indicam pouca mudança quanto a concentração da fração areia, porém foi observado uma diminuição da fração argila durante o processo regenerativo da clareira, como visto na tabela 9. Quanto à porosidade foi observado na borda esquerda e diminuição na área de solo exposto que nesse estudo corresponde ao domínio de revegetação inicial.

Tabela 9: Valores médios de características físicas do topo do solo, na profundidade de 0 a 5cm, estudo desenvolvido por Rocha Leão (1997).

Domínios	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Porosidade total (%)
Clareira queda de árvore	68,50	9,59	21,91	61,07
Floresta secundária tardia	58,45	15,64	25,91	66,68
Revegetação induzida	49,06	6,53	44,41	58,79
Solos expostos	43,36	2,73	53,91	57,72
Borda esquerda	47,08	30,01	22,91	55,69
Borda direita	46,65	15,44	37,91	63,10
Base da encosta	51,83	27,26	20,91	56,90

Os resultados referentes a estrutura da serrapilheira apontam para uma serrapilheira estruturada, nos diferentes domínios, porém com diferenças notadas por conta da diferença de seu aporte (figura 37). O domínio de Floresta secundária tardia obteve espessura média de 4,4cm, mostrando evidências desse ser de rápida decomposição e mineralização. Um dos pontos amostrados obteve maior variação quanto a sua espessura, por conta da proximidade com um bambuzal localizado próximo a sua borda e por sua topografia que propicia um acúmulo de serrapilheira.

Já a borda esquerda apresentou o maior valor médio de espessura da serrapilheira, referente a 8,2cm, refletindo uma área com predomínio de espécies pioneiras, em especial o Jacatirão e a Embaúba, possuindo características próprias de folhas mais resistentes frente ao processo de decomposição. O domínio da borda direita mesmo com a colonização dada por espécies pioneiras, se encontra em menores condições de declividade, conferindo a partir de observações de campo, mais umidade e apresentando uma serrapilheira bem estruturada, porém, não tão rápido processo de decomposição como visto na FST, dado pela qualidade do seu aporte,

Dentre as demais foi à única que se encontrou a camada de raízes finas. Cabe ressaltar que o domínio relativo a área de revegetação inicial não foi levantado, por esse não possuir no entorno imediato das parcelas, uma serrapilheira estruturada ou total ausência da mesma. Vale lembrar que esse se apresenta colonizado por gramíneas nesta porção e que seu processo de decomposição se dá com suas folhas ainda em pé.

Domínios-Declividade	Pontos de Medida	Espessura (cm)	Estrutura da Serrapilheira
Florestasecundária tardia (36°)	1	2,0	O ₁
		4,0	O ₁ e O ₂
		4,0	O ₁ e O ₂ 2
	2	3,5	O ₁ e O ₂
		5,0	O ₁ e O ₂
		3,5	O ₁ e O ₂
	3	6,0	O ₁
		9,0	O ₁ e O ₂
		2,5	O ₁
	média	4,4	
Borda Esquerda (32°)	1	7,0	O ₁ e O ₂ incipiente
		5,5	O ₁ e O ₂ incipiente
		9,0	O ₁ e O ₂
	2	8,0	O ₁ e O ₂
		10,0	O ₁ e O ₂
		12,0	O ₁ e O ₂
	3	7,0	O ₁ e O ₂
		10,5	O ₁ e O ₂
		5,0	O ₁ e O ₂
	média	8,2	
Borda Direita (24°)	1	8,0	O ₁ , O ₂ e raízes finas
		4,5	O ₁ e O ₂ incipiente
		6,0	O ₁ , O ₂ e raízes finas
	2	2,5	O ₁
		5,0	O ₁ , O ₂ e raízes finas
		7,0	O ₁ , O ₂ e raízes finas
	3	1,0	O ₁
		2,0	O ₁
		5,0	O ₁ , O ₂ e raízes finas
	média	4,6	

Figura 37: Quadro com descrição das características físicas da serrapilheira e espessura nos diferentes domínios.



Figura 38: Fotografias do piso florestal nos diferentes domínios, visualizados a partir de cima em sentido horário: piso da Floresta secundária Tardia; serrapilheira de difícil decomposição, com destaque para a folha da Embaúba na borda esquerda; domínio de revegetação inicial com ausência de camada estruturada de serrapilheira e evidências de decomposição de gramíneas ainda em pé; piso florestal da borda direita e área no domínio da de revegetação inicial com ausência de serrapilheira.

6.3) Resultante hidrológica.

Foi mensurado nesse estudo um total de 37 eventos de chuvas monitorados na clareira estudada e nas parcelas hidro-erosivas, totalizando 1.134mm para todas as chuvas do período, exceto uma pequena chuva não computada, 24 destes foram registrados no posto pluviométrico GEOHECO-UFRJ. A figura 39 indica que o coeficiente de correlação dos dados obtidos entre a área do posto pluviométrico e o pluviômetro artesanal localizado em área aberta na clareira é bastante elevado. Desta forma pode se validar nos dados de chuvas do pluviômetro localizado na clareira.

