3

Sustentabilidade Ecológica: aporte e decomposição de serrapilheira em vertentes com distintas orientações no Maciço da Pedra Branca/RJ

1_Introdução

As sustentabilidades ecológicas da paisagem, tida enquanto resultante da co-evolução de processos físico-químicos, biológicos, ecológicos e antrópicos, configuram-se como pilar central ao entendimento da transformação da paisagem. A paisagem, genuinamente sistêmica e enquanto "dimensão física e material do espaço", é apreensível às ciências ambientais por meio da investigação de seus atributos estruturais e funcionais de forma a desvendar as sustentabilidades, bases ou horizontes de sua evolução.

A transformação da paisagem – entendida pela dinamicidade e multiescalaridade de seus agentes transformadores: fenômenos naturais e sociais – pode ser passível de entendimento ou, até mesmo, de modelagem a partir da investigação de seu conteúdo, de forma a contextualizar a paisagem natural "pré-antrópica" a forma, processos e funções das marcas co-evolutivas da apropriação do meio pelos grupos sociais.

A paisagem, nesta concepção, está associada à capacidade e campo de percepção ou ao "campo de visão" e sua serventia à humanidade (FREITAS, 2003) e enquanto "constructo" da percepção, vivência e intervenção humana, situada enquanto *"partes sólidas e fundamentais do mundo, são intérpretes das relações sociais que nela se dão"* (NOGUÉ, 2007). Sendo fundamental ao seu real entendimento a sua decomposição por meio de seus diversos aspectos sistêmicos, onde culmina por desvendar seu significado, para além de seu aspecto.

A paisagem da Mata Atlântica, embora figure entre as formações florestais tropicais com maiores biodiversidade por hectare face a sua ampla distribuição continental e altitudes variadas, que diversificam suas espécies conforme a adaptabilidade às condições topográficas, pedogenéticas e climáticas, subsiste ao processo de transformação espacial através de fragmentos, muitos dos quais isolados

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

e descontínuos (RIZZINI, 1998 *apud* SANTOS, 2006). Tal atributo é evidenciado no senso comum de que o bioma Mata Atlântica encontra-se entre as quatro florestas mais ameaçadas do mundo. Sua devastação tem como principal ponto de partida a chegada do colonizador ao continente, embora o seu processo de transformação antrópica tenha se iniciado muito antes (DENEVAN, 1992). A grande totalidade da paisagem atual do território nacional é o retrato de distintas práticas predatórias incapazes de apontar caminhos convergentes entre desenvolvimento econômico e a conservação da Mata Atlântica.

Sucessivas intervenções antrópicas ao longo dos inúmeros ciclos econômicos na Mata Atlântica sugerem, segundo Tabarelli & Montovani (1999), que a diversidade de sucessões ecológicas tanto em clareiras "naturais" quanto naquelas sob influência antrópica estejam intimamente vinculadas às condições físico-naturais (solo, clima, etc.) do ambiente e, por conseguinte, à funcionalidade ecológica dos ecossistemas e seus compartimentos bióticos (espécies em níveis tróficos produtores, consumidores e decompositores) e abióticos (matéria orgânica em decomposição, solo, rochas, etc,) interligados.

A Mata Atlântica, tal como a conhecemos hoje, evidencia em sua composição, estrutura e funcionalidade, a resultante dialética da presença de seres humanos. Assim, muito do que entendemos hoje por natureza "primitiva" é na verdade um mosaico vegetacional de usos pretéritos para a subsistência de populações tradicionais (indígenas, quilombolas, caiçaras, sitiantes, etc.), que se sobrepõem com maior ou menor freqüência e muitas vezes deixam vestígios (SOLÓRZANO, 2006). Dessa forma, a compreensão da dinâmica ambiental do Maciço da Pedra Branca se dá segundo a avaliação integrada dos diversos aspectos relacionados aos usos do solo pretéritos e contemporâneos, deflagradores da resultante ecológica ou ambiental desse remanescente de Mata Atlântica. As territorialidade dos carvoeiros[1] na vertente

[1] A vertente sul do Maciço da Pedra Branca – figura 02 da página 59 – representa as inúmeras territorialidades pretéritas e/ou contemporâneas que caracterizam as áreas de Mata Atlântica em seu mosaico (multiterritorialidades). As territorialidades dos carvoeiros, estudadas por Oliveira (2006) enquanto paleoterritórios, são indicadas pelas "marcas" do homem na floresta, sendo nítidas e apropriadas pelas civilizações contemporâneas ou invisíveis à escala da paisagem e simbólicas às populações tradicionais.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

sul do Maciço, bem como os interstícios da relação homem-floresta atestam para uma singular resultante dessa evolução histórica.

Este ecossistema, definido a partir da interação sistêmica entre uma comunidade de organismos e seu entorno, onde se inclui a dinâmica ecológica: ciclo de minerais, fluxo de energia, dinâmica populacional, etc. (ODUM, 1988; BRYANT, 1997), são conhecidas por sua alta produtividade. Nela boa parte da energia e nutrientes absorvidos é direcionada para a manutenção e crescimento das estruturas do dossel das árvores (galhos, folhas, flores e frutos). Como as árvores periodicamente substituem estas estruturas devido a fatores evolutivos ou como resposta a tensões ambientais, coletar e pesar estes materiais após sua queda é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade destes ecossistemas, uma vez que podem representar até 90% da produção primária líquida (MORAES & DELITTI, 1996). Este material vegetal que cai constantemente sobre o solo (folhas, ramos, flores, frutos, e fragmentos de casca) e, em menor proporção o de origem animal (insetos, restos animais e material fecal) é denominado chuva de serrapilheira, serrapilheira, liteira, folhedo ou *litter* (GARAY & SILVA, 1995; DINIZ & PAGANO, 1997).

Análises acerca do papel da serrapilheira são frequentes – regulador térmico, camada de proteção, reservatório hídrico e proteico, habitat de fauna decompositora, seletor de sementes e espécies, reservatório de nutrientes etc. (ODUM, 1969; SWIFT *et al.*, 1979; COELHO-NETO, 1987 & 2001; POSER, 1990; VALLEJO, 1982; CLEVELARIO JR., 1996; JORDAN *et al.*, 2003; MONTEZUMA, 2005; SAYER, 2006). Assim como os estudos sobre as variáveis influenciadoras do aporte e decomposição de serrapilheira nas florestas tropicais – regime climático, composição e fenologia florestal, propriedades fisico-químicas do solo, sazonalidade, sítio topográfico, manejo florestal, etc. (VITAL, 2004; MEGURO *et al.,* 1979[a]; PAGANO, 1989; CUNHA *et al.*, 1996; DURIGAN *et al.*, 1996; WERNECK, *et al.* 2001; SCHUMACHER, 2004; PIRES, 2006; PORTELA & SANTOS, 2007; PINTO *et al.* 2008; OLIVEIRA & LACERDA, 1993; OLIVEIRA, 1987, 1999 e 2005; COSTA *et al.,* 2005; NETO *et al.,* 2001; PENNA FIRME, 2003; ABREU, 2007).

Porém, há uma relativa escassez científica no tratamento da complexidade ambiental envolvendo as diacrônicas resultantes da história ambiental e as diversas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

variáveis ambientais por meio de métodos conjuntivos próprios à ecologia da paisagem (FORMAN & GODRON, 1986; NAVEH & LIEBERMAN, 1994; NAVEH, 2000), sobretudo, em vertentes com distintas orientações de encosta e suas condições biológicas, físicas, químicas e climáticas diferenciais.

O presente trabalho propõe uma investigação acerca das sustentabilidades da dinâmica ambiental da paisagem. Tal análise estrutura-se na compreensão da funcionalidade ambiental de dois fragmentos de Mata Atlântica junto ao Maciço da Pedra Branca, onde tanto a estrutura (parâmetros fitossociológicos, composição estrutural e química do solo) como a produtividade via aporte e decomposição de serrapilheira integram-se holisticamente aos aspectos relacionados ao histórico de uso do solo, tradutores da transformação da paisagem e visíveis sob forma das marcas do homem na Mata Atlântica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

2_ Fundamentação teórico-metodológica

O Parque Estadual da Pedra Branca, representativo da Mata Atlântica e inserido na Baixada de Jacarepaguá, é compreendido pelas múltiplas territorialidades de peculiares históricos evolutivos. Segundo Oliveira (2005), a produção colonial no Engenho do Camorim alicerçava-se no consumo crescente da floresta tanto estrutural (instalação e manutenção das cercas e reformas dos madeiramentos das construções), quanto operacional (fabrico e manutenção dos carros de boi, fornecimento de lenha para as caldeiras e construção de caixas para exportação do açúcar produzido).

O mesmo autor, baseado em dados oficiais da época, estipula que as demandas coloniais de madeira para o Engenho do Camorim respondiam a um consumo anual médio de 12 árvores por safra (corte seletivo de apenas 2 espécies florestais e diâmetros superiores a 70 cm ou 4.200 m³), contabilizando a variação florestal da época: estágios sucessionais, a orientação da encosta, a geomorfologia, as características florísticas, etc., tais valores corresponderam a grandes áreas de florestas nativas.

Sendo, portanto, as demandas e os padrões dos subseqüentes e superpostos usos históricos da floresta, deflagrantes do desmatamento – por vezes cíclico e rotativo – determinantes na configuração da resultante ambiental da Mata Atlântica que é composta, quase em sua totalidade, por uma diversidade de fragmentos – muitos dos

quais – isolados e descontínuos. Dessa forma, A Mata Atlântica é caracterizada por formações secundárias fragmentadas, subsistindo assim, a partir de uma funcionalidade garantidora da recuperação e regeneração de seus principais atributos e funções ecossistêmicas, bem como, a perpetuação de sua auto-sustentabilidade pela ação de diversos mecanismos ambientais.

No caso do Maciço da Pedra Branca, área de estudo selecionada, a degradação se deu a partir da implantação de atividades de agricultura de subsistência e do corte raso para a produção de carvão vegetal *in situ* (CORREIA, 1933). Com isto, boa parte da floresta da encosta foi parcialmente derrubada constituindo um registro histórico para a interpretação dos acontecimentos pretéritos, que resultam na construção de uma História Ambiental local bastante ampla e diversificada. Diversos trabalhos científicos na área referida atestam para a influência desse uso pretérito na configuração e sistêmica ambiental, bem como, por caracterizar as influências dos usos contemporâneos, tanto de ações diretas quanto indiretas, do entorno urbano.

A transformação da paisagem (Mata Atlântica) em fragmentos florestais vem promovendo profundas alterações físicas no ambiente: alterações nos fluxos de energia, no sistema de ventos, no regime hídrico e, conseqüentemente, no clima regional que repercutem nos remanescentes florestais, agora submetidos a condições climáticas alteradas, tanto no seu exterior quanto internamente ao longo de todos os estratos do fragmento (FORMAN & GODRON, 1986; NAVEH & LIEBERMAN, 1994). Tais alterações possuem implicações geo-hidroecológicas[2] em todo o ecossistema, de forma a afetar tanto as regiões proximais quanto distantes, bem como, áreas situadas à jusante ou à montante dos efeitos correlatos a intensidade desses processos geomorfológicos (COELHO-NETTO *et al.* 2006).

Portanto, as alterações de ordem natural ou antrópicas que atuem no fornecimento de energia causam reajustes nas formas e processos, ou seja, a estrutura, composição e, sobretudo, a funcionalidade destes remanescentes dependem do grau

[2] Termo em referência a análise dos geossistemas a partir das "funções ecológicas, hidrológicas e mecânicas, onde os fluxos de água, sedimentos e solúveis através da paisagem são indicadores da dinâmica dos processos geomorfológicos e da evolução das transformações das bacias de drenagem em diferentes níveis hierárquicos" (COELHO-NETTO, 1992 *apud* COELHO NETTO *et al.* 2006).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

das transformações ecológicas e geomorfológicas que, segundo Guerra & Guerra (1997), representam importantes fundamentos no estudo dos geossistemas.

Gera-se assim condições à mensuração e análise das condições ambientais do Maciço por meio de diferentes mecanismos garantidores da funcionalidade ambiental, tais como a ciclagem de nutrientes via deposição e a decomposição da serrapilheira que se constitui pelo material orgânico proveniente do dossel florestal, sendo reservatório energético e hídrico, além de ser o principal *locus* das relações vegetação/solo (GARAY & SILVA, 1995). Desempenha importante função na edafização do substrato em regiões em início de sucessão ecológica (ARAUJO & HENRIQUES, 1984).

O histórico dos estudos envolvendo a serrapilheira aponta o caráter secular (155 anos) destes quanto à investigação dos efeitos da remoção cultural (Europa Central) desta camada orgânica para fins comerciais (alimentação bovina, adubo, forragem aos estábulos e currais) e seus decorrentes desequilíbrios ecossistêmicos: redução de produtividade florestal, perda de nutrientes, danos às condições físico-químicas do solo, etc. (SAYER, 2006). O mesmo autor realça a gama de estudos envolvendo o papel da serrapilheira, além de parte essencial na ciclagem de nutrientes, como camada de proteção às chuvas, erosão, compactação, lixiviação etc. dentre os principais destacam-se: Rammann (1883); Mackinney (1929; Pearse (1943); Lunt (1951); Ginter *et al.*(1979); Coelho-Netto (1987); Judas (1990); Poser (1990); Clevelario Jr., 1996; Geddes & Dunkerley (1999); Gonzalez & Zou, (1999)); Jordan *et al.* (2003).

Vallejo (1982) aponta para uma vasta literatura internacional acerca dos efeitos da remoção da serrapilheira na redução da taxa de infiltração a 18-38% e, conseqüentemente, aumento do escoamento superficial e erosão do solo.

Com relação aos estudos em florestas tropicais, Anderson & Swift (1983) compararam florestas temperadas, onde os ecossistemas tropicais apresentaram uma alta produtividade e degradabilidade (decomposição) de serrapilheira - cinco vezes maior se comparado às formações temperadas – tais resultados eram justificados pelos diferenciais latitudinais (condições climáticas). Corrobora assim com Bray e Gorham (1964, *apud* ABREU, 2007) que sugerem a ocorrência de uma relação linear

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

inversa entre latitude e produção de serrapilheira. Segundo essa relação, o máximo teórico de produção seria de 15,0 $Mg.ha^{-1}ano^{-1}$, próximo do equador, e declinaria para menos de 1,0 $Mg.ha^{-1}ano^{-1}$ nas alta latitudes.

Com relação à Mata Atlântica, os estudos de; Meguro *et al.*(1979); Pagano (1989); Oliveira & Lacerda (1993); Cunha *et al.*(1996); Durigan & Pagano (1996); Oliveira (1987, 1999 e 2005); Pedralli, *et al.* (2001); Neto *et al.* (2001); Penna Firme (2003); Schumacher (2004); Vital (2004); Montezuma (2005); Costa *et al.* (2005); Pires (2006); Cianciaruso *et al.* (2006); Portela & Santos (2007); Abreu (2007); Pinto *et al.* (2008), entre outros, atestam para a mensuração da funcionalidade ambiental que, conseqüentemente, convergem para o conceito aqui empregado de sustentabilidade ecológica via o aporte e decomposição da serrapilheira. Porém, tais estudos apresentam diferenciações quanto ao bioma, altitude, sítio topográfico, manejo e uso antrópico, metodologias empregadas, etc. que dificultam as possíveis correlações e comparações.

Nos ecossistemas tropicais a relação matéria/energia se dá a partir do aporte resultante da "capacidade" das plantas produzirem matéria orgânica e de suas estratégias de abcissão e decomposição – conseqüência de um complexo conjunto de fatores – sendo, portanto, essencial à integridade do ecossistema através de processos e fluxos que ocorrem meio à produção, decomposição e ciclagem de nutrientes da serrapilheira a partir da interação entre a qualidade do recurso em decomposição, a ação da fauna e microorganismos decompositores e o ambiente físico-químico (PENNA-FIRME *et al.* 2005; SWIFT *et al.*, 1979 *apud* MONTEZUMA, FIALHO e IMBROISI, 2005; GARAY & SILVA, 1995).

Oliveira & Lacerda (1993), Penna Firme *et al.* (2005) e Abreu (2006), conceituam a serrapilheira enquanto sua essencial importância na circulação e transferência de nutrientes no subsistema vegetação-solo e, portanto, fundamental indicador ao grau de recuperação de um ecossistema. Dessa forma, a dinâmica da serrapilheira em florestas tropicais ilustra o sistema de interações entre uma comunidade de organismos e seu meio ambiente, onde se encontram envolvidos nesta interação o ciclo de minerais, o fluxo de energia e a dinâmica das populações (BRYANT, 1997 *apud* ABREU, 2006).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Coelho-Netto (1987) ao investigar o papel da serrapilheira em relação aos fluxos hidrológicos do Parque Nacional da Tijuca/RJ relatou as diferenças estruturais e funcionais das camadas superiores e inferiores da serrapilheira que tendem a prover condições físicas e microclimáticas a uma gradual infiltração e absorção de nutrientes. Kindel (2001) e Montezuma (2005) corroboram com a temática ao relatar a função térmica da serrapilheira ("tamponamento térmico") que contribui para a redução da evaporação e manutenção de um microclima estável na superfície do solo.

Entre os fatores de regulação do aporte e decomposição da serrapilheira, Oliveira (1987) e Costa *et al.* (2005) destacam as condições físico-químicas do ambiente que, por sua vez, são controladas pelo clima e pelas características edáficas do local: características orgânicas e estruturais do substrato que determinam sua degradabilidade em face à natureza da comunidade e elementos decompositores: – macro e microorganismos, malha de raízes, etc. – presentes na interface serrapilheira–solo. Corroborados por Neto *et al.* (2001) ao elencar fatores geográficos, tais como a temperatura, altitude, evapotranspiração, latitude, insolação, precipitação e biológicos, como estrutura, idade e composição florística da vegetação como sendo os principais responsáveis pela queda e decomposição de matéria orgânica sobre o solo e Olson (1963) ao vincular o aporte de serrapilheira à maior ou menor atividade da biota decompositora, bem como, ao gradiente latitudinal e altitudinal definidor de quanto menor a temperatura, maior será a camada de serrapilheira.