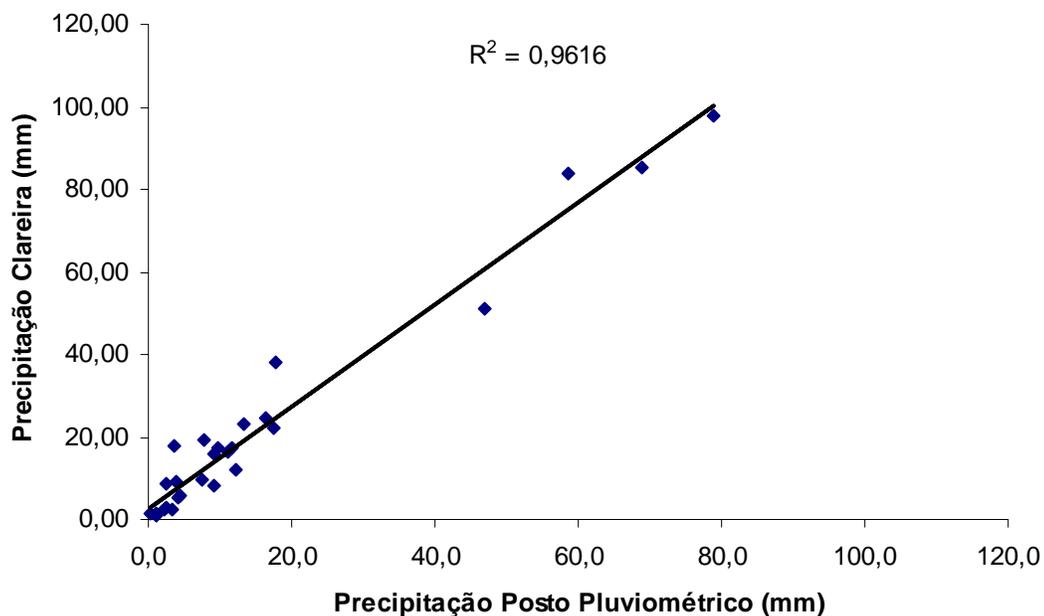


Figura 39: Correlação entre precipitação monitorada no posto pluviométrico e em pluviômetro em localização aberta no interior da clareira .

Na figura 40 percebe-se que o atravessamento de chuvas nas copas arbóreas dos domínios florestados (FST, BD e BE) aumenta proporcionalmente com a precipitação, tal como indicam Coelho Netto (1985) e Miranda (1992). O domínio de floresta secundária tardia bem conservada, não favorece a geração do escoamento superficial hortoniano em decorrência de sua elevada capacidade de infiltração. Nestes domínios o escoamento superficial característico é do tipo intra-serrapilheira tal como demonstrou Coelho Netto (1987) através de mensurações e experimentos de campo

nas encostas da Floresta da Tijuca. A autora ressalta, entretanto, que a presença de elementos, tais como galhos, blocos rochosos ou folhas de difícil decomposição, aumentam a produção de escoamento numa proporção direta com o tamanho das chuvas.

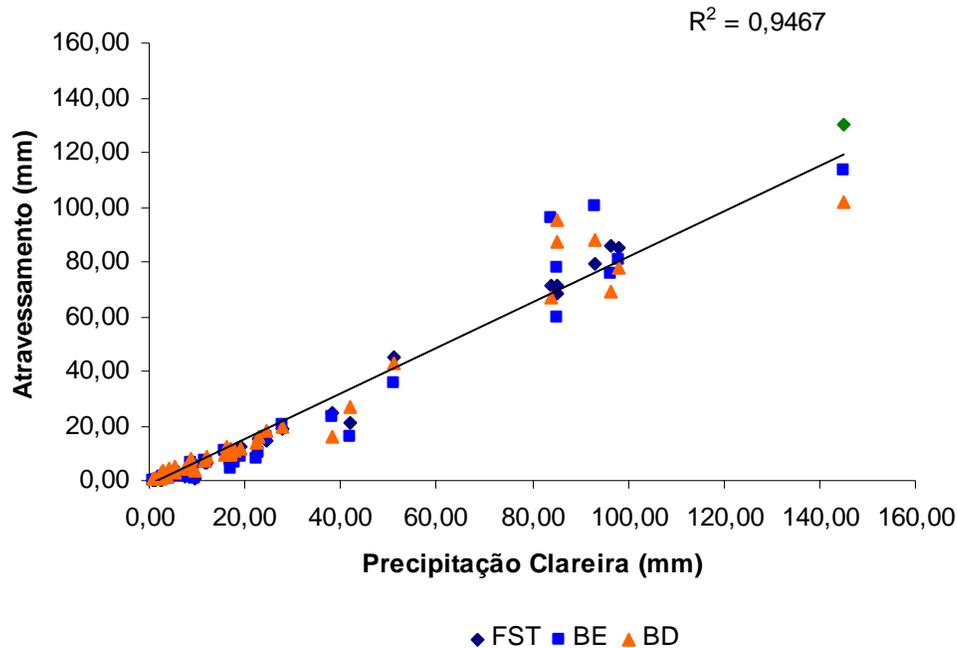


Figura 40: Correlação entre precipitação aberta e precipitação terminal nos diferentes domínios.