Oliveira *et al.* (1987) relacionam os inúmeros fatores vinculados à orientação de encosta no Maciço da Tijuca/RJ – umidade, incidência de ventos marítimos, maior exposição à luminosidade, grande suscetibilidade a incêndios etc. – à diferenciação das vertentes "soalheiras" de orientação NE voltadas para o continente e de grande exposição à luminosidade (de até três vezes mais) se comparada à encosta de orientação "Noruega" SW que, por sua vez, apresenta níveis de umidade, temperatura e precipitações diferenciadas, chegando a apresentar umidade 160% superior. Tais características físico-estruturais influenciaram, conseqüentemente, os usos antrópicos pretéritos e contemporâneos, uma vez que cada cultivo exige determinados níveis de luminosidade e umidade (OLIVEIRA *et al.,* 1987). Dessa forma, tais variáveis foram fundamentais na diferenciação das encostas SW e NE sugerindo, por conseguinte, que

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

influenciam no processo de aporte e velocidade de decomposição da serrapilheira.

A serrapilheira estocada sobre o solo contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das gotas de chuva, o que acarreta na minimização da obstrução dos canais não-capilares e efeitos erosivos, bem como, na compartimentação do armazenamento de água que, ao alcançar o topo do solo e o sistema radicular, assume trajetórias diferenciadas podendo escoar superficialmente através de fluxos superficiais Hortonianos ou de fluxos superficiais de saturação, ou infiltrar via fluxos subsuperficiais (COELHO NETTO, 1985 e 1987). As rotas desempenhadas pelos fluxos superficiais em contato com a serrapilheira são ilustradas por Coelho-Netto (1987) ao delinear a sua rápida transposição pelas folhas e materiais grosseiros de baixa decomposição (O1) à camada inferior, onde materiais orgânicos decompostos (O2) exercem alta retenção hídrica, os fluxos expandem-se lateralmente e verticalmente até alcançarem o topo do solo previamente à sua saturação (figura 01).

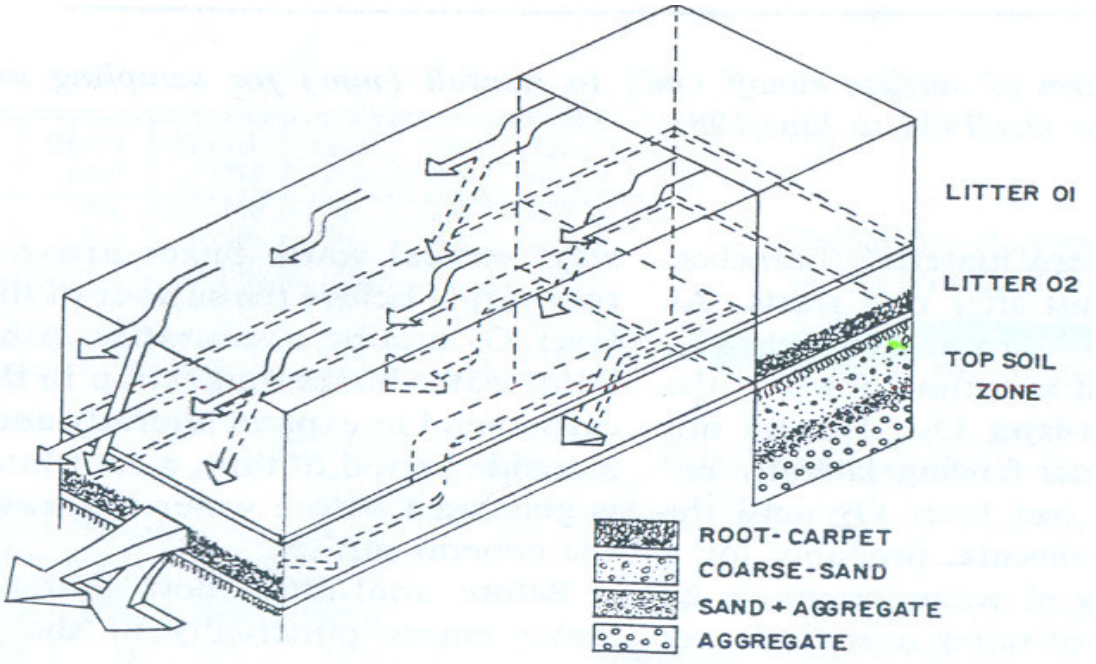


Figura 01: Trajetória dos fluxos superficiais nos horizontes da serrapilheira (COELHO-NETTO, 1987).

A serrapilheira quando acumulada sobre o solo contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das gotas de chuva, minimizando assim seus efeitos erosivos e sua decomposição, associada às condições

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

microclimáticas, fauna decompositora, resistência dos materiais contidos na serrapilheira (lignina), etc., possibilitam a disponibilização de nutrientes ao ecossistema. Anderson & Swift (1983) sugeriram que o processo de decomposição é regulado por três grupos de variáveis: a natureza da comunidade decompositora - animais e microorganismos - a degradabilidade da matéria orgânica - qualidade dos recursos - e o ambiente físico-químico - macroclima, microclima e o solo (COUTEAUX *et al.,*1995). Consideram ainda que estas variáveis interajem dentro de uma estrutura hierárquica na seguinte ordem: macroclima > microclima > qualidade dos recursos > organismos.

Como mecanismo e ferramentas ambientais essenciais à averiguação da estrutura e composição da paisagem, a fitossociologia ocupa importante papel ao prover avaliação dos parâmetros florísticos e vegetacionais de uma floresta, tais como tipologia das espécies, inventário arbóreo, número, disposição, diâmetro e altura dos indivíduos, etc. (MUELLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 1974 *apud* SOLORZANO, 2005). Tais dados arrolados nesta análise da transformação da paisagem do Maciço da Pedra Branca são provenientes dos resultados preliminares de Freire (2008).

As características físico-químicas do solo situam-se também enquanto elementares à compreensão da estrutura e composição da paisagem. Longo (*et al.,* 1990 *apud* LOUZA, 2006) realça a íntima relação (via ciclagem de nutrientes) entre o solo e a vegetação, sendo esta última dotada de atributos vitais à manutenção do ecossistema: capacidade de retenção de cátions, suprimento de nutrientes, aeração, comportamento hídrico, etc. diretamente vinculados tanto à dinâmica ambiental (distúrbios naturais: queda de árvore, queimadas, deslizamentos, etc.) quanto às práticas de manejo dos usos pretéritos e contemporâneos (supressão de vegetação, retirada ou despejo de materiais, pavimentação, etc.). Tais condições de usos histórico e intemperização, somadas aos agentes pedogenéticos de gênese e evolução, promovem sua diferenciação conforme textura, profundidade, etc. e, conseqüentemente, determinam a cobertura vegetal (NOVAES FILHO *et al.*, 2007).

Novaes Filho *et al.* (2007) discorreram sobre a heterogeneidade dos solos em decorrência da ampla variação das propriedades morfológicas, físicas, químicas e

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

mineralógicas inerentes aos processos pedogenéticos, onde são passíveis de análises horizontais e verticais para se conhecer as características e atributos do solo. Dessa forma, os parâmetros granulométricos do solo que inferem sob sua textura, bem como seu gradiente ao longo do perfil do solo (0-10 cm; 10-20cm e 20-30cm), são um indicativo da evolução pedogenética da paisagem.

A entrada de nutrientes por vias atmosféricas podem contribuir para a manutenção do ecossistema,uma vez que é escassa a disponibilidade em nutrientes no solo, típico de ambientes tropicais altamente lixiviados e suscetibilizados ao longo dos ciclos econômicos históricos. Quando a chuva incide sobre a floresta sua qualidade é alterada durante a interação com os tecidos vegetais, tendendo a duas situações opostas: enriquecimento ou um empobrecimento de nutrientes com a "lavagem" do dossel (DELITTI, 1984; GARAY & SILVA, 1995).

No entanto, grande parte da ciclagem de nutrientes ocorre via aporte e decomposição da serrapilheira, sendo essencial ao funcionamento do ecossistema uma vez que se dá pela retenção e liberação de nutrientes pelo tapete formado por serrapilheira e raízes finas, muitas vezes associadas aos fungos (micorriza) que cobre o solo florestal. As raízes absorvem os nutrientes diretamente das folhas e da fauna saprófita em decomposição e penetram também na primeira camada do solo, minimizando a lixiviação causada pelas fortes chuvas tropicais. (STARK & JORDAN, 1978; VITOUSEK, 1984; ABREU, 2006).

Tais mecanismos e parâmetros ambientais encontram-se intimamente associados à incidência das correntes marítimas e atmosféricas, as quais tendem a influenciar tanto na estrutura física da floresta quanto na química e hidrologia dos fragmentos ambientais, bem como, nas condições físico-estruturais do Maciço: geologia, geomorfologia, biologia, pedologia, etc., sendo tais parâmetros ambientais fundamentais à compreensão da resultante ecológica dos distintos usos antrópicos. As propostas de Oliveira (2006) corroboram com a temática ao realçar que "uma alternativa para a análise integrada dos ecossistemas, que abarca tanto a dimensão humana (a história das populações que com ele interagem) como seus atributos físicos e biológicos (como composição, estrutura e funcionalidade)".

3_ Justificativa

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

A partir desta revisão bibliográfica nota-se uma relativa lacuna de conhecimento da influência da História Ambiental, inserida nos padrões de uso das populações tradicionais e contemporâneas, no contexto espacial, social e econômico da Mata Atlântica, bem como, a interação dos diversos parâmetros e variáveis ambientais com a análise da resultante ecológica do fragmento de Floresta Atlântica - Maciço da Pedra Branca.

Com isso fica evidente a necessidade de estudos quanto à florística, parâmetros fitossociológicos, composição e textura dos solos, hidrologia, etc. - imprescindíveis à compreensão do funcionamento do ecossistema e subsistemas: produtor, consumidor e decompositor - como subsídios e prerrogativa à conservação e sustentabilidade da biodiversidade e do patrimônio genético da Mata Atlântica.

Dentro deste contexto esta análise se propôs um conjunto de monitoramentos que envolveram técnicas específicas de quantificação e avaliação da serrapilheira, dos parâmetros florísticos, da textura e composição química dos solos, bem como as classificações de uso do solo que atestem para o nível de degradação da bacia do Camorim no Maciço da Pedra Branca.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

4_ Objetivo geral do monitoramento de serrapilheira

O objetivo deste projeto é a análise do aporte e decomposição de serrapilheira – assim como a investigação dos atributos estruturais via composição florística e pedológica – enquanto tradutores da História Ambiental do Maciço da Pedra Branca, segundo a funcionalidade ambiental resultante dos usos antrópicos em vertentes com distintas orientações.

4.1_ Hipóteses levantadas:

- A transformação da paisagem em termos de estrutura, composição e funcionalidade reflete a complexidade da Mata Atlântica como um mosaico ambiental, sistêmico, multiescalar e de gênese difusa;
- Os usos antrópicos da História Ambiental da bacia do Camorim inferem, sob diversas escalas temporais, diacronicamente, na resultante ambiental do Maciço da Pedra Branca, haja vista que estudos desenvolvidos na referida área sugerem influência direta dos usos pretéritos tanto dos cultivos agrícolas quanto das atividades dos carvoeiros;

- A diferenciação climática e topográfica entre as vertentes SW (noruegas) e NE (soalheiras) são diretamente influenciadoras do aporte e decomposição de serrapilheira e capacidades correlatas (retenção hídrica da serrapilheira etc.) estando, portanto, associada às condições ambientais pretéritas e contemporâneas e à interatividade destes fatores inerentes à complexidade ambiental da Mata Atlântica;

5_ Área de estudo

A área de estudos – 22º58'17.79"S e 43º25'29.24"O – se localiza na Floresta do Camorim situada no Maciço da Pedra Branca, Baixada de Jacarepaguá, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, RJ. Atualmente este Maciço compreende o Parque Estadual da Pedra Branca de 12.500 ha de extensão. Trata-se de um Maciço costeiro, tendo um relevo bastante acidentado, presença de diversos afloramentos rochosos, sendo o Pico da Pedra Branca, com 1024 m de altitude, o ponto culminante do Parque e também do município (figura 02).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

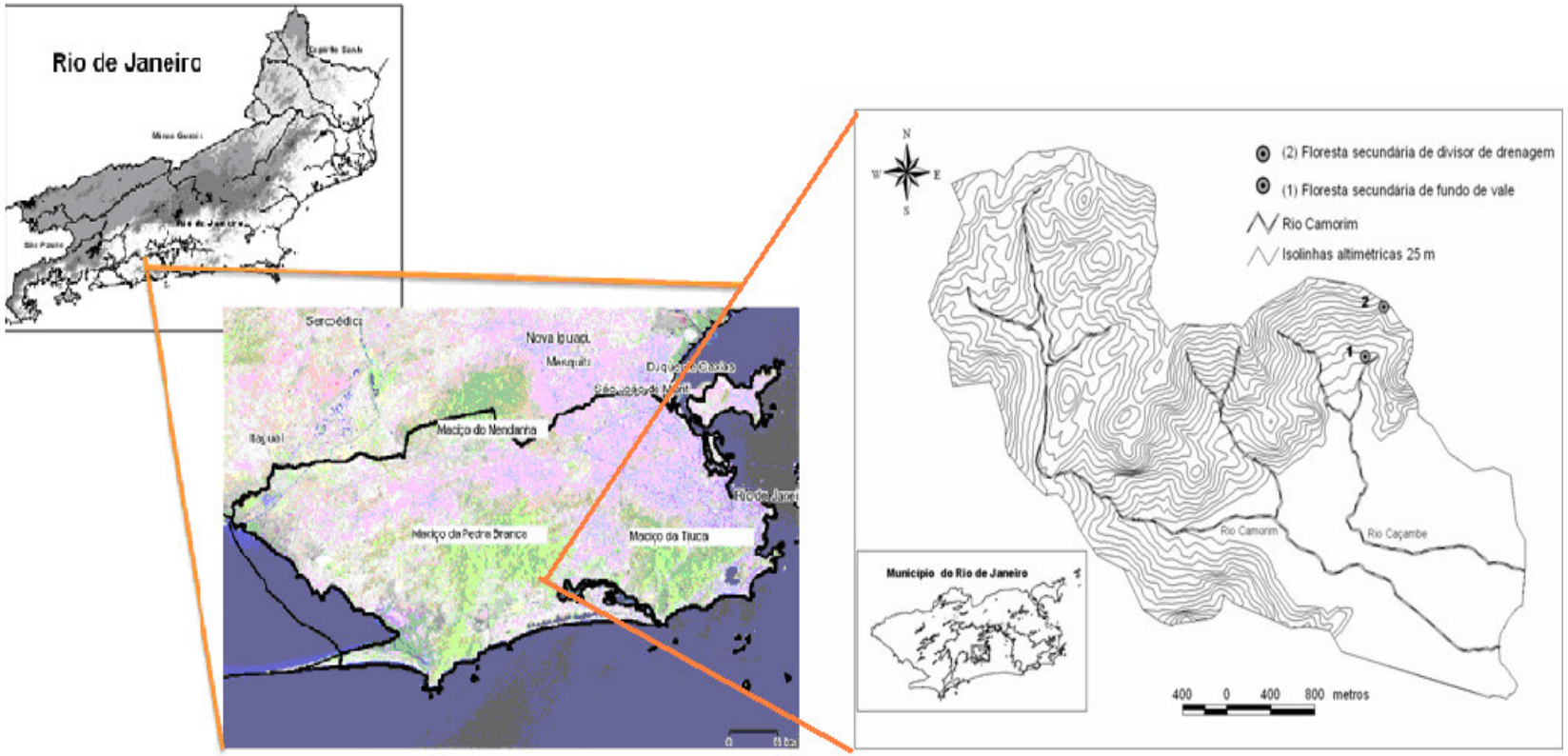


Figura 02: Área de estudo: Maciço da Pedra Branca/RJ, zona oeste do município.

Consiste em uma Floresta Ombrófila Densa sub-montana de tipologia climática subúmido, com pouco ou nenhum déficit hídrico, megatérmico, com calor uniformemente distribuído por todo o ano, região esta categorizada por Köppen como Af – clima tropical quente e úmido, sem estação seca, com baixas precipitações no mês mais seco: 60 mm em agosto (IBGE,1992). Situa-se como formação secundária decorrente de sucessivos e superpostos usos pretéritos, sendo o mais relevante, datado em início do século XX para a fabricação de carvão vegetal até a década de 1950.

O substrato geológico é formado por gnaisses totalíticos e granitóides, metatexitos, migmatitos, kinzigitos e granitos (CIDE *et al.*, 1997). Galvão (1957) discorre sobre formação geológica do parque pertencente ao Pré-Cambriano e a litologia como sendo composta por rochas na maior parte metamórficas do tipo biotita-gnaisse, e algumas magmáticas do tipo graníticas leucocráticas, originando assim, solos residuais jovens e coluviais. O Maciço da Pedra Branca é composto, basicamente, por rochas cristalinas e cristalofilianas, granitos e principalmente o gnaisse facoidal, entrecortados por rochas básicas, como o diabásio. Esta litologia, juntamente com o clima regional, gera os seguintes solos na região do Camorim: os latossolos, nas encostas mais elevadas do Maciço, que são solos rasos e aparecem associados aos cambissolos, solos litólicos e podzólicos, estes recobrindo principalmente as vertentes mais suaves de menor altitude (OLIVEIRA *et al.* 2002).

5.1 A transformação da paisagem da Baixada de Jacarepaguá

A Baixada de Jacarepaguá, palco hoje de um irreversível adensamento populacional e, conseqüentemente, uma nítida especulação imobiliária, tem sua gênese, caracterização e evolução compatíveis à singular (re)produção do espaço a partir do "consumo" dos remanescentes florestais do município: Maciços da Tijuca e Pedra Branca e, sobretudo, pela imposição de uma ordem e ideologia hegemônica – ordem distante de Ferreira (2007) – sobre os territórios, tanto àqueles remanescentes ao período colonial quanto aos refuncionalizados pelo processo de simultânea (des)territorialização e reterritorialização.

Tal entorno urbano - limítrofe aos Maciços costeiros – promove uma grande pressão junto às unidades de conservação: Parque Nacional da Tijuca e Parque

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Estadual da Pedra Branca, que possuem as maiores taxas de crescimento demográfico se comparada as áreas de urbanização consolidada (SANTOS, 2007).

Diversos autores retrataram as minuciosidades no processo de (re)produção da Baixada de Jacarepaguá, entre eles encontram-se Corrêa (1933) que relatou as especificidades espaciais, sociais e culturais deste processo; Fridman (1999) relatando o histórico da propriedade fundiária nas freguesias rurais do império; Engemann *et al.* (2005) realçando as "marcas das mãos[3]" neste.

A região conhecida como *sertão carioca*[4], *freguesias rurais*[5] ou Baixada/freguesias de Jacarepaguá constitui a zona oeste do município do Rio de Janeiro que se caracterizou enquanto zona rural a partir de 1834 no período de consolidação da corte na capital imperial Rio de Janeiro. A vinda da família real em 1808 e, sua conseqüente aglomeração na capital, intensificou a valorização da terra e foi o passo inicial para a ruptura com a tradição medieval de aquisição de terras pelas sesmarias - cartas donatárias e capitanias hereditárias (FRIDMAN, 1999).

A mesma autora ressalta a concomitância do processo de valorização e ocupação espacial desta área. Havia uma gradativa desregulamentação do trabalho compulsório que impulsionavam a mercantilização do solo. Já que tanto os escravos alforriados quanto os foreiros, em sua maioria imigrantes, pressionavam o sistema sesmarial, bem como, as posses adquiridas por concessão do donatário. Em 1850, com a promulgação da Lei de Terras, consolida-se legalmente a propriedade fundiária e formação de um mercado capitalista de terras. Dessa forma, os arrebaldes rurais constituem-se como *fronteiras* à expansão da pequena propriedade e por ser o principal logradouro público e de relações de vassalagem que garantiam o fornecimento de café, feijão, milho, mandioca e outros gêneros à região central e arrebaldes, gerando assim, acumulação de capitais pelas elites locais.

Denominada no século XVI como a Planície dos Onze Engenhos (D'água, Camorim, Vargem Grande, Vargem Pequena, Taquara, Novo, de Fora, Velho da Taquara, Rio Grande, Restinga e Serra), conforme observado na figura 03, a Baixada de Jacarepaguá era permeada por grandes concessões territoriais aforadas que se

[3] Refere-se ao legado cultural das populações tradicionais junto à floresta.
[4] Vocábulo empregado por Corrêa (1933).
[5] Vocábulo empregado por Fridman (1999).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

dedicavam à pecuária e aos engenhos de açúcar. Apesar de ter apresentado um breve auge e decadência cafeeira no século XVII, a região possuía uma economia mercantil essencialmente açucareira, controlada por agentes sociais difusos que ora se opunham aos interesses régios e individuais ora associados e intimamente interligados.

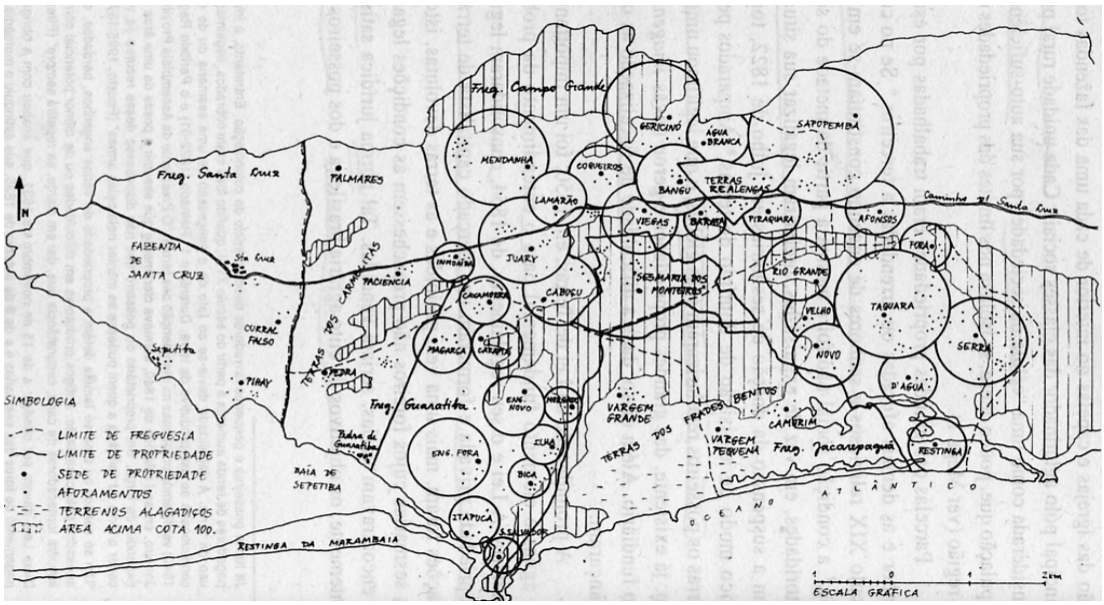


Figura 03: Propriedades (engenhos) nas freguesias rurais no séc. XIX (FRIDMAN, 1999).

O governo Régio, a representatividade religiosa e os senhores de engenho revezavam-se ou coadunavam-se no controle e apropriação do espaço colonial. Os sesmeiros, cristãos em condição de possuírem o solo, aproveitá-lo e prover o pagamento do dízimo, firmavam determinadas cláusulas de obrigações em que se comprometiam a medir e demarcar propriedade; conservar na floresta, determinadas espécies como "tapinhoãs" e "parobas" que só poderiam ser cortadas para a construção de naus para o Rei; construir caminhos e pontes; reservar meia légua nas margens dos rios para logradouro público; não suceder em tempo algum a pessoa eclesiástica (FRIDMAN, 1999).

As ordens religiosas detinham uma considerável parcela das terras da região, transmitidas pela devoção e fé de seus possuidores. Os monges beneditinos do mosteiro de São Bento constituíam a principal autoridade da época e, sobretudo segundo os registros paroquiais, configuravam-se como importantes produtores de mantimentos: açúcar, milho, feijão, arroz e, sobretudo, mandioca para a produção de farinha de guerra – base alimentar nas fazendas e no mosteiro, além de anil e de rebanhos bovinos (ENGEMANN, 2005).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Porém, muitos dos cativos recém alforriados, buscavam nos arrendamentos - pagamento de um foro anual pela utilização de lotes de terra – como forma de subsistirem na economia colonial. Dessa forma, equiparavam-se aos foreiros migrados de outras regiões e ilustravam o prenúncio da nova forma de expropriação da mão-de-obra, ao que Marx salientou como uma reinvenção da escravidão vinculada à acumulação de terras e capitais (MARX *apud* FRIDMAN, 1999).

Somente no começo do século XIX é que os posseiros passaram a ter regularizadas suas glebas. Consolidavam-se sobre os arrendamentos concedidos pelos senhores de engenho e igreja ou sobre as terras desapropriadas por insucessos de seus seismeiros.

Já em 1854/1856, a Baixada de Jacarepaguá apresentava a maior quantidade de propriedades rurais dentre as freguesias rurais que apresentavam arrendamentos em seu território: Guaratiba, Jacarepaguá e Campo Grande, sendo em sua maioria composta por pequenas ou médias propriedades (abaixo de 500 ha). Realça-se assim, a diversidade de usos antrópicos nas regiões marginais ao Maciço da Pedra Branca, sendo, por Corrêa (1933), detalhadamente caracterizada a grandiosidade cultural, religiosa, social e econômica das populações tradicionais: os pescadores, os machadeiros, os tamanqueiros, as estereiras, os oleiros, os bananeiros, os caçadores, e, sobretudo, os carvoeiros que habitavam a vertente sul do Maciço**.**

De fato, o insucesso dos donatários, bem como, da administração do mosteiro de São Bento, aliado ao endividamento destes como o financiamento de capital para a modernização das lavouras com maquinário da época – por intermédio do governo imperial – culminou na transferência do sistema agrícola de nítido declínio da mão-de-obra escrava à especulação fundiária.

Dessa forma, a agricultura de *plantation* é preterida pela inserção da mecanização, pelo emprego do braço livre e pelas ferrovias garantidoras na rapidez do escoamento da produção. Geraram-se assim, condições irreversíveis para a decadência e alienação dos engenhos, sobretudo, a partir da venda de terras com imposição do governo. Deflagrou-se assim, uma irreversível propagação de loteamentos executados pelo Banco de Crédito Móvel e pela Empresa Saneadora territorial, conforme figura 04:

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

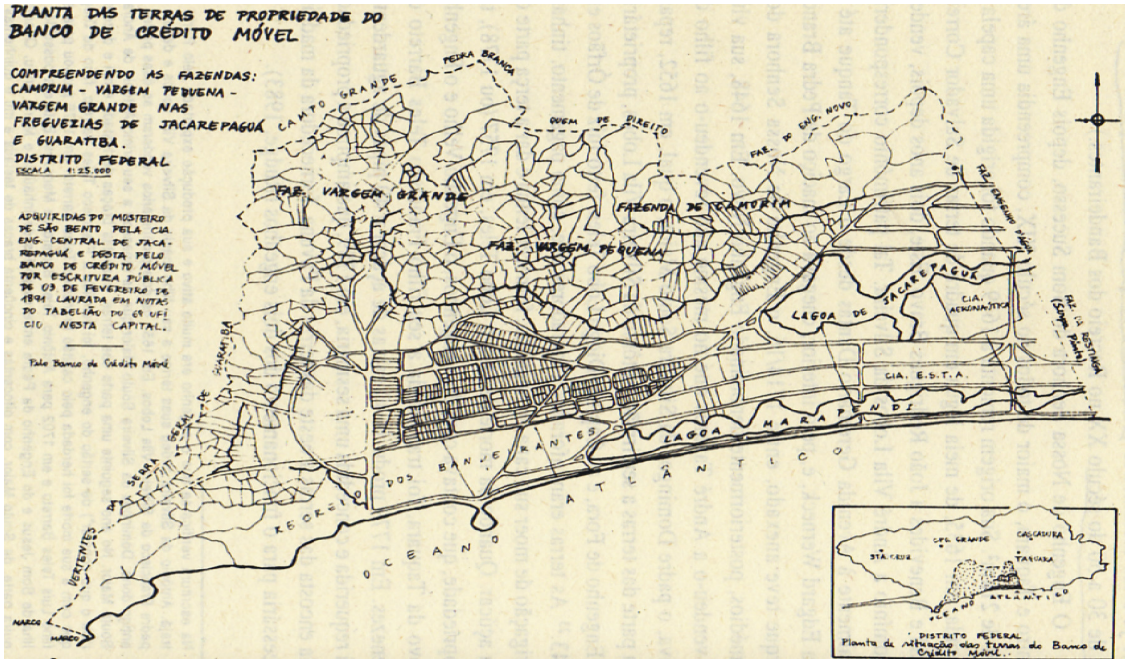


Figura 04: Loteamentos na região das freguesias rurais pertencentes ao BCM XIX (FRIDMAN, 1999).

A configuração atual dos remanescentes dos arrebaldes coloniais encontra-se fragmentada em formas de propriedades particulares, arrendamentos, posses etc. Levantamentos atuais com o intuito de promover o remonte da estrutura fundiária da bacia do Camorim (antigo engenho do Camorim[6]) foram desenvolvidos junto ao arquivo geral da cidade e arquivo nacional. Tais estudos apontaram para uma complexa cadeia sucessional em que conferem considerável imprecisão na determinação dos usos históricos da bacia do Camorim e bacia do Caçambe. Porém, tanto o último uso: paleoterritórios dos carvoeiros – encerrando em meados do séc. XX na bacia do Caçambe – quanto à subseqüência dos cultivos de subsistência: batata, milho, feijão etc. – bacia do Camorim – são relevantes ao levantamento da história ambiental dessas vertentes.

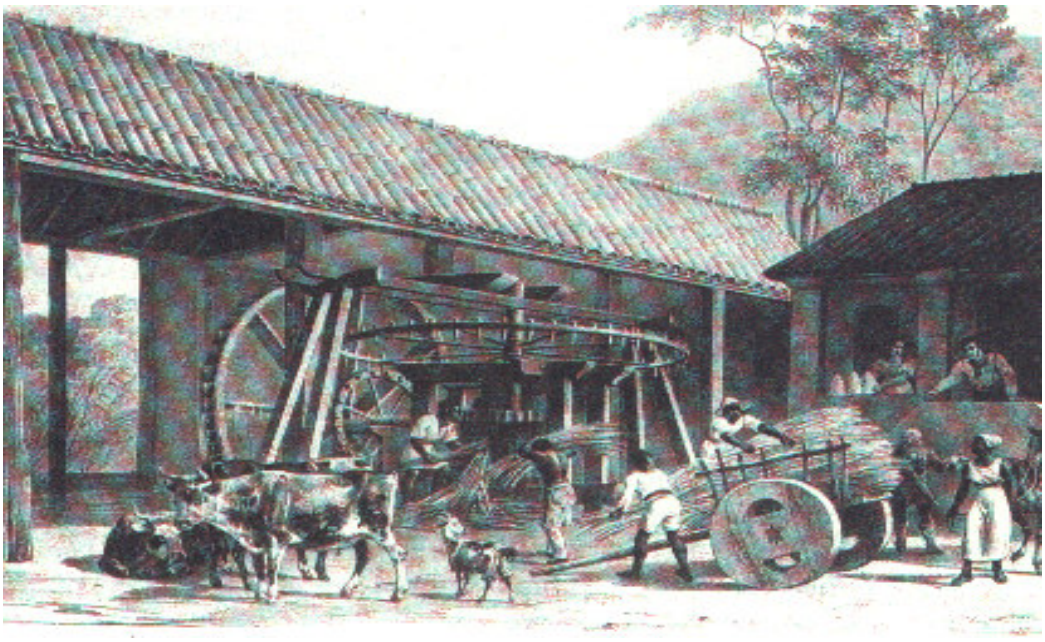
5.2_ Sítios Amostrais: bacias hidrográficas do Camorim e Caçambe

Os sucessivos usos anteriores da floresta - principalmente o consumo de recursos florestais e a agricultura de subsistência no período colonial, século XVI –

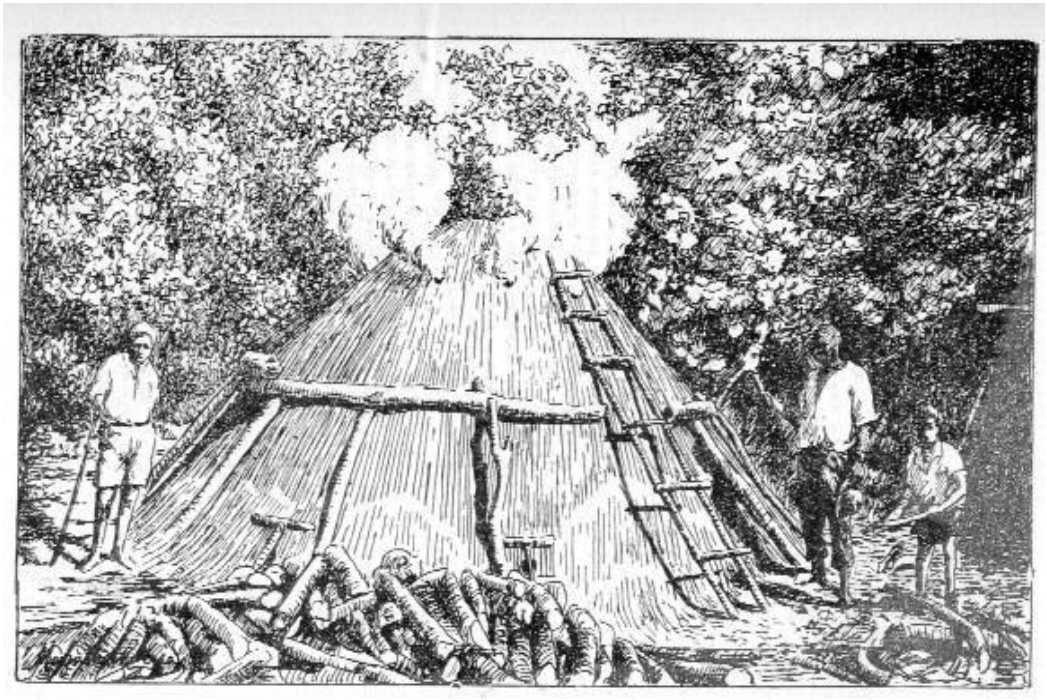
[6] Alusivamente aos estudos de Fridman (1999) - microfilmes 066/2000 e as concessões territoriais de Coutinho Rangel (1714-1888 – coletânea sesmarial) – chegou-se aos últimos proprietários dos fragmentos do Engenho do Camorim (cedente: Benevides Velasco da Câmara & Antônio Maria Correa de Sá e o arrendatário: Gonçalo de Sá).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Engenho do Camorim, (figura 05), bem como o último uso econômico (produção de carvão vegetal, séc. XX - figura 06) – foram responsáveis pela atual configuração da paisagem da Mata Atlântica local enquanto um complexo mosaico vegetacional que se encontra predominantemente em estágio sucessional secundário (figura 07).