Neste estudo, a proporção do escoamento superficial em relação à chuva (razão $Q/P \times 100$) foi menor no domínio FST (1,67 %) indicando um comportamento similar ao que foi anteriormente obtido por Coelho Netto (*op.cit.*) em outras localidades do Maciço da Tijuca (entre 1 e 2,5 %), e valores da razão Q/P variando entre 0,2% e 0,5% em floresta bem conservada em Porto Rico (Larsen, *et al.*, 1998).

Nas parcelas da borda esquerda da clareira e da área de revegetação inicial os valores médios da razão Q/P são muito próximos, respectivamente 3,33% e 3,46% (figura 42); importante observar, entretanto, que em termos absolutos o escoamento no domínio RI foi superior ao domínio BE como indica a tabela 10. A presença de serrapilheiras estruturada com folhas de difícil de decomposição em BE como visto anteriormente, pode gerar uma superfície impermeável aumentando o fluxo superficial intra-serrapilheira como visto por Coelho Netto (1987).



Figura 41: Fotografias dos domínios analisados em dias de chuvas. Em sentido horário a partir de cima, folha de Embaúba no domínio BE; plano em conjunto do domínio BE; área de revegetação inicial e por fim detalhe do piso florestal em dia de chuva na FST.

Vale ressaltar que a baixa proporção de escoamento no domínio RI pode resultar da influência direta das fraturas no solo residual remanescente sobre a percolação da água pluvial, tal como foi observado por Oswald Cruz (2002). Este mesmo estudo aponta para valores da para a razão $Q/P \times 100$ variando entre 2,6% a 6,0% para área de clareiras de menor tamanho, enquanto Cruz (2001) em momento anterior encontrou valores desta razão variando entre 3,4% a 14,2% sob condições incipientes de revegetação.

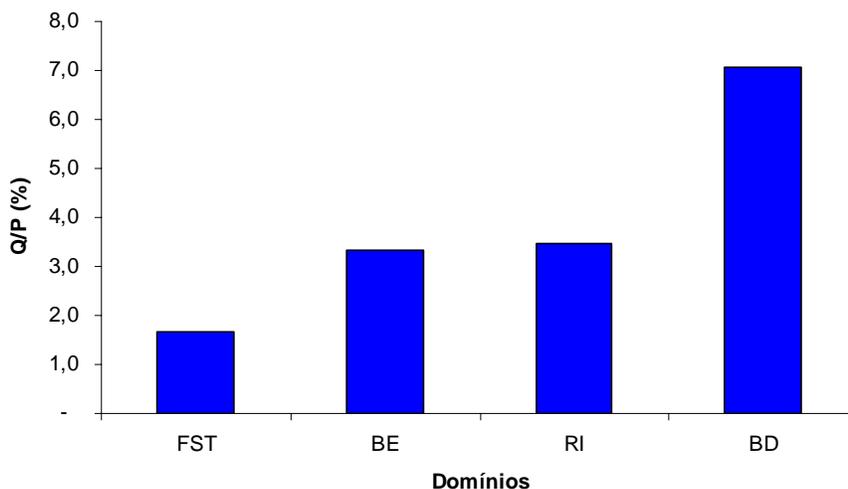


Figura 42: Valores médios da razão Q/P (%) em cada domínio estudado.

Na parcela da borda direita obteve-se o maior valor médio da razão Q/P (7,08%). Este resultado pode ser atribuído ao fato do solo local ser mais raso e também ao fato da parcela estar situada logo à montante de um desnivelamento abrupto na encosta onde freqüentemente aflora a água subsuperficial. Este fato invalida o ponto amostral para fins de comparação com os demais domínios no que diz respeito à relação entre as mudanças na vegetação e as respostas de infiltração com base na razão Q/P, além de evidenciar uma área de exfiltração, possível indutora de deslizamentos.

Tabela 10: Classes de chuvas, número de casos, vazões médias, declividade e desvio padrão (entre parênteses) e vazões máximas e mínimas nos domínios estudados (FST, BE, RI e BD).

Domínios		FST 36°			BE 32°			RI 29°			BD 24°		
Classes de chuvas	Nº de casos	Q média (mm)	Q máx.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.	Q média (mm)	Q max.	Q mín.
< 20mm	24	0,05 (0,08)	0,27	0	0,10 (0,13)	0,47	0	0,22 (0,18)	0,52	0,01	0,42 (0,39)	1,20	0,01
20 – 50 mm	6	0,43 (0,25)	0,72	0,05	0,55 (0,31)	1,13	0,28	0,92 (0,31)	1,40	0,51	1,56 (0,48)	2,37	1,11
50-100 mm	6	1,68 (0,89)	3,20	0,48	2,82 (1,13)	4,38	1,43	3,96 (0,60)	4,67	2,95	6,15 (1,92)	8,33	3,28
> 100mm	1	1,72	-	-	2,83	-	-	6,45	-	-	>7,70	-	-

Na mesma Tabela 3 pode-se ainda ressaltar que em todos os domínios estudados a vazão do escoamento superficial (Q) aumenta em direção as chuvas maiores. Pelos gráficos da figura 43, pode-se notar ainda os elevados coeficientes de correlação para os domínios BD (0,955), BE (0,8793) e RI (0,9712). No domínio FST, a redução do coeficiente de correlação R^2 (0,7356) decorre da variabilidade espacial das características físicas do piso florestal (Coelho Netto, 1987).

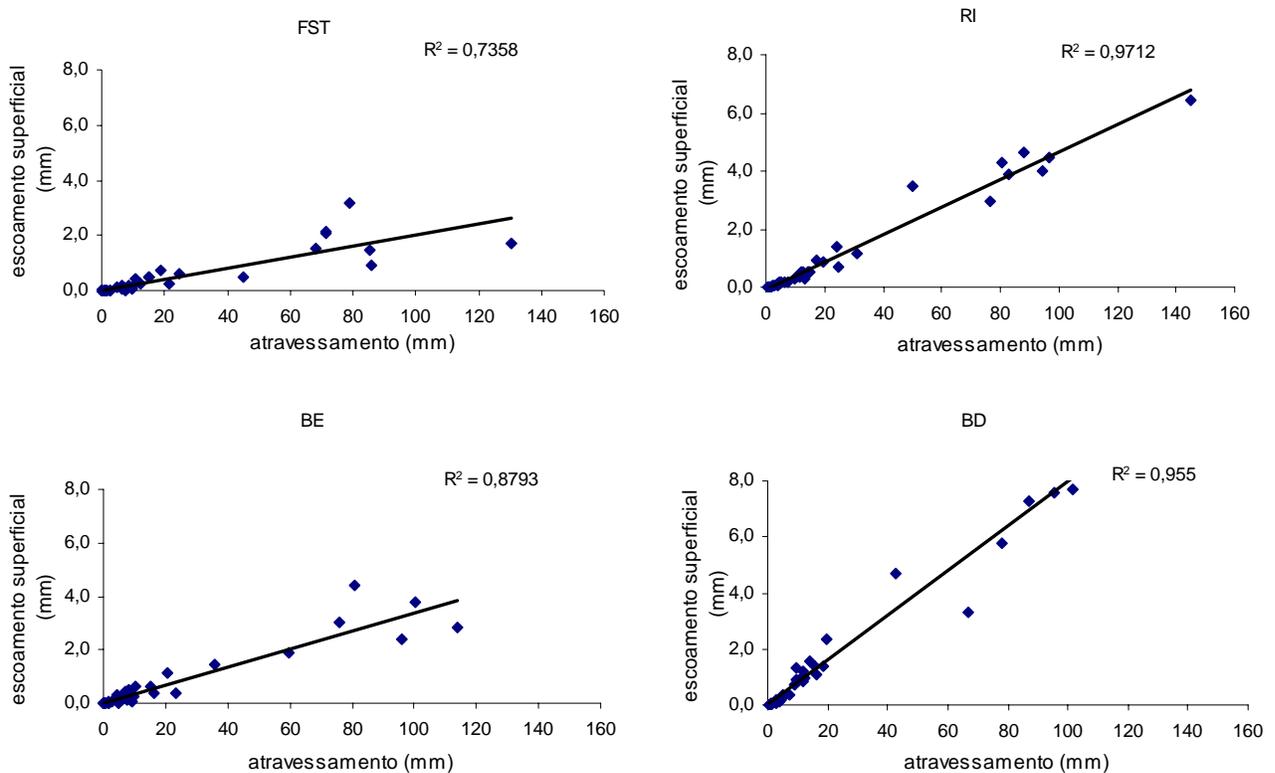


Figura 43: Correlações entre precipitação terminal e escoamento superficial em cada domínio.

Os dados referentes ao escoamento de sedimentos apresentaram os maiores valores totais para o domínio da borda direita seguido do domínio de revegetação inicial. Os menores valores foram encontrados no domínio de floresta secundária tardia, Porém esse domínio apresentou-se com o índice mais elevado de concentração g/L por conta de seu baixo valor de escoamento em relação ao total de sedimentos escoado.

No período amostrado entre Novembro-2005 a Março-2006, a carga media de sedimentos transportados foi da ordem de 98 g/m²/L durante os períodos chuvosos no interior da clareira, incluindo suas bordas. Se validarmos esta taxa para o domínio erosivo da clareira (em torno de 60% da área total) esta taxa implicará numa carga total de sedimentos de cerca de 1,05 ton. Considerando que a cicatriz tem 18 anos e que o domínio erosivo já está com alguma cobertura vegetal, pode-se supor que as cargas de sedimentos, logo após os eventos extremos que geraram a clareira tenham sido bem superiores às atuais.

Os resultados referentes ao transporte de sedimentos apontam como indicadores de transporte apenas, pois para estudos referentes a erosão é necessário parcelas de tamanho maior, como indicado na literatura.

Tabela 11: Dados referentes à vazão média, média de concentração de sedimentos e carga total de sedimentos e desvios padrões nos diferentes domínios.