Figuras 05_ Engenho colonial (CORRÊA, 1933*)*



Figuras 06_ Engenho colonial e Produção de carvão (CORRÊA, 1933*)*

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

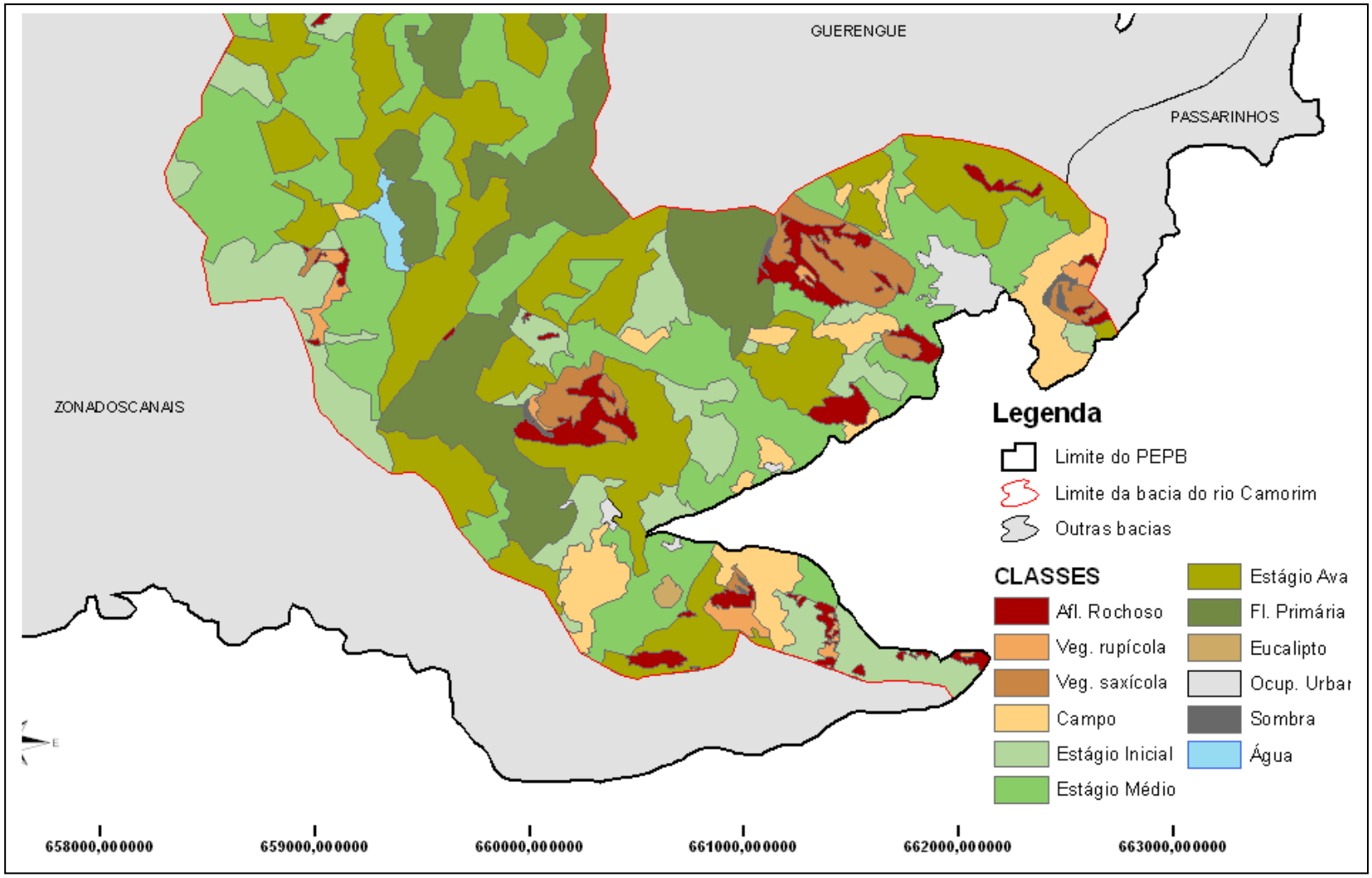


Figura 07: Classes de usos da bacia do Camorim e Caçambe. Fonte: Cintra (2007).

O presente projeto iniciado em novembro de 2007 objetiva estudar trechos de floresta atlântica em duas bacias hidrográficas (Bacia do Camorim, bacia do Caçambe – figura 08) tanto sob a vertente sudoeste litorânea (noruegas), quanto à vertente nordeste interiorana (soalheiras), bem como, na observação das distinções topográficas – fundo de vale e divisor de drenagem (OLIVEIRA, 2005).

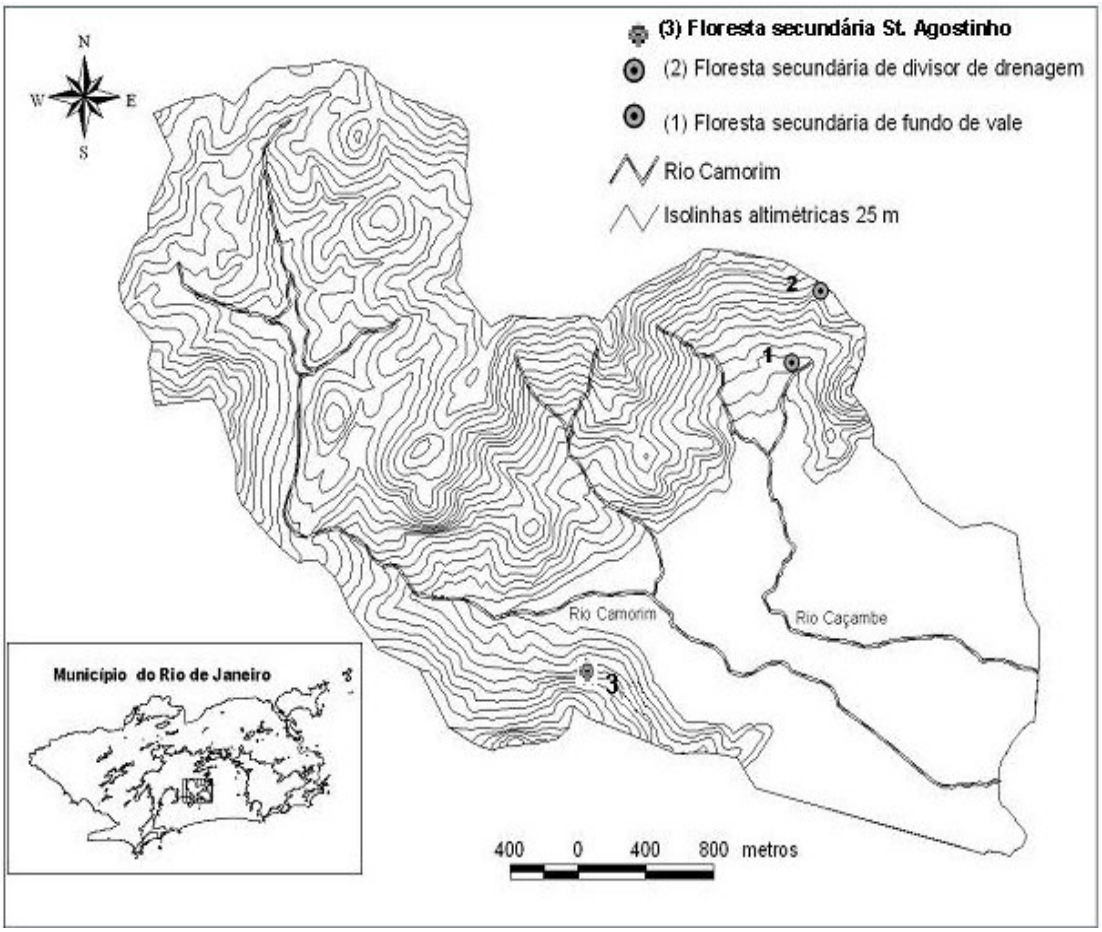


Figura 08: Localização da área de estudo: bacias do Camorim (vertente interiorana) e Caçambe (vertente litorânea), Maciço da Pedra Branca/RJ.

- Bacia do Caçambe

O presente fragmento de formação secundária, bacia de drenagem do Caçambe de orientação SW – altitude média de 300m, área de estudo da PUC/Rio há mais de 15 anos, se constitui a partir dos usos anteriores da floresta (principalmente o consumo de recursos florestais no período colonial e a agricultura de subsistência, até meados do séc. XX) na região do piemonte foram responsáveis pelo declínio e transformação da sua área.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Os diversos estudos desenvolvidos nesse período atentaram para a estrutura, composição e funcionalidade deste remanescente de Mata Atlântica e, sobretudo, para a resultante ambiental dos "paleoterritórios" dos carvoeiros: Solórzano (2005) ao analisar a estrutura de uma floresta urbana pela História Ambiental; Santos *et al.* (2006) a composição florística dos paleoterritórios dos carvoeiros; Santos (2007) - as resultantes antrópicas dos usos pretéritos e contemporâneos; Silva (2005), Sant'Anna (2005) e Nogueira (2008) com análises químicas das precipitações atmosféricas; Santos (2002) e a produção de serrapilheira em dois fragmentos florestais em idades distintas, além dos já mencionados, Abreu (2006) e Penna Firme (2005).

Figura 09: Vista geral da bacia do Caçambe (vertente SW), Maciço da Pedra Branca/RJ

Esta bacia de drenagem, influenciada constantemente pelo meio urbano, possui uma diferenciação espacial compatível com as especificidades do relevo (figura 09 e 10): as formas côncavas que baseiam o fundo de um vale suspenso são responsáveis pelo domínio dos processos deposicionais que convergem os fluxos de água e sedimentos às regiões mais baixas (alúvio), enquanto as formas convexas do divisor de drenagem respondem pela dispersão dos fluxos reservando às partes altas do relevo (elúvio), hegemonia dos processos erosivos (figura 10 e 11). Entretanto, o fundo de vale foi adotado enquanto área representativa de uma encosta SW devido às condições topográficas e estruturais, bem como, disponibilidade de dados: altitude,

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

característica da vertente (declividade, % matacões etc.), dados de fitossociologia e análise química do solo etc.

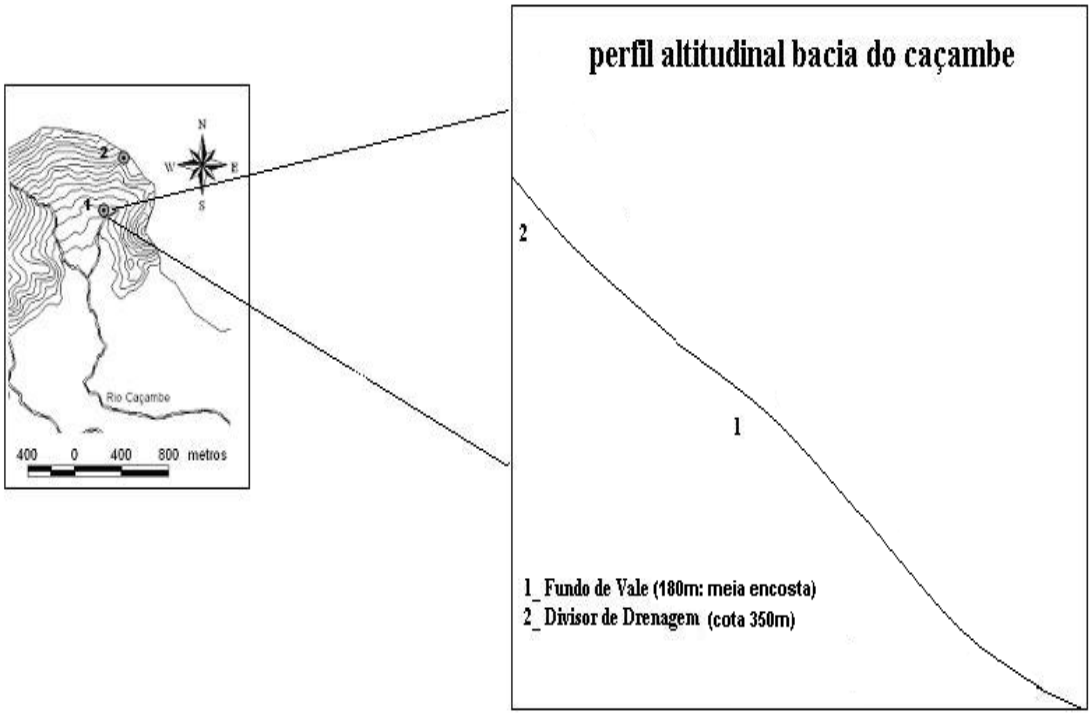


Figura 10: Perfil altitudinal da bacia do Caçambe, Maciço da Pedra Branca/RJ.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Figura 11: Modelo digital do Terreno da Bacia do Caçambe no Maciço da Pedra Branca – lab gis PUC-Rio. Setas indicando os sítios amostrais.

O dossel florestal é muito estratificado e a predominância da espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer – espécie perenifólia, heliófita e seletiva higrófita (figura 12). A estrutura foliar sugere que a arquitetura do dossel possa viabilizar uma alta interceptação das chuvas.

Figura 12: Arquitetura da copa e característica foliar da carrapeteira (*Guarea guidonea).*

Por ser uma zona de convergência de fluxos de água, o solo na área do fundo de vale, de uma forma geral, apresenta maior conteúdo de nutrientes (tabela 1). A área de fundo de vale apresenta solo declivoso com a presença de matacões expostos. Sua acidez é moderada, sendo considerado eutrófico por apresentar saturação de bases (V) maior que 50% e saturação de alumínio menor que 30%. O solo no divisor de drenagem é mais profundo e com menor declividade – 30º. É mais ácido e pode ser considerado distrófico por apresentar saturação de bases (V) menor que 50%. A concentração de fósforo é baixa nas duas posições, o que é comum para florestas tropicais (EMBRAPA/CNPS, 1999; SOLÓRZANO *et al.*, 2005)**.**

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 1 – Características químicas do solo do Divisor de Drenagem e do Fundo de Vale na bacia do Caçambe. (fonte: SOLÓRZANO *et al.*, 2005).

Local	pH	Al	Ca	Mg	H+ Al	S	T	Na	K	P	V	N
	H_2O	----------cmol$_c$ / dm^3 ----------						-----mg / dm^3 -----			----%----	
D. drenagem	4,8	0,17	2,1	0,8	4,7	3,2	7,9	9,5	89,0	1,8	33,3	1,4
F. vale	5,7	0,02	5,1	1,4	3,0	6,9	9,9	11,2	145,2	4,1	69,2	1,7

- Bacia do Camorim

O fragmento secundário de orientação NE, bacia de Camorim – sítio St$^{o.}$ Agostinho, tem sido área de estudo da PUC/Rio há pouco mais de 1 ano. Seus usos de solo anteriores estão vinculados ao consumo de recursos florestais no período colonial e a agricultura de subsistência até década de 80 do século XX, segundo Sr. Paulo[7]. A encosta apresenta predomínio, nas altas encostas da Bacia do Camorim, do latossolo associado a cambissolo (OLIVEIRA, 2005). Tal formação secundária situa-se, portanto, em estágio de sucessão avançada e configura-se como um tálus deposicional desta vertente (150 m de altitude e declividade próximo de 40º) permeada numerosos matacões (figura 13 e 14).

[7] Dados fornecidos pelo mais antigo funcionário do sítio Agostinho e atual administrador (Sr. Paulo).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

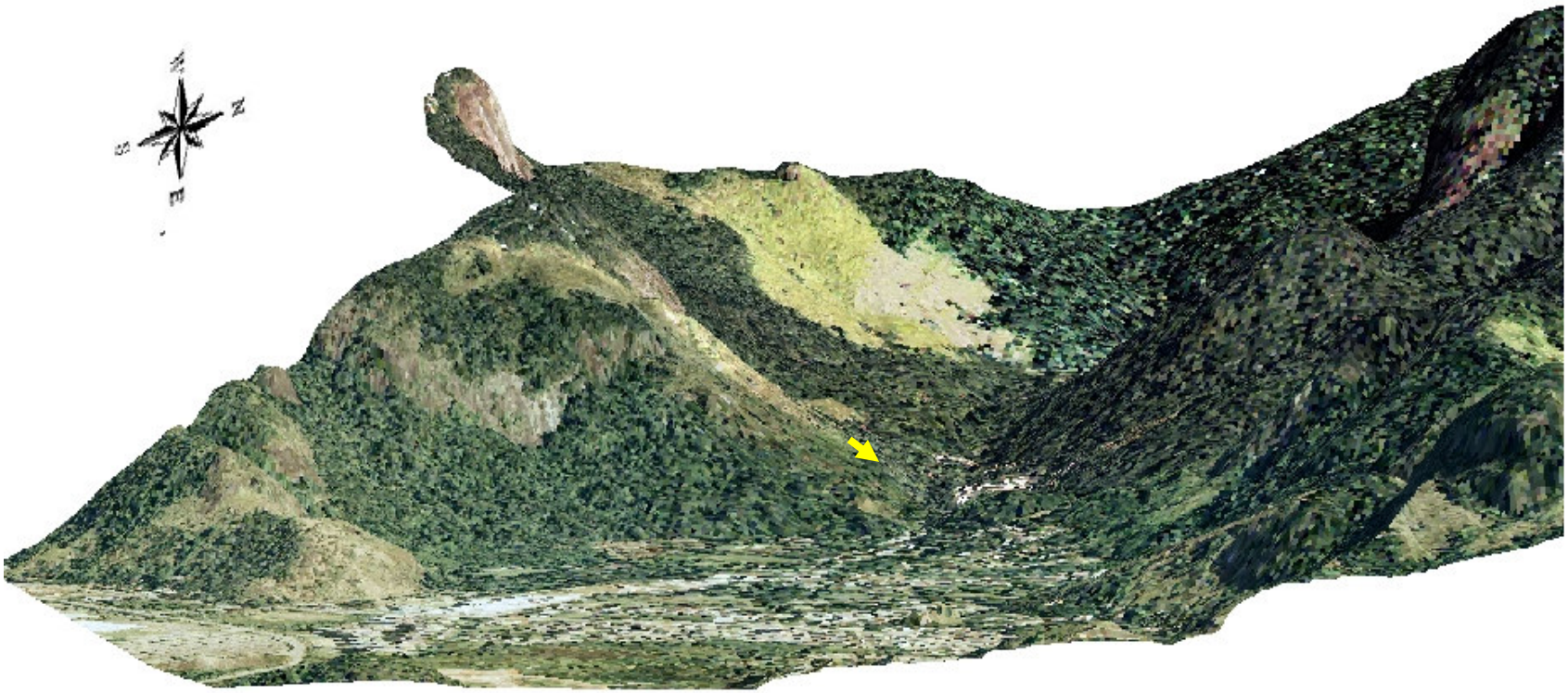


Figura 13: Modelo digital do Terreno da Bacia do Camorim no Maciço da Pedra Branca – lab gis PUC-Rio. Seta indicando o sítio amostral.

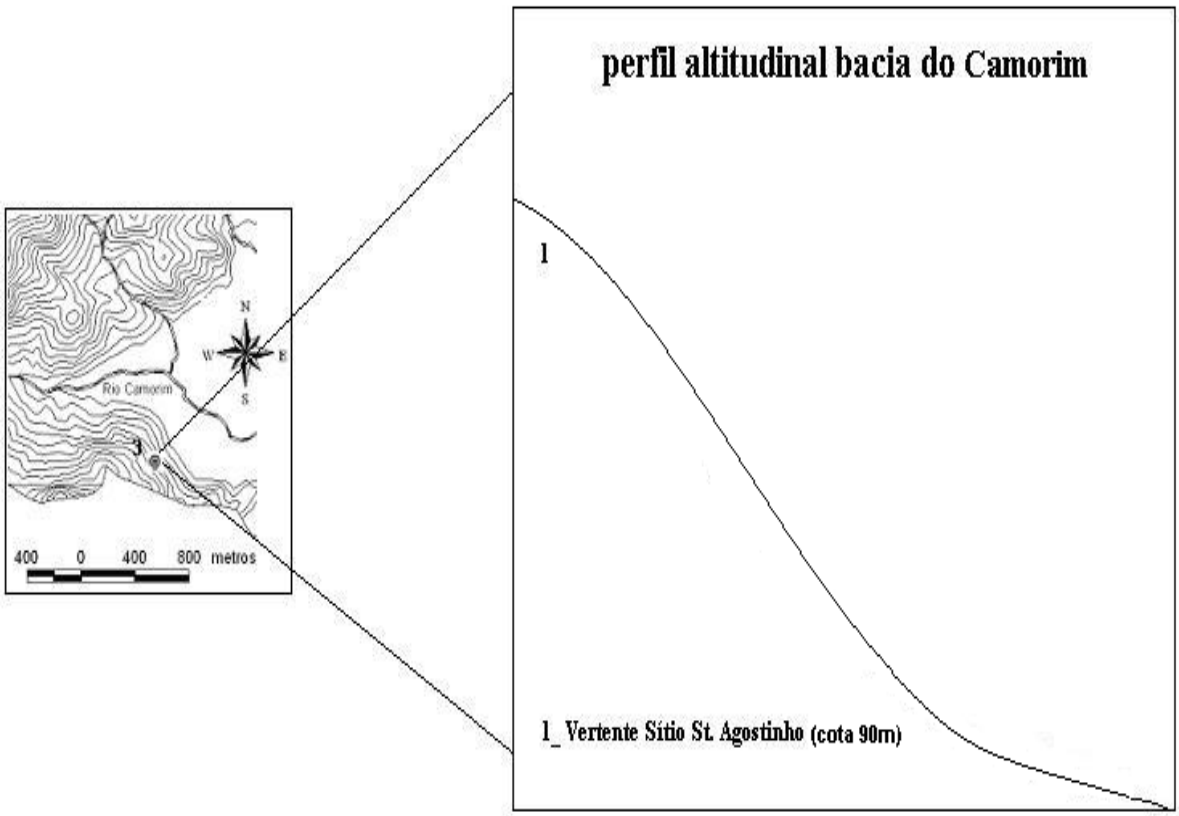


Figura 14: Perfil altitudinal da bacia do Camorim – Sítio St. Agostinho.

Atualmente, além deste projeto, está em curso nesta bacia o estudo fitossociológico do estrato arbóreo-arbustivo (FREIRE, 2008). A mesma autora encontrou uma alta dominância da espécie *Schizolobium parahyba* Vell. Blake nas áreas de instalação dos coletores de serrapilheira (figura 15).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Figura 15: Características da copa do guapuruvú (S*chizolobium parahyba)* jovem (A) e adulto (B).

5.3_ **Inventário Fitossociológico das bacias do Caçambe e Camorim**

O inventário florístico e a fitossociologia possibilitam uma importante leitura acerca da estrutura das florestas secundárias. Trata-se de compreender a biodiversidade em sua composição e estrutura em decorrência dos usos econômicos pretéritos.

Solórzano (2005), através do método de parcelas contíguas, analisou a bacia do Caçambe segundo a correlação entre a História Ambiental e as distinções geomorfológicas determinantes da distribuição e estrutura florísticas. O referido autor encontrou semelhantes áreas basais em posições de fundo de vale e divisor de drenagem. Sugeriu assim, que tais resultante estruturais derivariam de fatores diversos, tais como: estágios sucessionais, históricos de uso, condições do solo, declividade da encosta, entre outros.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 02: Características estruturais da vegetação quanto à geomorfologia (SOLÓRZANO, 2005) e circunvizinhança às antigas carvoarias no Maciço da Pedra Branca – RJ (SANTOS *et al*, 2006).

parâmetros	**Caçambe - Solórzano (2006)**		***Camorim -Freire 2008***
	fundo de vale	**divisor de drenagem**	***St. Agostinho***
área amostrada	2.500 m²	2.500 m²	*1.000 m^2*
número de indivíduos	223	369	*135*
riqueza de espécies	39	84	*38*
densidade	1.115 ind./ ha^{-1}	1.845 ind./ ha^{-1}	*1350 ind./ ha^{-1}*
área basal	27,5 m^2/ha^{-1}	27,2 m^2/ ha^{-1}	*29.6 m^2/ ha^{-1}*
diâmetro médio	14,8 cm	11 cm	*13cm*
diâmetro máximo	45 cm	43 cm	*65cm*
altura média	9,4 m	9,2 m	*9,8*
altura máxima	25 m	30 m	*45m*
troncos múltiplos	7,50%	11,10%	-
ind. mortos em pé	*10,70%*	*8,90%*	*4,44%*

Dentre as espécies encontradas na área estudada, foram observadas espécies nativas características de ambientes tropicais como a *Guarea guidonea* que está associada à ambiente quente e úmido assemelhados aos da Mata Atlântica. Porém, a grande dominância (tabela 03) aponta para um reequilíbrio provavelmente em decorrência do processo do uso do solo pelas populações carvoeiras.

Silva (2009) relacionou a espécie *Guarea guidonea* ao seu alto potencial de retranslocação de nutrientes em ambientes com baixa disponibilidade destes, dessa forma, os parâmetros fitossociológicos sugerem uma sistemática correlação com as variáveis físico-químicas representativas da ciclagem de nutrientes.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 03 – Parâmetros fitossociológicos das dez espécies com maiores valores VI no Caçambe/RJ: N=número de indivíduos; DRs= densidade relativa por espécie (%); FR= freqüência relativa e VI= Valor de Importância em percentual, Solórzano (2005).

Família	**Espécies**	**N**	**DRs**	**FR**	**VI(%)**
1. Meliaceae	*Guarea guidonia* (L.) Sleumer	122	53,5	21,1	51,7
2. Leguminosae	*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.	27	6,6	6,01	20,4
3. Boraginaceae	*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud.	25	6,1	3,89	16,8
4. Melastomataceae	*Miconia tristis* Spring.	19	4,7	2,83	14,8
5. Solanaceae	*Metternichia princeps* Mik.	19	4,7	2,47	11,9
6. Euphorbiaceae	*Senefeldera multiflora* Müll. Arg.	18	4,4	2,12	8,8
7. Sapotaceae	*Chrysophyllum flexuosum* Mart.	17	4,2	4,24	6,3
8. Sterculiaceae	*Colubrina glandulosa* Perkins	17	4,2	2,12	6,1
9. Flacourtiaceae	*Casearia sylvestris* Sw.	15	3,7	3,18	6,1
10. Lauraceae	*Nectandra membranacea* (Sw.) Griseb.	13	5,7	7,0	6,1

Ambos os sítios amostrais apresentaram alta presença de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr – secundária inicial característica de áreas sombreadas semidecíduas – marcante por suas características foliares: folhas alternas, compostas bipinadas com folíolos numerosos que aparenta para uma baixa retenção de fluxos pluviais. No sítio Sto. Agostinho as espécies *Schizolobium parahyba, Piptadenia paniculata* e *Piptadenia gonoachanta* (tabela 04) compuseram as três espécies de maior dominância.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 04 – Parâmetros fitossociológicos das espécies mais encontradas no St.Agostinho/RJ: N= número de indivíduos; DRs= densidade relativa por espécie (%); FR= freqüência relativa e VI= Valor de Importância em percentual, Freire (2008).

	Espécie	N	DRs	FR	VI(%)
01.	*Schizolobium parahyba* Vell. Blake .	05	3.70	4.44	20,17
02.	*Piptadenia paniculata*	18	13.33	6.67	12,53
03.	*Piptadenia gonoacantha* (Mart.)	18	13.33	10.00	9,08
04	*Gallesia integrifolia* (Spreng.)	11	8.15	6.67	6,03
05.	*Tabernaemontana fuchsiaefolia*	11	4,7	2,47	4,79
06.	*Casearia sylvestris* Sw	04	2.96	4.44	3,01
07.	*Erythroxylum pulchrum*	04	2,86	3,26	2,29
08.	*Anadenanthera colubrina* (Vell.)	05	3.70	3.33	2,28
09	*Cordia trichotoma*	05	3.57	2,17	2,14
10.	*Brosimum guianense*	03	2,14	3,26	1,80

6_ Procedimentos Metodológicos

6.1_ Aporte de serrapilheira

A serrapilheira foi utilizada como indicadora da funcionalidade ecológica através do monitoramento da produção (amostras quinzenais entre novembro de 2007 a novembro de 2008) e da renovação e estocagem do material decíduo: amostras trimestrais a partir do método de coletores florestais (0,25 m² de área interna em moldura quadrangular com 0,5 m de lado e tela de nylon polietileno, malha 2mm) instalados a 0,8m do solo (figura 16 e 17) de forma a evitar a contaminação da serrapilheira pelos salpicos provenientes da chuva. Tais coletores não foram realocados durante o período de monitoramento.

O conteúdo de cada coletor (12 coletores na bacia do Camorim e 12 na bacia do Caçambe espalhados por cada área de forma não sistemática) foi transferido para sacos de papel com identificação e origem do sítio amostral. As folhas e galhos que eventualmente ficavam com parte de sua superfície fora dos coletores tinham estas partes excedentes destacadas e descartadas (DOMINGOS *et al.*, 1997). Os galhos com diâmetro superior a 2 cm eram descartados por se considerar que parte da biomassa de galhos com este diâmetro provavelmente foi produzida ao longo de mais

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

de um ano não se prestando, portanto, para medida da produção de serrapilheira anual (CLARK *et al.* 2001). Essas coletas foram levadas ao laboratório e submetidas à secagem preliminar em temperatura ambiente. Em seguida, fez-se a triagem dos materiais nas seguintes frações: folhas, galhos com diâmetros menores que 2 cm, elementos reprodutivos e resíduos (fragmentos diversos, cascas, carapaças de insetos, etc.), postos em estufas elétricas a uma temperatura máxima de 80 °C (até atingirem pesos constantes) e pesados em balança centesimal.

Os folíolos de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer que é dominante na área do fundo de vale (SOLÓRZANO *et al.* 2005) assim como *Schizolobium parahyba* Vell. Blake, dominate na vertente da bacia do Camorim (FREIRE, 2008), foram identificados, triados e pesados separadamente. Em seguida as frações eram colocadas em estufa a 80ºC, até apresentarem peso constante, utilizando balança eletrônica com precisão centesimal.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Figuras 16 e 17_ Coletores de serrapilheira instalados nas bacias estudadas.

Os valores encontrados em cada coletor foram transformados em médias aritméticas quanto à produção total por estação e o peso seco médio obtido para cada sítio de acordo com a seguinte fórmula: E= PS.10.000/0,25; onde: E= Estoque de serrapilheira em $kg.ha^{-1}$; PS= peso seco da amostra; 0,25= área do quadrado.

A correlação com os dados pluviométricos foi possível a partir do levantamento junto à estação pluviométrica automática do Riocentro que dista aproximadamente 2 km da bacia do rio Caçambe e 1 km da bacia do Camorim. A GEORIO disponibiliza no

site http://www.rio.rj.gov.br/georio.htm os valores de precipitação registrados a cada 15 minutos em 31 estações pluviométricas da Cidade do Rio de Janeiro, dentre elas a do Riocentro. Os valores obtidos por esta estação a cada quinze minutos foram somados para totalização das precipitações diárias e precipitações mensal.

6.2_ Decomposição de serrapilheira

O monitoramento da produção de serrapilheira conciliada à sua acumulação sobre o solo permite calcular indiretamente a taxa de decomposição, ou transferência de energia, do compartimento de serrapilheira estocado sobre o solo. As coletas foram executadas com o auxílio de gabaritos com 0,25 m^2, sendo toda a camada holorgânica retirada da superfície. Essas coletas foram levadas ao laboratório e submetidas à secagem preliminar em temperatura ambiente. Em seguida, faz-se a triagem dos materiais nas seguintes frações: material foliar (folhas, elementos reprodutivos e resíduos: fragmentos diversos, cascas, carapaças de insetos etc.), e material lenhoso (galhos menores ou maiores que 2 cm), postos em estufas elétricas a uma temperatura máxima de 80 °C (até atingirem pesos constantes) e pesados em balança centesimal.

Segundo os estudos utilizados como referenciais, nos ecossistemas florestais estáveis, ou seja, quando a produção anual e o estoque de serrapilheira estão equilibrados, calcula-se coeficiente de decomposição (k) através de uma fórmula simplificada proposta por Olson (1963): $k = L / X$, onde L é a produção anual de serrapilheira e X a quantidade média de serrapilheira acumulada sobre o solo. A taxa de decomposição (k') é obtida invertendo a fórmula: $k' = 1 / k$. São esperados valores de $k > 1$ para florestas tropicais e valores de $k < 1$ para florestas temperadas (JENNY *et al.*, 1949 *apud* ABREU, 2007; ANDERSON & SWIFT, 1983).

6.3_Capacidade de retenção hídrica

As amostras de serrapilheira estocada passaram por tratamentos para verificar a capacidade de retenção hídrica (CRH). Conforme estudos de Miranda (1992), ao testar o comportamento de perda de água e retenção mínima em condições de campo. As amostras de serrapilheira estocada – coletada trimestralmente – são triadas nas frações foliares e lenhosas, transpostas para estufas elétricas a uma temperatura máxima de 80 °C (até atingirem pesos constantes) e pesadas em balança centesimal

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

para a obtenção do PS (peso seco). Após imersão em água durante um período de 90 minutos e drenagem do excedente por 30 minutos – sendo o resultado PU (peso úmido) pesado em balança de precisão centesimal, posteriormente, aplicou-se a fórmula:

$$CRH(\%) = \frac{PU - PS}{PS} \mathbf{X}\ 100$$

Considera-se CRH a capacidade de retenção hídrica em porcentagem, PU peso úmido, PS peso seco e 100 é o fator de conversão para porcentagem. Este parâmetro é fundamental ao entendimento do comportamento hidrológico que a camada de serrapilheira desempenha em relação à retenção hídrica potencial.

6.4_ Características físico-químicas do solo

6.4.1_ Granulometria das partículas do solo

A textura primária - cascalho,areia, silte e argila – foi obtida no laboratório de Ecologia da PUC/Rio. As frações silte e argila são determinadas por suspensão armazenada em proveta de 1000 ml através de pipetagem, seguindo dois tempos de sedimentação, conforme a lei de Strokes (FOLK, 1997; CASTRO-JUNIOR, 1991).

Os solos recebem designações e classificações conforme as dimensões das partículas e textura de seus componentes: bloco de rocha (fragmentos de rocha transportados ou não, com diâmetro superior a 1,0 m); matacão (fragmento de rocha transportado ou não, comumente arredondado por intemperismo ou abrasão, com diâmetro compreendido entre 200 mm e 1,0 m); pedregulho (formados por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro entre 2,0 e 60,0 mm); areia (não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm); silte (apresenta baixo ou nenhuma plasticidade, baixa resistência quando seco ao ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte. É formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm); argila (solo de graduação fina constituída por partículas com dimensões menores que 0,002 mm), conforme figura 18.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

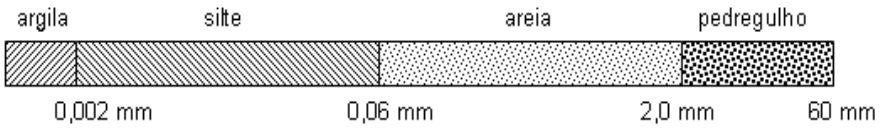


Figura 18_ Escala granulométrica ABNT 6502/95. Adaptado de www.geotecnia.ufjf.br.

Foram utilizadas 15 amostras deformadas de solo, coletadas de forma aleatoriamente ao longo da área de instalação dos coletores de serrapilheira. Os procedimentos adotados para tal análise foram provenientes do manual de métodos de análises de solo (EMBRAPA-CNPS, 1997) conforme as etapas: Desagregação de solos; dispersão de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA); separação da fração areia da TFSA e separação da fração argila:

6.4.2_ Composição química do solo via macronutrientes

A natureza crítica dos nutrientes nos ecossistemas tropicais - solos antigos pré-cambrianos, altamente lixiviados ou sobre depósitos arenosos pobres em nutrientes – é um fator que demonstra a ciclagem de nutriente como essencial mecanismo de manutenção destes.

Dessa forma, a composição química do solo via macronutrientes foi investigada a partir da utilização de 15 amostras deformadas de solo, coletadas de forma aleatoriamente ao longo da área de instalação dos coletores de serrapilheira. Os procedimentos adotados para tal análise foram provenientes do manual de métodos de análises de solo (EMBRAPA-CNPS, 1997). Tais amostras foram devidamente classificadas e encaminhadas para as análises de nutrientes junto ao Laboratório de Fertilidades da UFRRJ.

6.5_ Análise estatística dos dados de serrapilheira

Após obtenção e análise dos resultados da serrapilheira (total e frações: folhas, galhos, materiais reprodutivos e resíduos), foram calculadas as médias diárias de serrapilheira para o período. Desta forma, se houvessem transcorridos dias excedentes à coleta quinzenal – exemplo: 19 dias até a coleta em questão – o peso da serrapilheira (total e frações) era dividido por este número obtendo-se a média diária expressa em g/0,25 m^2/dia. Ao final de cada ano de monitoramento as médias diárias foram somadas para a obtenção dos valores mensais de deposição de serrapilheira em kg/ha/mês.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Para verificar a normalidade dos dados aplicou-se o teste de Lilliefors, comparando-se as médias de produção de serrapilheira aos respectivos valores de precipitação da estação meteorológica do Riocentro. Porém, a baixa significância entre as variáveis – 5%, XLstat versão 2008 – levou a uma verificação da regressão não paramétrica "modeling test". Entretanto, a comparação entre os sítios amostrais – fundo de vale da bacia do Caçambe e sítio St Agostinho na bacia do Camorim – ficaram impossibilitados em virtude da não sincronicidade entre as datas de coletas da serrapilheira ao longo do período – novembro/2007 a outubro/2008. Dessa forma, tanto os testes similaridades (teste t Tukey e Student) quanto à correspondência entre as áreas (Mann-Whitney) não puderam ser realizados.