Domínios	Vazão média (L)		Média de concentração de Sedimentos (g/L)		Carga total de sedimentos (g)
	Média	DP	Média	DP	Média
FST	0,16	4,57	3,30	6,48	78,4
BE	0,77	6,92	1,38	2,61	119,39
BD	5,18	14,03	1,24	1,61	349,00
RI	1,70	10,30	2,49	5,17	285,69

7 – CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, após 18 anos de regeneração florestal na clareira estudada, as bordas internas apresentam parâmetros estruturais, como DAP e altura, próximos aos valores encontrados na floresta adjacente. Assim sendo, estes parâmetros não refletem as variações de vazão observadas no comportamento hidrológico superficial, na medida em que estes ainda são superiores aos valores médios encontrados no domínio florestal. Este fato pode estar relacionado a outros aspectos estruturais da vegetação arbórea e do piso florestal.

Quanto aos valores médios de escoamento superficial, mesmo os outros domínios estando um pouco acima dos valores do ambiente florestal, estes ainda são valores muito baixos, possivelmente decorrente de fraturas do solo residual remanescente que constituem vias preferenciais de infiltração, tal como observado por Oswaldo Cruz (2003). A parcela instalada no domínio da borda direita não pode ser avaliada para fins de escoamento superficial por conta da presença de fluxo de base em seu interior, invalidando-a para essa análise dessa forma.

De fato, no domínio da borda esquerda o dossel florestal prevalece um único estrato arbóreo, enquanto a floresta secundária do entorno apresenta diferentes estratos e sobreposição de copas arbóreas, o que proporciona maiores proporções de interceptação. Por outro lado, a serrapilheira também não está estruturada como no domínio do entorno florestado, predominando a camada de folhas recém caídas (Camada O₁) oriunda de colonização por espécies pioneiras com alta concentração de carbono, desta forma de difícil decomposição (Swift *et al*, 1979). Isto indica, por seu turno, que apesar do processo de reestruturação do topo do solo promovido pela atividade da fauna decompositora estar acontecendo, as condições de infiltração ainda não foram plenamente resgatadas.

Neste estudo chama atenção ainda a influência da clareira na degradação corrente da floresta do entorno, tal como indica a frequência de queda das árvores com destacamento de raízes ou quebradas no tronco, e a presença de inúmeros galhos na serrapilheira, por efeito direto dos ventos especialmente no domínio FST b. A lentidão do processo de recuperação da cicatriz, possivelmente dificultado pela intensa lavagem superficial da clareira pelo fluxo adicional da estrada, propiciou a degradação do entorno imediato como um possível efeito de borda atrasado em relação ao processo de revegetação nas bordas.

Torna-se desta forma importante a realização de outros estudos com o intuito de aumentar o conhecimento sobre o processo de revegetação e reestruturação do topo do solo de clareiras geradas por movimento de massa, além da investigação de outros parâmetros não avaliados neste estudo.

8) Bibliografia

- AMARAL, C.; FEIJÓ, R. L. (2004) Aspectos ambientais dos escorregamentos em áreas urbanas, *in*: Reflexões sobre a geografia física no Brasil, (Vitte, A. C., Guerra, A. J. T; orgs.), Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, pp. 193-223.
- ARMSON, K. A. (1977) Forest soils: properties and processes, University of Toronto Press, Canada, 390p.
- BALL, D. F. (1964) Loss in ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in no calcareous soils, *in*: Journal of Soil Science, 15, pp. 84-92.
- BASILE, R. O. N. C. (2004) Estrutura da floresta atlântica de encosta e arquitetura de raízes arbóreas; Maciço da Tijuca - RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 115p.
- BUDOWSKI, G. (1965) Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes, *in*: Turialba, 15 -1, Costa Rica, pp. 42-44.
- CASTRO JR., E. (1992) O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 150p.
- CASTRO JR., E.; ROCHA LEÃO, O. M.; TURETTA, A. P. D.; CRUZ, E. S.; BALESANT, F. C.; SENRA, L. C.; COELHO NETTO, A. L. (1997) Estudo da colonização espontânea e resultantes hidro-erosivas em cicatrizes de movimento de massa: cicatriz da Vista do Almirante, PARNA Tijuca, RJ, *in*: anais do III SINRAD, pp. 259-269.
- CASTRO JR., E., (2002) "Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de Floresta Atlântica de Tabuleiros, ES, Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 284p.

- CHINEA, J. D.; HELMER, E. H. (2003) Diversity and composition of tropical secondary forests recovering from large-scale clearing: results from the 1990 Inventory in Puerto Rico, *in: Forest ecology and management*, 180, pp.227-240.
- CHIROL, A. A. (2003) Relações solo-fauna durante sucessão florestal em cicatrizes de movimento de massa, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 148p.
- COELHO NETTO, A. L. (1979) O processo erosivo nas encostas do maciço da Tijuca, RJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 112 p.
- COELHO NETTO A. L. (1985) Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, RJ, Phd thesis, Katholieke Univ. Leuven, Belgiun. 181 p.
- COELHO NETTO, A. L. (1987) Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of liter cover, *in: CATENA*, vol. 14, p. 213-231.
- COELHO NETTO A. L. (1992) O Geoecossistema da floresta da Tijuca, *in: Natureza e sociedade no Rio de Janeiro* (Abreu, M. A. A., org.), Biblioteca Carioca/IPLANRIO, pp.104–142.
- COELHO NETTO, A. L., (1994) Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia, *in: Geomorfologia; uma atualização de bases e conceitos*, (Guerra, A. J. T., Cunha, S. B., orgs.) Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp.93-148.
- COELHO NETTO, A. L. (1996) Produção de sedimentos em bacias fluviais florestadas do maciço da Tijuca, RJ: respostas aos eventos extremos de fevereiro de 1996, Rio de Janeiro. *in: Anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*, pp. 199-209.