7_ Resultados e discussões

7.1_ Serrapilheira

7.1.1_ Aporte de serrapilheira

A produção de serrapilheira – decorrente do metabolismo e fenologia das espécies em função das condições físico-climáticas, foi acompanhada no período de novembro de 2007 a outubro de 2008, tendo sido analisadas em áreas com distintas orientações de encosta, declividade, composição florística, histórico de uso antrópico: fundo de vale da bacia do Caçambe e meia encosta da bacia do Camorim. A floresta localizada na encosta Noruega (voltada para NE - bacia do Camorim) apresentou resultados maiores 10.733,80 $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$ em relação a voltada para orientação SW no mesmo período (Bacia do Caçambe) com 9.463,88 $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$, sendo a fração folhas preponderante em relação às demais (figura 19 e tabela 05).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 05 – Descritores vegetacionais e físicos entre os sítios amostrais: bacia do rio Camorim e bacia do Caçambe. (Fonte: SOUSA, 2009; ABREU, 2006; FREIRE, 2008).

	bacia Camorim NE	**bacia Caçambe SW**
serrapilheira total (kg.ha^{-1})	10.733,80	9.463,88
taxa de decomposição (K)	2,78	0,84
fração folha (%)	76,47	63,73
declividade média	40º	30º
presença de matacões	elevada (21%)	média
altimetria	90 m	180 m
característica do solo	muito raso	raso
riqueza de espécies	38	39
área basal (m²/ha)	29,6	27,5
fração arenosa do solo (%)	68	73
argila no solo (%)	6,8	12,3

A alta produção de serrapilheira na bacia do Camorim – embora não sejam passíveis de validação estatística – invalidou a hipótese inicial de que a vertente *noruega* tende a uma maior produção se comparada a uma vertente *soalheira* (OLIVEIRA, 1987). Entretanto, as estratégias fenológicas da espécie guapuruvú (*Schizolobium parahyba* Vell. Blake – a espécie mais encontrada na bacia do Camorim e dominante localmente no sítio amostral – bem como pelas características de suas folhas – pecíolos e foliolíolos numerosos – que embora demonstre área foliar menor anatomicamente, contribui com 76,47 % de todo aporte de serrapilheira.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

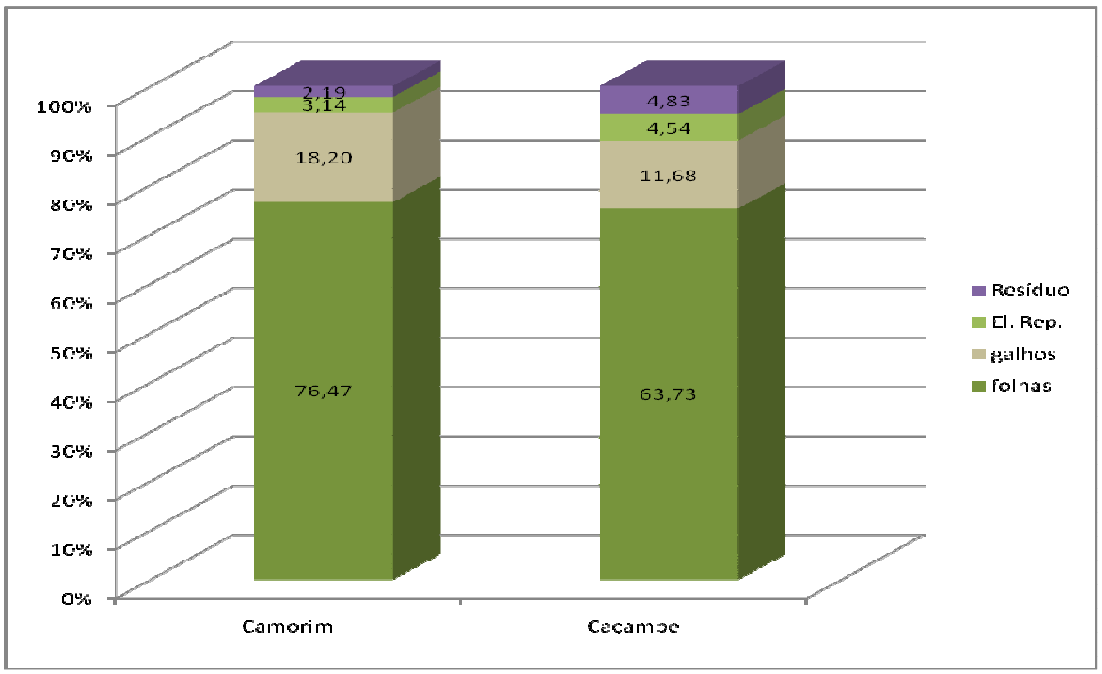


Figura 19_ Produção de serrapilheira nas bacias Camorim e Caçambe, Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro.

Ao analisar a fração folhas isoladamente, foi detectada diferença na produção entre as duas orientações de encosta – embora não sejam passíveis de validação estatística, ou seja, a vertente soalheira NE apresentou maior produção entre os sítios amostrais, além de apresentar maiores percentuais da fração foliar devido às características das espécies dominantes, sobretudo, o guapuruvú por apresentar pecíolo da folha grande e pesado.

A respeito da sazonalidade na produção de serrapilheira, a figura 20 mostra as variações da produção de serrapilheira ao longo do ano (média bienal do aporte) associadas aos respectivos dados pluviométricos. Dessa forma, a vertente soalheira (St. Agostinho) age negativamente às condições climáticas (precipitação), ao passo que a vertente Noruega (Caçambe) age positivamente aos meses de maior precipitação (meses do verão).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

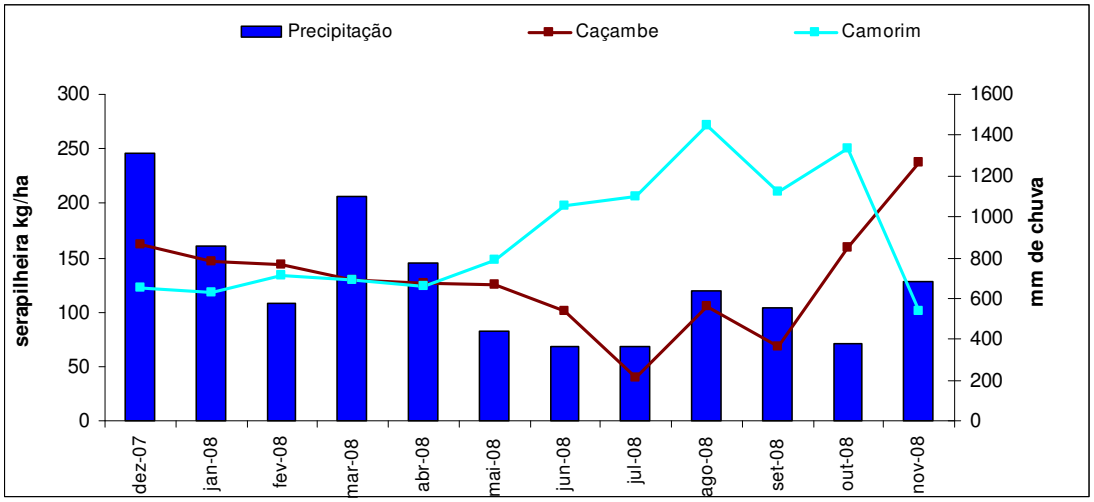


Figura 20_ Bacia Camorim e bacia do Caçambe: produção de serrapilheira relacionados à precipitação do período, Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro.

Como forma de verificar se os níveis de deposição da serrapilheira ao longo do ano refletem a deposição de suas frações, foi plotada a produtividade mensal acumulada e os valores de precipitação dos meses correspondentes (figura 20). A precipitação anual acumulada foi de 1.457,20 mm, com picos nos meses mais quentes – dezembro a março – o mês mais chuvoso foi dezembro com 246 mm. A sazonalidade da precipitação influenciou diferenciadamente o aporte de serrapilheira em ambos os sítios amostrais. O aporte de serrapilheira na bacia do Camorim correlacionou-se em 71% com a precipitação do período, embora o ano de 2008 tenha sido atípico em função dos altos percentuais de dias secos (49%).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

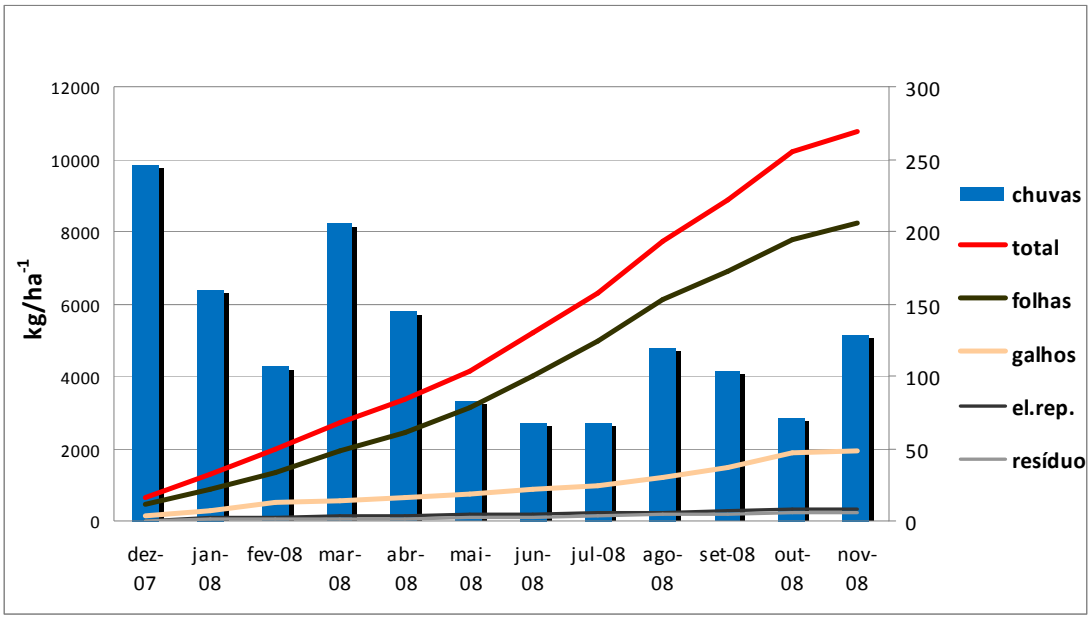


Figura 22_ Aporte acumulado da serrapilheira e frações da bacia do Camorim, Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro.

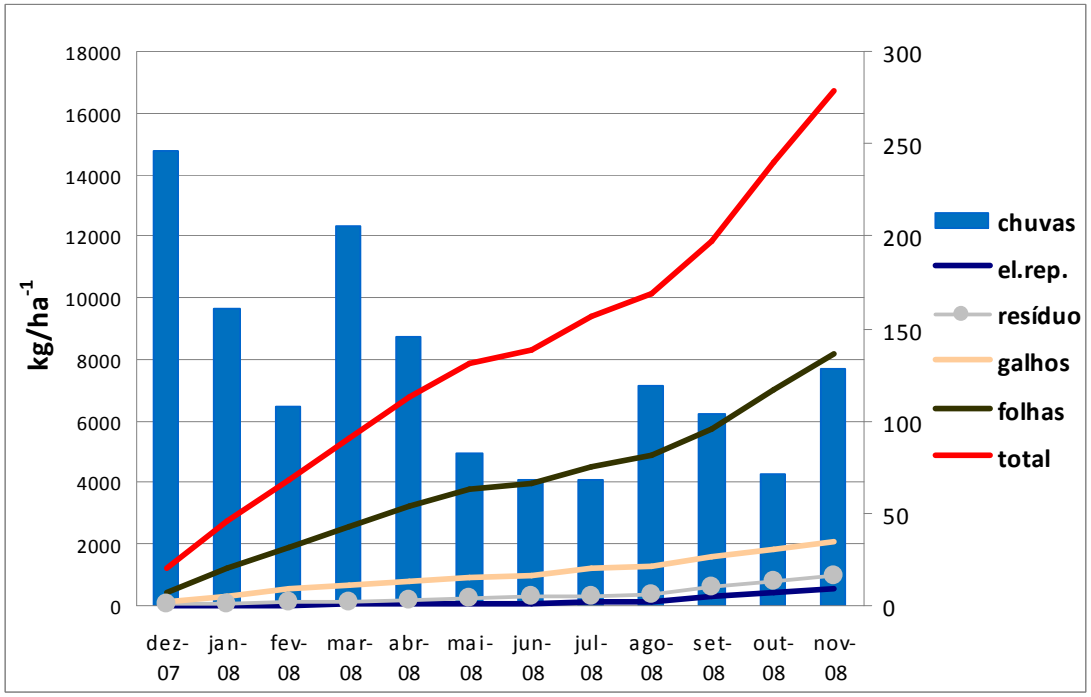


Figura 22_ aporte acumulado da serrapilheira e frações da bacia do Caçambe.

O aporte acumulado de serrapilheira em ambas (figura 21 e 22) demonstra que enquanto no sítio amostral do Camorim o aporte acompanhou os meses de baixa precipitação, sobretudo, a partir de julho/08 onde a curva de crescimento foi mais

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

acentuada ao passo que no sítio do Caçambe os períodos chuvosos foram aqueles de maior deposição de serrapilheira, sobretudo, nos meses de dezembro a abril/08, onde praticamente a metade do aporte de serrapilheira anual já havia caído.

Ao observar trabalhos científicos assemelhados, ressalvando-se as peculiaridades dos contextos geográficos e metodológicos de cada trabalho científico, nota-se que todos os estudos situados na bacia do Camorim e Caçambe apresentam altos valores de produção total de serrapilheira, conforme tabela 06:

Tabela 06 - Produção de serrapilheira (Mg/ha/ano) em algumas florestas da região Sudeste do Brasil.

Local	**Tipo de floresta**	**Procedimentos Metodológicos**	**Produção ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)**	**autor**
Sul e Sudeste do Brasil				
Ouro preto Oeste, RO	Sistema agroflorestal	3 coletores (1m2) p/ rengue (parc.) – nilon 1mm;80 cm do solo; col. mensais; 65-70º	13,4	Correa *et al.* 2006
Rio de Janeiro,RJ	**Floresta ombrófila densa Div. de drenagem**	**12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; a 80cm do solo; coletas quinzenais; 70º (média trienal – 2002/2005)**	**11,5**	Abreu, 2005.
Rio de Janeiro,RJ	**Floresta ombrófila densa St. Agostinho**	**12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; solo a 80cm; coletas quinzenais; 70º Produção anual – 2007/2008**	**10,8**	***Este estudo***
Botucatu, SP	Floresta estacional semidecidual	4 coletores 1m2 tela (1mm) postados a 30 cm do solo: aleatórios em parcelas de 100 m2; coletas mensais;estufa (60º);	10.6	***Vital et al., 2004.***
São Franc. Paula, RS	Floresta Ombrófila Mista	15 coletores 0,8 m2 – malha 1mm; separados entre si a 20m; suspensos a 20 cm do solo; coletas mensais; estufa 60º	10,3	Backes, 2005
Viscosa, MG	sistema agroflorestal	-------	10,2	Martins *et al.*, 1999
Viscosa, MG	Estacional semidecídua	20 coletores 0,25 m2 (nilon 1mm) distribuídos aleatoriamente; distantes do solo 10cm; coletas mensais; estufa 70º	10,2	Arato *et al.* 2003.
Angra dos Reis, RJ	Atlântica de encosta (climác.)	------	10,0	Oliveira, 1999
Rio de Janeiro,RJ	**Floresta ombrófila densa Fundo de Vale**	**12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; a 80cm do solo; coletas quinzenais; 70º (média trienal – 2002/2005)**	**9,9**	*Abreu, 2005.*

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Local	Tipo de floresta	Procedimentos Metodológicos	Produção (t.ha^{-1}.ano^{-1})	autor
Sul e Sudeste do Brasil				
Rio de Janeiro, RJ	Floresta ombrófila densa Área incendiada	12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; distantes do solo a 80cm; coletas quinzenais; secagem a 70º	9,6	Penna firme, 2003.
Santa Maria, RS	Estacional decidual	30 coletores circulares (50 cm diâmetro) a 50 cm do solo; aleatórios em parcelas 18 x 20m; coletas mensais; estufa (75º)	9,2	Schumacher, 2002
Rio de Janeiro,RJ	**Floresta ombrófila densa Div. de drenagem**	**12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; 80cm do solo; coletas quinzenais; 70º Produção anual – 2007/2008**	**9,5**	*Sousa, 2009.*
Cotia – Ibuina, SP	Fragmentos de Mata Atlântica	Coletores (0,25 m2) a 20 cm do solo; distribuídos aleatoriamente em parcelas: Coletas trimestrais; secagem a 80º	8,9 (I.Frag.G) 8,7 (B. Frag.G) 7,2 (I – FP) 7,2 (B. frag. P)	Portela & Santos, 2007
Limeira, SP	------	21 coletores de 0,25 m2 nailon 1mm; distribuição: 7 por situação topográfica; 15cm do solo; coletas mensais; estufa 60º	7,4	Moreira & Silva, 2004
Rio de Janeiro,RJ	**Floresta ombrófila densa Fundo de Vale**	**12 coletores de 0,25m2 – nilon 1mm; 80cm do solo; coletas quinzenais; 70º Produção anual – 2007/2008**	**8,2**	*Sousa, 2009.*
Limeira, SP	------	21 coletores de 0,25 m2 nailon 1mm; distribuição: 7 por situação topográfica; 15cm do solo; coletas mensais; estufa 60º	7,4	Moreira & Silva 2004
Pinhal Grande, RS	Reflorestamento Araucária (17 anos)	**4 coletores 1m2 – nilon 1mm; distantes do solo a 70cm; coletas mensais; estufa 75º**	7,0	Schumacher, 2004.
Ouro Preto, MG	Floresta semidecídua	**10 coletores 0,36 m2; coletas a cada 2,5 meses; secagem a 80º**	6,7 6,5	Pedralli *et al.* 2001.
Visçosa, MG	Estacional semidecidua	**10 coletores 1m2 em cada trecho (floresta inicial e f. madura); nilon 1mm; distantes do solo a 20 cm; coletas mensais; pesagem a 70º**	8,8 6,3	Pinto *et al.* 2008
Campinas, SP	Estacional semidecidua	**30 coletores 0,25 m2 – náilon 1mm; distados a 10 cm do solo; coletas mensais; estufa 70º**	6,0	Martins &. Rodrigues, 1999

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Local	Tipo de floresta	Procedimentos Metodológicos	Produção ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)	autor
Sul e Sudeste do Brasil				
São Carlos, SO	Cerrado (estrito senso)	**13 coletores 0,25m2 (nilon 1mm); distantes do solo a 30cm; coletas mensais; pesagem a 80º**	5,8	Valenti, Cianciaruso & Batalha, 2008
Luiz Antônio Local	cerradão	**24 coletores 0,25m2; 20 cm de altura do solo; dispostos numa transecção de 1800m – dispostos a 72m entre si; coletas mensais; estufa 80º**	5,6	Cianciaruso, 2006
Oeste São Paulo	5 fragmentos de mata ciliar do cerradão & estacional semidecidua	**50 coletores de 0,25 m2 distribuídos aleatoriamente (10m de distância); coletas mensais; seco em estufa (70º)**	8,8 5,3 9,7 11,1 6,3	Durigan & Pagano, 1996
Paranaguá, PR	Restinga	**40 coletores (0,25 m2) – nilon 4mm; 20 cm do solo; coletas mensais; secagem a 70º**	5,1	Pagano *et al.* 2006

A delimitação geográfica do sul e sudeste brasileiro para a comparação entre os trabalhos assemelhados, embora promova um agrupamento de áreas de grande diferença entre a composição dos ecossistemas, é justificada pela necessidade de se buscar áreas de estudos envolvendo a Mata Atlântica e subsistemas costeiros com características físico-climáticas aproximáveis. Entretanto a diversidade metodológica dificulta a comparação entre os estudos pela ausência de padronização metodológica, seja por conta dos procedimentos de coletas seja pela diversidade de características dos ecossistemas, bem como, as variáveis, parâmetros e resultantes ambientais sugeridas em tais análises.