- COELHO NETTO A. L. (1998) Diagnósticos de erosão para o planejamento regional: subsídios metodológicos sob enfoque geo-hidroecológico, *in*: Anais do VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão, Presidente Prudente, SP.
- COELHO NETTO, A.L. (2005) A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental, *in*: Revista do Departamento de Geografia, 16. pp. 46-60.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.; CRUZ, E. S. (1999) Conditions and problems for landslides in southeastern Brazil. *In*: IDNDR Synposium on Mitigation of Water-related Disasters, Nagoya, Japão, pp. 16-18.
- CORLETT, R.T. (1995) Tropical secondary forests, *in*: Progress in Physical Geography, 19, 2, pp. 159-172.
- CRUZ, E. S. (2001) Reativação erosiva e revegetação em cicatrizes de movimento de massa nas encostas florestais: Maciço da Tijuca, RJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 128 p.
- CRUZ, E. S.; VILELA C.; COELHO NETTO, A. L. (1999) Spatial distribution of the 1996 – Landslide scars at the tijuca massif and subsequent erosion: the Influence of topography and vegetation changes. *In*: Anais IGU – GERTEC Meeting; Rio de Janeiro, pp.15-29.
- CLEVELÁRIO JR. (1988) Quantificação de massa e do reservatório de nutrientes na serrapilheira da bacia do alto rio da Cachoeira, parque nacional da Tijuca e avaliação da sua participação na ciclagem de nutrientes, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geoquímica , UFF, 122 p.
- CORREA, R. S. (2004) Efeito dos incêndios florestais na zona de enraizamento em encostas íngremes: vertente norte, maciço da Tijuca, RJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 90 p.

- DEWALT, S.; MALIAKAL, S. K.; DENSLOW, J.S. (2003) Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife. *Forest Ecology and Management* 182, pp. 139 – 151.
- DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M. L. (1996) *Landslide recognition*, John Wiley & Sons, England.
- EMBRAPA (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 212 p.
- EYSENRODE, D. S. V.; BOGAERT, J.; HECKE, P. V.; IMPENS, I. (1998) Influence of tree-fall orientation on canopy gap shape in a Ecuadorian rain forest, *in: Journal of Tropical Ecology*, 14, pp. 865-869.
- FERNANDES, N. F. (1998) Movimentos de massa: Uma abordagem geológico-geomorfológica *in: Geomorfologia e Meio Ambiente* (GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B., orgs.), Ed. Bertrand Brasil, (2ª edição), pp.123-194.
- FOOT, K.; MORGAN, R. P. C. (2005) The role of leaf inclination, leaf orientation and plant canopy architecture, *in: soil particle detachment by raindrops*, *in: Earth Surface Processes and Landforms*, 30, pp. 1509-1520.
- FRAVER, S. ; BROKAW, N. V. L.; SMITH, A. P. (1998) Delimiting the gap phase in the growth cycle of a panamanian Forest, *in: Journal of Tropical Ecology*, 14, pp. 673-681.
- FREIRE ALEMÃO, A.V. (1997) Recarga e drenagem em solos florestados: o papel dos sistemas radiculares, *Dissertação de Mestrado*, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ. 136p.
- GARAY, I.; KINDEL, A ; JESUS, R. M. (1995) Diversity of humus form in the Atlantic forest ecosystems (Brazil) The Table Land Atlantic Forest, *in: Acta Oecol.*, 16, pp. 553-570.

GARAY, I.; SILVA, B. A. O. (1995) Húmus Florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação/solo, *in*: Oecologia Brasiliensis, 1, pp. 19-46.

GEOHECO-UFRJ / SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE – RIO DE JANEIRO-RJ (2000) Estudos de qualidade ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca: Fase 2: Subsistema Hidrográfico da Zona Sul (SSHZS). Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

GILBERT, G. K. (1887) Report on the geology of the Henry mountains, Us Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region. Washington DC, Government Printing Office, 160p.

GREENWAY, D. R. (1987) Vegetation and slope stability, *in*: Slope Stability (Anderson, M. G. e Richards, K. S., edits.), New York: John Willey & Sons LTD, pp, 187-230.

GUARIGUATA, M. R., (1990) Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo mountains of Puerto Rico, *in*: Journal of Ecology, vol. 78, nº 3, pp. 814-832.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. (2001) Neotropical secondary forest Sucession: Changes in Structural and Functional Characteristics, *in*: Forest Ecology and Management, n. 148, pp.185-206.

GUERRA, A. J. T., (1994) Processos erosivos nas encostas, *in*: Geomorfologia; uma atualização de bases e conceitos, (Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B., orgs.) Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, pp.149-209.

HEWLETT, J. D. (1969) Principles of forest hydrology, University of Georgia Press, Athens, Georgia, 183 p.

HOLWERDA, F.; SCATENA, F. N.; BRUIJNZEEL, L. A. (2006) Troughfall in a puertorican lower montane rain forest: a comparison of sampling strategies, *in*: Journal of Hydrology, 327, 3-4, pp. 592-602.

- HORTON, R. E. (1933) The Role of Infiltration in the hydrological cycle, *in*: Trans. Geophys. Un, 14, pp. 446-460.
- HORTON, R. E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrological approach to quantitative morphology, *in*: Geol. Soc. Am. Bull., 56, pp. 275-370.
- JANSEN, R. C. (2001) Distribuição dos sistemas Radiculares em Encostas Florestadas e sua Influência sobre a Infiltração, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 150p.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. (1989) Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas, *in*: IPEF, Piracicaba, pp. 83-93.
- KANOWSKI, J.; CATERALL, C. P.; WARDELL JOHNSON, G. W.; PROCTOR, H., REIS, T. (2003) Development of forest structure on cleared rainforest land in eastern Australia under different styles of reforestation, *in*: Forest Ecology and management, 183, pp. 265-280.
- KINDEL, A.; GARAY, I. (2002) Humus form in ecosystems of the Atlantic forest, Brazil, *in*: Geoderma, n. 108, pp.101-118.
- LARSEN, C.; TORRES-SANCHEZ, A. J.; CONCEPCIÓN, I. M. (1999) Slopewash, surface runoff and fine-litter transport in forest and Landslide scars in humid-tropical Steeplands, Luquillo Experimental forest, Puerto Rico *in*: Earth surface and processes and landforms, nº 24, pp. 481-502.
- LOUZADA, M. A. P.; QUINTELA, M. F. S.; PENNA L. P. S. (1995) Estudo comparativo da produção de serrapilheira em áreas de Mata Atlântica: a floresta “antiga” e uma floresta secundária (capoeira), *in*: Oecologia Brasilienses, (Esteves, F. A. org.), 1, pp. 61-74.

- MEIS, M. R. M.; SILVA, J. X. (1968) Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro, *in*: Revista brasileira de geografia, nº 30, pp. 55-73.
- MIRANDA, J. C. (1992) O Efeito da cobertura vegetal na entrada e redistribuição da chuva em uma encosta florestada, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 100p.
- MONTEZUMA, R. C. M. (2005) Produção e reabilitação funcional do piso florestal em clareira de deslizamento, Parque Nacional da Tijuca, RJ, Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 294p.
- MORGAN, R. P. C. (1986) Soil erosion and conservation. Longman Scientific and technical, 298p.
- NEGREIROS, A. B. (2004) Variabilidade do atravessamento de chuvas em ambiente de floresta clímax e suas relações com a estrutura da vegetação: O caso da Mata do Pai Ricardo – Floresta da Tijuca- RJ, monografia de graduação – IGEO-UFRJ, 45p.
- NUMES, V. M.; FEIRE ALEMÃO, A. V.; MIRANDA, J. C.; CASTRO JR., E.; COELHO NETTO, A. L. (1992) Sistemas radiculares e hidrologia de encostas florestadas: subsidios a análise de estabilidade, *in*: anais do I COBRAE, pp. 781-797.
- OLIVEIRA, R. R. (1987) Produção e decomposição da serrapilheira no Parque Nacional da Tijuca, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 107p.
- OLIVEIRA, R. R. (2002) Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e decomposição da mata atlântica da Ilha Grande, RJ, *in*: Rodriguésia, 53 (82), pp. 33-58.

- OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R., VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, D. D. (1995) Significado ecológico da orientação das encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, *in: Oecologia Brasiliensis*, 1, pp. 523-541.
- OLIVEIRA, R. R.; SILVA, E.; MACEDO, G. V. (2002) Biomassa de raízes finas e serrapilheira em floresta secundária no maciço da Pedra Branca, RJ, *in: Eugenia*, 26, pp. 25-32.
- OLIVEIRA, R. R.; COELHO NETTO, A. L. (2001) Captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação na Ilha Grande, RJ, *in: Pesquisas Botânicas*, 51, pp. 31-49.
- OSWALDO CRUZ, J. C. H. (2003) Dinâmica hidro-erosiva superficial e revegetação em uma cicatriz de movimento de massa, Maciço da Tijuca, RJ, Monografia de graduação, IGEO/UFRJ, 39 p.
- PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T.; SILVA, I. M. (2002) Caracterização da Mata Atlântica, *in: Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica*, (Silvestre, L. S., Rosa, M. T., orgs.), Seropédica, RJ, Editora da Universidade Rural, pp. 9-15.
- PINTO, N. L. S. (1976) Hidrologia básica, São Paulo, SP, Ed. Edgar Blucher. 278p.
- PIRES, F. R. M.; HEILBRON, M. L. (1989) Estruturação e estratigrafia dos gnaisses do Rio de Janeiro, RJ, *in: Anais do I Simpósio Regional de Geologia do Sudeste*, Boletim de resumos, pp.149-150.
- PRANDINI, F. L.; GUIDICINI, G.; BOTURA, J. A.; PONÇANO, W. L., SANTOS; A. R. (1976) Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas; uma resenha crítica, *in: Anais do II congresso brasileiro de florestas tropicais*, Mossoró – RN, pp.1-22.