Tais diferenças de métodos refletem os múltiplos fatores determinantes do aporte e sazonalidade da serrapilheira: picos de produção na primavera e verão associados às condições climáticas favoráveis – velocidade dos ventos, umidade e temperatura (CUNHA *et al.,* 1993; SCHUMACHER *et al.*, 2004; VITAL *et al.,* 2004; CORREA *et al.*, 2006; ABREU, 2006; PINTO *et al.,* 2008); correlação negativa com a temperatura e precipitação em função da reação de cada ecossistema ao estresse

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

hídrico a exemplo de Konig *et al.*(2002) em floresta estacional semidecídua, Santa Maria/RS e outros (WERNECK *et al.*, 2001; ARATO *et al.,* 2003; CIANCIARUSO *et al.,* 2006; MOREIRA *et al.,* 2004; PORTELA *et al.*, 2007; VALENTI *et al.,* 2008); reação fenológica das espécies dominantes às condições ambientais – distúrbios, efeito de bordas, reflorestamento etc. (BACKES, 2005; VIDAL *et al.*, 2007; ARATO *et al.,* 2003; FERNANDES *et al.*, 2007) e resposta às características físico-químicas do solo arenoso e pobre em nutrientes – espodossolo cárbicoórtico de Paranaguá/PR investigado por Pires *et al.*(2006).

O aporte de serrapilheira e suas frações bacia do Caçambe foram estudados por Abreu (2006) e Sousa (2009) em época anterior– tabela 07 – onde se demonstrou semelhança dos percentuais da fração foliar (62% e 64% com altos índices de participação da espécie carrapeteira) nos meses de picos de produção, bem como a diferenciação entre a participação da fração galhos (30% e 12%) para os respectivos períodos. Na bacia do Camorim a fração lenhosa apresentou baixos percentuais (18%) se comparada à fração foliar (77% com grande participação dos pecíolos da espécie guapuruvú) nos períodos de picos do aporte de serrapilheira. Cabe ressaltar que os aportes da fração lenhosa tendem ao aumento com o efeito mecânico das chuvas (MONTEZUMA, 2005). Na bacia do Camorim a alta correlação do aporte de serrapilheira com a precipitação (r = 0,71 teste de Lilliefors) sugere um possível efeito mecânico das chuvas no aumento da fração foliar ao contribuir com a queda dos foliolíolos e pecíolos do guapuruvú.

Tabela 07 – Resultados dos estudos de serrapilheira nas bacias do Caçambe (fundo de vale) e Camorim.

Serrapilheira	**Caçambe** Abreu (2006) média trienal FV	**Caçambe** Sousa (2009) anual FV (2008)	**Camorim** Este estudo anual (2008)
Total aporte (kg/ha/ano)	9,5	9,5	10,8
Picos produção (meses)	Out/nov	Nov-jan	Ago-out
Média folhas (%)	62	64	77
Média galhos (%)	30	12	18

A alta produtividade de serrapilheira observada na vertente NE (soalheira) da bacia do Camorim aponta para a possível ligação com a estratégia fenológica da espécie dominante (*Schizolobium parahyba*) em relação aos períodos de estiagem.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Condição esta que, por sua vez, se encontra influenciada pelas características físico-químicas do local. Embora não tenha sido feita a triagem seletiva da espécie guapuruvú ao longo de todo período de monitoramento (novembro/07 a outubro/08) os altos percentuais da fração foliar, bem como, o maior aporte de serrapilheira nos meses do verão são compatíveis ao período de florescência do guapuruvú (out-nov) onde as flores características do período juntam-se ao total de folhas, galhos etc. caídos totalizando a produção de serrapilheira e deixando os caules desnudos e inertes aos fluxos de precipitação – conforme pode ser observado na figura 14.

A alta declividade da vertente NE (40º - bacia do Camorim) conciliada a um solo arenoso com grande presença de blocos rochosos e matacões (média total de 21% da área das parcelas – FREIRE, 2008) e de baixa disponibilidade em nutrientes e baixos valores de macronutrientes (exceto N de origem provável das leguminosas fixadoras), culminam por definir uma meia encosta altamente dispersora de fluxos e nutrientes. Além disso, o uso do solo e suas características de supressão de vegetação e plantio contribuem para o agravamento em função da alteração das características físico-químicas do solo ao longo do tempo.

A produtividade apresentada na vertente SW (Noruega) vincula-se positivamente às condições climáticas (temperatura e precipitação), além das variáveis ambientais correlatas: baixa declividade, presença de matacões, proximidade do efeito de borda (pasto abandonado); florescência da *Guarea guidonea* e, sobretudo, reflexo da História Ambiental do uso antrópico dos carvoeiros. Corroborado por Oliveira *et al.* (1987) ao relacionar os inúmeros fatores vinculados à orientação de encosta no Maciço da Tijuca/RJ – umidade, incidência de ventos marítimos, maior exposição à luminosidade, grande suscetibilidade à incêndios etc. – à diferenciação das vertentes "soalheiras" de orientação NE voltadas para o continente e de grande exposição à luminosidade (de até três vezes mais) se comparada a encosta de orientação "Noruega" SW que, por sua vez, apresenta níveis de umidade, temperatura e precipitações diferenciadas chegando a apresentar umidade 1,6 superior.

Tais características físico-estruturais podem ter influenciado, conseqüentemente, os usos antrópicos pretéritos e contemporâneos, uma vez que cada

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

cultivo exige determinados níveis de luminosidade e umidade (FERNANDES, 1959 *apud* OLIVEIRA *et al.,* 1987). Dessa forma, tais variáveis foram fundamentais na diferenciação das encostas SW e NE influenciando possivelmente, por conseguinte, na estrutura fitossociológica do ecossistema e no processo de ciclagem de nutrientes via serrapilheira.

A partir dessas análises, aponta-se a resultante ambiental do uso pretérito e segundo as especificidades do processo de apropriação e utilização do espaço (corte seletivo, confecção das cavas de carvão, pousio, etc.) tenderam a influenciar a configuração e dinâmica da paisagem. Remonta–se, assim, a idéia de que tais representações territoriais deram origem à heterogeneidade das condições sucessionais: tanto estruturais quanto funcionais (ciclagem de nutrientes via serrapilheira).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

7.1.2_ Contribuição das espécies carrapeteira *Guarea guidonea (L.) Sleumer* e guapuruvú *Schizolobium parahyba Vell. Blake*

A carrapeteira, espécie arbórea *Guarea guidonea,* é bastante comum na bacia do Rio Caçambe. Ela pertence à família Meliaceae sendo perenifólia, heliófita, seletiva higrófita, característica de matas de galeria e comum em formações secundárias onde o ambiente lhe seja favorável como fundos de vale e beiras de rios (WANDERLEY *et al.*, 2003 *apud* ABREU, 2006). Nesta bacia Solórzano *et al.* (2005) observaram que *G. guidonea* apresentou Valor de Importância de 119,7 e 98,6 de Valor de Cobertura. Dessa forma, esta espécie ocupa destacada importância na estrutura da floresta de fundo de vale. A investigação da contribuição desta espécie na produção total da serrapilheira foi desenvolvida por Abreu (2006) através da triagem seletiva: a participação em peso percentual da carrapeteira foi de 42% da fração folhas e representou 25,9% da produção total da serrapilheira.

Fonte & Schowalter (2004) apontam para a retenção dos nutrientes N e P na espécie *G. guidonea* de até 2 vezes mais nas folhas verdes do que nas folhas senescentes em ecossistemas tropicais em Porto Rico. Silva (2009) enfatiza a eficiência na retranslocação de macronutrientes das folhas da carrapeteira, em que a concentração de N, P e K – considerada de média concentração pela autora – não se associa a um quadro de limitação nutricional; dessa forma, as folhas novas mostram-

se eficientes no reaproveitamento dos elementos N, P, Ca, Mg e K, contudo as folhas senescentes apresentam relevantes concentrações de nutrientes em relação às folhas verdes. Este padrão de ciclagem de nutrientes promove um enriquecimento da serrapilheira e, conseqüentemente de todo ecossistema, uma vez que estes ambientes (matas de galeria e formações secundárias) apresentam, geralmente, pobreza química em nutrientes do substrato e da serrapilheira.

Ao passo que o guapuruvú é presente na bacia do Camorim (20,17% em valor de importância no sítio amostral da bacia do Camorim). Tal espécie pertence à família Fabaceae, sub-família Caesalpinioideae, decídua e heliófita. Nativa do Brasil e de países do continente americano, possui altura média entre 20 a 30 m que a qualifica como uma das espécies nativas da Mata Atlântica de maior crescimento, sendo de dispersão irregular e descontínua e florescência nos meses de outubro, novembro e dezembro, característica das planícies aluviais ao longo dos rios (CARVALHO, 2003 e FREIRE, 2005). O seu rápido crescimento contribui para o fato de ser uma das espécies mais utilizadas na recuperação de áreas degradadas.

Os parâmetros fitossociológicos levantados por FREIRE (2008) na mesma área do presente trabalho – bacia do Camorim – apontaram para a dominância do guapuruvú. Esta espécie detém destacada importância na estrutura da floresta do Camorim, dessa forma, por meio da triagem averiguou-se que a participação em peso percentual do guapuruvú foi de 19,82% da fração folhas e representou 14,57% da produção total da serrapilheira.

O guapuruvú – leguminosa fixadora de nitrogênio – foi apontado por Lima (2000) por relevante concentração de N em suas mudas (folhas e raízes) e sua absorção encontra-se influenciada pelo grau de luminosidade característico de cada ambiente. Adami & Hebling (2005) abordam as estratégias adaptativas das raízes do guapuruvú ao buscar o fósforo (P) – um dos elementos químicos mais utilizados no crescimento das espécies, porém altamente imóvel no solo.

Dessa forma, tanto as características fenológicas (caducifolia ou deciduidade), ao contribuir com o aporte e decomposição da serrapilheira, como a composição química das espécies e estrutura físico-química do substrato contribuem para a caracterização ambiental das florestas tropicais. Entretanto, grande parte dessas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

características advém da seleção direta ou indireta das ações antrópicas ocorrentes nessas áreas, as quais derivam dos traços culturais das territorialidades pretéritas e contemporâneas. Mariana Beauclair e colaboradores (inédito), em escavações nas áreas de balão de carvão, identificaram diversidade superior àquela encontrada hoje na mesma área, não sendo registrada a dominância de *Guarea guidonia*. Muito provavelmente a atual dominância de *G. guidonia* na vegetação do fundo de vale na bacia do rio Caçambe e na serrapilheira pode ter sido resultado da seleção por manejo dessa área pelos carvoeiros (OLIVEIRA et al., 2009).

7.1.3_ Decomposição de serrapilheira

A serrapilheira acumulada sobre o solo, também conhecida como manta, é resultado da interação constante entre a deposição de serrapilheira e sua decomposição ao longo do tempo. O estoque de serrapilheira sobre o solo na bacia do rio Camorim foi avaliado em intervalos trimestrais ao longo do ano de monitoramento (Tabela 08).

Tabela 08– Estoque de serrapilheira na bacia do rio Camorim e bacia do Caçambe, Maciço da Pedra Branca, RJ (SOUSA, 2009).

Datas de coleta	Estoque Camorim ($kg.ha^{-1}$)	Datas de coleta	Estoque Caçambe ($kg.ha^{-1}$)
21.03.08	4.591,52	-	-
26.06.08	3.178,48	26.11.07	15.630,30
22.09.08	4.907,68	25.05.08	11.434,67
18.12.08	2.759,09	14.01.09	6.754,10
média	**3.857,94**	**média**	**11.273,02**
D. padrão	**1.052,02**	**D. padrão**	**4.440,31**
C.V.	**27,27%**	**C.V.**	**39,39%**
K	**2,78**	**K**	**0,84**
K'	**0,36**	**K'**	**1,19**

As médias de serrapilheira estocada obtidas por Abreu (2006) na bacia do Caçambe – média trienal fundo de vale: 2002 a 2005 – demonstraram valores mais próximos dos obtidos na bacia do Camorim (4.294,12 $kg.ha^{-1}$). Porém, as baixas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

médias encontradas na bacia do Camorim (3.857,94 kg.ha^{-1}) define esta no patamar mais baixo dentre os estudos de domínio de Mata Atlântica: tabuleiro (4,0 Mg.h^{-1}; KINDEL *et al.*, 1999) e em florestas semidecíduas de São Paulo: 5,5 Mg.ha^{-1} (MORELATO, 1992); 6,6 Mg.ha^{-1} (PAGANO, 1989) e 6,6 Mg.ha^{-1} (MEGURO *et al.*, 1979).

O coeficiente de decomposição da bacia do Camorim foi consideravelmente superior ao correspondente na bacia do Caçambe e figura no topo dos valores apresentados por estudos assemelhados no sul e sudeste do Brasil (tabela 09).

Tabela 09 – Coeficientes de decomposição em florestas tropicais.

Floresta/local	k	Fonte
África		
Baixo montana úmida (Ghana)	4,5	Nye (1961).*
Baixo montana úmida (Ghana)	2	John (1973).*
Baixo montana úmida (Nigéria)	2,2	Madge (1965).*
Baixo montana úmida (Nigéria)	2,4	Hopkins (1966).a
Baixo montana úmida (C. Marfim)	3,8	Bernhard (1970).*
Baixo montana úmida (C. Marfim)	2,8	Bernhard (1970).*
Ásia		
Tropical úmida de montanha (N. Guiné)	1,0-1,4	Edwards, 1977 .*
Dipterocarpacea (Sarawak, Mulu)	1,8	Anderson *et al.*, 1983.*
Aluvional (Sarawak, Mulu)	1,7	Anderson *et al.*, 1983.*
Dipterocarpacea (Malaya, Penang)	1,1	Gong & Ong, 1983.
América do Central e do Sul		
Tropical úmida de montanha (Colômbia)	0,6	Jenny *et al.*, 1949. *
Baixo montana úmida (Colômbia)	1,7	Jenny *et al.*, 1949. *
Úmida (Panamá)	2,3	Golley *et al.*, 1978. *
Baixo montana úmida (Panamá)	2,1	Golley *et al.*, 1978. *
Sul e Sudeste brasileiro		
Mata Atlântica de encosta 30 anos (Camorim, RJ)	2,8	**Este estudo**
Mata Atlântica de encosta 25 anos	2,7	Oliveira, 1999.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

(Ilha grande, RJ)		
Mata Atlântica de encosta climáxica (Ilha grande, RJ)	2,7	Oliveira, 1999.
Mata Atlântica de encosta 60 anos (Camorin, RJ)	2,4	Abreu, 2006.
Mata Atlântica (Ilha do Cardoso, SP)	1,9	Moraes *et al.* (1999)
Mata Atlântica estacional semidecidual (Botucatu,SP)	1,7	Vital *et al.,* 2004.
Mesófila secundária (São Paulo, Brasil)	1,7/1,2	Meguro *et al.*, 1979.
Floresta Estacional (Jundiaí, SP)	1,6	Morellato, 1992.
Mata Atlântica de encosta 50 m (Campos, RJ)	1,5	Mazurec, 1998.
Mata Atlântica de tabuleiro (ES, Brasil)	1,5	Kindel *et al.*, 1999
Mata Atlântica de encosta 250 m (Campos, RJ)	1,2	Mazurec, 1998.
Estacional semidecidua (Visçosa, MG)	1,2	Arato *et al.* 2003.
Estacional decídua (Santa Maria, RS)	1,2	Cunha *et al.* 1993
Mesófila semidecídua (SP, Brasil)	1,1	Pagano, 1985.
Floresta Ombrófila mista (São F. de Paula, RS)	0,9	Beckes, 2005.
Mesófila semidecídua (SP, Brasil)	0,7	Varjabedian e Pagano, 1988
Mata Atlântica de encosta 2ª tardia (Rio de janeiro/RJ)	0,6	Montezuma, 2005
Cerradão (Jataí, SP)	0,6	Cianciruso, 2006.

* Adaptado de Anderson & Swift (1983 *apud* Abreu, 2006).