- ROCHA LEÃO, O. M. (1997) Potencialidades e limitações da revegetação no controle da hidrologia e erosão superficial, maciço da Tijuca – RJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 142 p.
- ROCHA LEÃO, O. M.; BALESSENT, F.C.; CRUZ, E. S.; COELHO NETTO, A. L. (1996) Reativação erosiva em cicatriz de movimento de massa, maciço da Tijuca, RJ, *in*: anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia, Uberlândia, MG, pp. 259-263.
- SANTOS DA ROCHA, J.C.; ANTUNES, F.; ANDRADE, M. H. (1992) Caracterização geológica-geotécnica preliminar dos materiais envolvidos nos escorregamentos da Vista Chinesa, *in*: anais do I COBRAE, pp.491-502.
- SILVA FILHO, E. P. (1992) Movimentos de massa na vertente sul florestada do maciço da Tijuca, RJ; Casos de fevereiro de 1998 nas estradas Dona Castorina e Vista Chinesa, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geologia, UFRJ, 272p.
- SILVA, E.; CINTRA, A. T. F.; SILVEIRA, C. L. P.; OLIVEIRA, R. R. (2003) Intercepção e propriedades físico químicas da precipitação na Mata Atlântica do maciço da pedra Branca, RJ, *in*: Anais do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro – RJ.
- SILVA, P. C. F. S.; SILVA, R. R. (1987) Mapeamento geológico estrutural da serra da Carioca e adjacências, município do Rio de Janeiro, *in*: Anais do I Simpósio de geologia regional RJ-ES, pp.198–209.
- SILVEIRA, C. S. (2004) Infiltração, evapotranspiração e transporte de solutos na zona não saturada de um solo florestal, Parque Nacional da Tijuca, RJ, Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia, UFRJ, 217p.
- SILVEIRA, C. S.; BARBOSA, M. C., COELHO NETTO, A. L. (2004) A tracer experiment as an alternative methodology to understand infiltration pathway in a tropical rainforest soil, *in*: Solos e Rochas, São paulo, 28, (3), pp. 261-270.

SOARES, A. P. A. L. (1999) Avaliação do mecanismo de ruptura em Solo não saturado da encosta da Vista Chinesa, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, PUC-RJ, 108p.

SOARES, A. P. A. L.; CAMPOS, T. M. P.; VARGAS JUNIOR, E. A. (2001) Avaliação do mecanismo de ruptura em solo residual não saturado da Vista Chinesa, *in*: anais do III COBRAE, Rio de Janeiro, pp. 409-417.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDRESON, J. M. (1979) Decomposition in terrestrial ecosystems, Universty of California press, Berkeley and Los Angeles, 372p.

THORNES, J.B. (1980) Erosional processes of running water and their spatial and temporal controls: a theoretical viewpoint, *in*: Soil erosion, (Kirkby, M. J.; Morgan, R. P. C., edits) John Willey and Sons, pp. 129-182.

TUCCI, C. M. (1993) Hidrologia: ciência e aplicação, Editora da Universidade, Porto Alegre, 943p.

TURETTA, A. P. D. (1997) Estudo da colonização espontânea em uma cicatriz de movimento de massa e implicações na estruturação física do topo do Solo – cicatriz Vista do Almirante, PARNA – Tijuca, Monografia de graduação – IGEO-UFRJ, págs

VALLEJO, L. R. (1982) A influência do litter na distribuição de águas pluviais, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 123p.

VALVERDE, T.; SILVERTOWN, J. (1997) Canopy closure and forest structure, *in*: Ecology, 78 (5), pp.1555-1562.

VILELA, C. L. (1999) Caracterização morfológica das cicatrizes de movimento de massa de fevereiro de 1996: maciço da Tijuca, RJ, Monografia de graduação, IGEO/UFRJ.

- VILELA, C. L. (2003) Comportamento erosivo de solos sob revegetação em cicatriz de movimento de massa, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ ,104p.
- VUONO, Y. S. (2002) Inventário fitossociológico, *in*: Manual Metodológico para Estudos Botânicos na Mata Atlântica (Sylvestre, L. da S. & Rosa, M. M. T., orgs.), Seropédica, RJ: Editora da Universidade Rural, pp. 51-63.
- WILCKE, W.; VALLADAREZ, H.; STOYAN, R.; YASIN, S.; VALAREZO, C.; ZECH, W. (2003) Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador, *in*: CATENA, 53, pp. 79-95.
- WITHMORE, T.C.; SWAINE, M.D. (1982) On the definition of ecological groups in tropical rainforests, *in*: Vegetatio, 75, pp. 81-86.
- ZAÚ, A. S. (1994) Cobertura vegetal: transformações e resultantes microclimáticas e hidráulicas superficiais na vertente norte do morro do Sumaré, Parque Nacional da Tijuca – RJ, Tese de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, págs.