Tais resultados refletem a estrutura da vegetação, bem como, os parâmetros fitossociológicos de ambas as bacias hidrográficas (Camorim e Caçambe) ao determinar a forma diferenciada de interceptação da chuva e transposição dos fluxos – atravessamento (*trhoughfall*), de tronco (*steamflow*) – ao longo da estratificação e atributos do dossel: altura, tipo de tronco, diâmetro dos troncos, área de copa, sobreposição de copas etc.(MIRANDA, 1992).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

De acordo com Miranda (1992) as chuvas de baixa intensidade (classe 1: menos que 2,5 mm) ficam quase integralmente retidas pelas copas, pouco contribuindo para a precipitação terminal e estocagem no solo. Em decorrência da arquitetura foliar e do dossel das espécies dominantes no sítio Sto. Agostinho, vertente NE, é provável que haja uma baixa interceptação, sobretudo quando comparada ao sítio amostral do fundo de vale na bacia do Caçambe (tabela 04).

Entretanto, a baixa interceptação da encosta NE em decorrência das características estruturais das espécies que dominam o dossel – conforme atributos descritos na tabela 04 – apontam para uma arquitetura foliar que propicia a rápida transposição dos fluxos. Assim, a provável baixa interceptação do guapuruvú na bacia do Camorim – se comparado à carrapeta na bacia do Caçambe – promove uma transposição dos fluxos hídricos mais rápida e, sugere assim, alta capacidade de "lavagem" do substrato relacionado à baixa retenção de umidade e nutrientes junto à serrapilheira.

Dessa forma, a intensidade das chuvas – em associação com os ventos, temperatura e umidade – relaciona-se às características da estrutura florestal – parâmetros fitossociológicos e arquitetura foliar do dossel florestal – na configuração estrutural e funcional das tipologias vegetacionais presentes nas bacias estudadas.

Fonte & Schoealter (2004) apontam para a correlação entre uma maior concentração de N nas folhas senescentes com uma maior taxa de decomposição, sendo corroborado por Montezuma (2005) ao correlacionar a taxa de decomposição à concentração de carbono e nitrogênio (relação C/N) na fração foliar da serrapilheira. Portanto, o conjunto de fatores envolvendo o sítio amostral da bacia do Camorim – declividade, granulometria do solo, interceptação pluvial pelo dossel divergente do guapuruvú e, sobretudo, a baixa capacidade de retenção hídrica (tabela abaixo) atendem possivelmente para a baixa espessura, estrutura e composição da serrapilheira estocada que favorecerá o escoamento superficial e, conseqüentemente, maior carreamento dos nutrientes do ecossistema (COELHO-NETTO, 1987).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

7.1.4_ Capacidade de Retenção Hídrica da serrapilheira

Em relação aos resultados referentes à capacidade de retenção da serrapilheira, os resultados obtidos – conforme tabela 10 – demonstraram uma maior retenção hídrica da bacia do Caçambe (232% para a fração foliar e 83% para a fração lenhosa) se comparado à bacia do Camorim (195% para a fração foliar e 71% para a fração lenhosa).

Tabela 10– Capacidade de Retenção Hídrica (CRH) – em percentagem – dos sítios amostrais no Maciço da Pedra Branca, RJ.

Fração da serrapilheira	bacia Camorim NE (%)	bacia Caçambe SW (%)
Folhas	195	232
Galhos	71	83
Total	133	158

A função hidrológica da serrapilheira de cada sítio amostral fica evidenciada nos percentuais de retenção em que as condições do material depositado e do local de deposição (camadas de serrapilheira, níveis de decomposição, microclima, resistência dos materiais lenhosos ou foliares, teores de lignina nas folhas predominantes etc.). Estudos correlatos encontraram significantes percentuais que evidenciam a função da serrapilheira ao inibir o escoamento superficial: Miranda (1992) com a capacidade de retenção hídrica em 232% numa floresta ombrófila densa; Vallejo (1982) com a CRH em diferentes horizontes da serrapilheira – 248% no O1 e 297% no O2, assim como Coelho Netto (1985) com CRH de 162% no O1 e 201% no O2.

O sítio amostral da bacia do Camorim possui sua capacidade de retenção hídrica da serrapilheira influenciada pelas condições topográficas e, sobretudo, às características de sua serrapilheira: leguminosas com folíolos pequenos, de reduzida superfície de absorção (a exemplo da baixa retenção do guapuruvú); fração lenhosa quase que equivalente à fração foliar no que se refere à serrapilheira estocada; pecíolos grandes de baixa degradabilidade etc. Ao passo que no sítio amostral da bacia do Caçambe a configuração da serrapilheira propicia uma maior retenção: domínio da fração foliar sobre a fração lenhosa na serrapilheira estocada; folhas grandes e numerosas da carrapeta; material foliar de alta degradabilidade.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

7.2_ Características físico-químicas do solo

7.2.1_ Granulometria

As características granulométricas, influenciadas pelo tipo de uso do solo pretérito e contemporâneo foram contrastadas com os dados de Louza (2006). Porém, convém ressaltar que outros fatores podem estar influenciando estas diferenças, tais como o substrato pedológico e outros fatores abióticos, como topografia e declividade.

Tabela 11 – Frações granulométricas do solo na bacia Camorim (St. Agostinho) e bacia Caçambe nas profundidades 0-10 cm; 10-20 cm e 20-30cm, Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro.

Profundidade	Cascalho	TFSA	Areia Total	Silte	Argila
cm	-----g kg $^{-1}$ de solo----			-----g kg $^{-1}$ de TFSA----	
			Bacia Camorim – St. Agostinho		
0-10	77	923	764	119	40
10-20	65	935	657	207	71
20-30	77	923	625	208	91
			Bacia Caçambe – floresta – Louza (2006)		
0-10	176	824	770	101	129
10-20	209	791	736	95	169
20-30	103	867	699	113	188

*5 amostras coletadas em cada profundidade. TFSA: Terra fina seca ao ar.

Porém, de maneira geral, percebe-se que há determinadas proporcionalidades entre as frações que acompanham os perfis de solo (cascalho < TFSA; areia total > Silte/argila). Tais diferenciações granulométricas refletem o papel dos fluxos hidrológicos ao infiltrar pelos perfis do solo e transportar as partículas e nutrientes. Coelho-Netto (1987), ao investigar o comportamento hidrológico na serrapilheira nos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

horizontes superficiais O_1 e O_2 através da interação dos fluxos e a camada de raízes subjacentes, relaciona os solos com teores de areia superiores a 50% como altamente permeáveis, justificando os percentuais de areia total encontrados nas profundidades de 0-10 cm, 10-20cm e 20-30, respectivamente 76%, 66% e 63%, que delegam alta permeabilidade ao substrato.

Dessa forma, os baixos percentuais de silte e argila – encontradas na bacia do Camorim – são determinados e determinam a permeabilidade do solo, além da baixa retenção de matéria orgânica. A alta presença de blocos (matacões - superfícies impermeáveis – que permitem uma entrada adicional de água durante as chuvas acarreta em percolação lateral das partículas finas, bem como, as características hidráulicas do topo do solo – alta porosidade e permeabilidade (CASTRO JUNIOR, 1991). Associados a tais mecanismos, a estruturação da serrapilheira desempenha essencial função ao dificultar a propagação dos fluxos laterais e condicionar um transporte vertical das argilas.

Contudo, a interdependência entre a vegetação e o substrato é realçada pelo transferência de energia, fluxos e nutrientes em que os fatores como aeração, estrutura granulométrica, composição química, capacidade de retenção de água, entre outros determinam e são determinadas pelas características germinativas e fenológicas das espécies.

7.2.2_ Análise química do solo

Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são indicadores da composição química dos solos, bem como, das resultantes dos ciclos biogeoquímicos em que os nutrientes menos disponíveis apresentam ora a baixa migração dos materiais fonte (rocha, precipitação etc.) ora a alta eficiência de uso pela vegetação. A serrapilheira é a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio; o potássio é devolvido ao solo principalmente através da precipitação interna (COLE & RAPP, 1980). Os estudos acerca da migração de macronutrientes entre o solo e a serrapilheira – Cunha *et al.* (1993); Pauletto (2006); Vital *et al.* (2004); Murbach (2003); Balieiro *et al* (2003) e Costa *et al.* 2005 – apontam para a serrapilheira como fonte e reserva ao rápido aproveitamento (N, K, Ca, Mg) vinculada à sua

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

decomposição. Silva (2009) aponta para a investigação dos macronutrientes na retranslocação de nutrientes de folhas senescentes às folhas as novas.

Os macronutrientes estão diretamente ligados à relação C/N, quanto maior for esta relação, mais carbono em relação ao nitrogênio, mais difícil será a decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, maior a imobilização de nitrogênio pelas células microbianas, o que poderia afetar negativamente a nutrição vegetal.

Contudo, os macronutrientes relacionam-se à estrutura e composição arbórea das florestas tropicais ao serem considerados importantes recursos à regeneração da floresta após perturbações, em função de muitas espécies desta família terem suas raízes associadas a bactérias fixadoras de nitrogênio, capitaneando este elemento escasso no solo diretamente da atmosfera (ABREU, 2006). Desta forma, a composição e estrutura do ecossistema, simultaneamente, influenciar e ser influenciada pela composição e disponibilidade de nutrientes no solo, bem como, o desenvolvimento ou recuperação deste pode ser medido pela velocidade da decomposição da serrapilheira, já que é através dela que os nutrientes são disponibilizados para o crescimento da comunidade arbórea.

As características químicas encontradas na bacia do Caçambe (SOLÓRZANO *et al.*, 2005) apontam para uma distribuição irregular de macronutrientes com predomínio de K e Na (de procedência provável da incidência de correntes marítimas em decorrência da proximidade da costa) e deficiência de Mg (comum nas vertentes litorâneas da Mata Atlântica em função da proximidade do mar, porém provavelmente retido pelas copas) e N – tabela 12 – em decorrência de ser uma zona de convergência de fluxos de água e apresentar em sua composição baixo número de leguminosas fixadoras . A área do sítio Caçambe apresenta solo raso e declivoso com a presença de matacões expostos. Sua acidez é moderada, sendo considerado eutrófico por apresentar saturação de bases (V) maior que 50% e saturação de alumínio menor que 30%. Ao passo que a bacia do Camorim apresenta maior concentração de nitrogênio e uma baixa de fósforo – seguido em ambos os sítios – o que é comum para florestas tropicais (EMBRAPA/CNPS, 1999; COELHO NETTO, 2003).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Tabela 12 – Características químicas do solo das duas áreas monitoradas no presente estudo. (fonte: SOLÓRZANO *et al.*, 2005)

Local	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	S	T	Na	K	P	V	N
	H_2O	----------cmol$_c$ / dm^3 ----------						-----mg / dm^3 -----			----%----	
Camorim												
0-10cm	4,9	0,3	3,5	12,0	5,7	5,5	11,2	0	7,4	8,2	49,0	2,3
10-20cm	4,8	0,8	3,3	2,1	6,7	5,4	12,1	0	7,0	5,0	44,9	2,1
20-30cm	4,7	1,2	3,4	1,4	6,7	4,8	11,5	0	5,6	4,4	41,3	2,4
Caçambe*	5,7	0,02	5,1	1,4	3,0	6,9	9,9	11,2	145,2	4,1	69,2	1,7

*Adaptado de Solórzano *et al.* (2005): refere-se ao fundo de vale deste sítio.

A alta permeabilidade do solo da bacia do Camorim contribui para os altos valores de areia de baixo poder agregante e para os baixos percentuais de silte e argila que por sua vez dificulta a retenção dos nutrientes, geralmente, carreados para os perfis inferiores, bem como, para a provável dissolução do sódio (Na), praticamente inexistente nas amostras de solo. Os altos níveis de Mg nos primeiros perfis do solo apontam para a influência das correntes marítimas. Os matacões, favorecedores da entrada adicional de água, propiciam o carreamento de partículas finas e nutrientes. Contudo a presença de leguminosas – três espécies dominantes – aponta possivelmente para a correlação entre a estrutura fitossociológica e as características químicas do sítio (concentração de N), bem como, entre as variáveis ambientais e a História Ambiental do local.

8_ Considerações finais

As conjuntivas premissas da história ambiental e ecologia da paisagem estruturam o pensar e fazer geográficos – embora apontado por muitos como o ponto central de nossa fragilidade epistemológica – corresponde ao nosso grande atributo qualitativo: constante e complexa metamorfose correlata à dinâmica e ao objeto geográfico (o espaço, a paisagem, o ambiente, a natureza). Estas diretrizes conduzem a um hibridismo que se materializa na transdisciplinaridade e intersubjetividade do geógrafo que promove uma adequação tanto da diversidade conceitual quanto metodológica ao recorte escalar de seu objeto analítico.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

Esta análise dos fenômenos sociais, em conjunto com os fenômenos naturais, coloca a Geografia em posição privilegiada, na qualidade de disciplina interdisciplinar, capaz de promover o encontro entre as ciências da natureza e as ciências humanas, onde a paisagem ascende de seu aspecto visual, elementos temporais estáticos, e ultrapassa ao seu conteúdo de relações espaço-tempo dinâmicas e complexas. A hibridez entre a Geografia e História Ambiental exalta o resgate da conservação e a recuperação do patrimônio ecológico e cultural estabelecendo em sua práxis políticas ambientais holísticas: estratégias de manejo e padrões de uso sustentável dos recursos naturais que assegurem a diversidade humana e ecológica.

Tal percepção inscreve-se na dinamicidade e multiescalaridade dos seus agentes transformadores: fenômenos naturais e sociais tradutores do significado da paisagem que ao modelarem a paisagem natural "pré-antrópica" – forma, processos e funções que adicionam conteúdo à paisagem – coadunam de forma holística para a análise ambiental.

Os limites analíticos vão além da impossibilidade de generalizar e simplificar a paisagem. As imprecisões científicas – comuns aos diversos campos epistemológicos – inscrevem-se na abordagem co-evolutiva ao apontar os desafios da padronização e modelagem da paisagem. A Mata Atlântica mesmo que assumida pelo recorte espacial das bacias do Camorim e Caçambe (sítios amostrais do Maciço da Pedra Branca) não é passível de homogeneização e as pretensas análises de sua transformação devem sempre, em seu esforço analítico, pontuar os limites e contextos de tais assertivas.

A transformação da paisagem do sítio do Camorim, analisada através das bacias dos rios Caçambe e Camorim – compreendidas neste trabalho como uma das diversas tipologias de florestas urbanas secundárias – pode ser exemplificada através das características estruturais e funcionais de ambas vertentes e seus respectivos contextos históricos. A diferenciação climática e topográfica entre as vertentes SW (noruegas) e NE (soalheiras) são possíveis influenciadoras da estrutura e composição dos fragmentos florestais como da funcionalidade expressa através do aporte e decomposição de serrapilheira estando, portanto, associada às condições ambientais

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

pretéritas e contemporâneas e à interatividade destes fatores, inerentes à complexidade ambiental da Mata Atlântica.

A estrutura e arquitetura da vegetação, bem como, os parâmetros fitossociológicos de ambas as bacias hidrográficas (Camorim e Caçambe) apontam para a possível influência na diferenciada forma de interceptação da chuva e a produção dos fluxos – atravessamento e de tronco (MIRANDA, 1992). Dessa forma, a interceptação promovida pela espécie *Guarea guidonia* (bacia do Caçambe) aparenta ser mais lenta e eficaz se comparado à *Schizolobium parahyba* (bacia do Camorim), onde a rápida transposição dos fluxos hídricos acarretam em alta capacidade de "lavagem" do substrato.

Ao contrário do que preconiza a literatura, a inversão de produtividade e decomposição de serrapilheira com elevados valores e taxas de decomposição encontrados no sítio amostral soalheiro NE em detrimento da vertente SW noruega não pode ser explicada apenas através das condicionantes físicas determinadas pela posição geográfica, mas também pela ação humana sobre cada local. Os usos do solo diferenciados, associado às especificidades físicas e fitossociológicas locais, se inter-relacionam e sobrepõem acarretando em relações não lineares que determinam a estruturação e funcionamento dos sistemas ambientais subseqüentes.

Realça-se, portanto, a necessidade de validação das teorias da transformação da paisagem e florestas tropicais urbanas, tanto aquelas originárias das florestas temperadas (a exemplo dos estudos da ecologia da paisagem originariamente européia e norte americana) quanto os estudos envolvendo as formações tropicais, já que a diversidade metodológica e escassez de dados para comparação, bem como a própria complexidade inerente às áreas específicas de estudo e a investigação da História Ambiental – a exemplo da escassez dos dados oficiais e discutível veracidade das informações disponíveis sobre a Mata Atlântica, onde os frágeis testemunhos orais e marcas e símbolos territoriais dos ocupantes destas regiões são preteridos pela "história do vencedor".

Constitui, portanto, tanto a bacia do Caçambe como reflexo das marcas dos *paleoterritórios* dos carvoeiros e subseqüentes usos antrópicos, bem como dos diversos processos ecológicos (pedogenéticos, hidrológicos, climático etc.) como a

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA

bacia do Camorim na sua diacrônica História Ambiental: estrutura fitossociológica, interceptação florestal, composição físico-química do solo, declividade da vertente, níveis climáticos de temperatura, intensidade dos ventos e precipitação, intensidade do aporte e decomposição de serrapilheira, variáveis sistêmicas da ciclagem de nutrientes etc.. Em suma, a multiescalaridade dos vetores e variáveis que integram e regulam a dinâmica ambiental nos assegura a premência da interdisplinaridade.

O conjunto da literatura estudada, bem como os resultados aqui obtidos, sugerem o fato de que, de modo geral, diferentes usos e variáveis geram resultantes convergentes, seja na distribuição de nutrientes ao longo dos perfis de solo, seja na fitossociologia das espécies ou sazonalidade do aporte de serrapilheira. Porém, tais diferenças de intensidade das variáveis ambientais e contextos histórico-sociais não ocorrem igualmente nos diferentes estudos e, embora possuam similaridades, interferem no desenvolvimento de um modelo explicativo entre natureza e sociedade.

Estudos complementares – análise das propriedades físico-química da precipitação, investigação química do aporte de serrapilheira regular e estocada, monitoramento via tensiometria dos fluxos hidrológicos nos perfis de solo e na interseção serrapilheira-solo, entre outros – devem ser realizados no Maciço da Pedra Branca no intuito de ampliar o olhar para as conseqüências das atividades humanas sobre a dinâmica florestal e também subsidiar ações de preservação, totalizando na essencial contribuição à compreensão da estrutura e dinâmica dos sistemas tropicais deste significativo remanescente de Mata Atlântica, cujos “serviços ambientais” são imprescindíveis para o equilíbrio das condições ambientais das áreas urbanas do seu entorno.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0721218/CA