

20 ANOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE MACAÉ DE CIMA

Trajetórias e caminhos na pesquisa ambiental

GUILHERME HISSA VILLAS BOAS
CRISTIANE PASSOS DE MATTOS
(organizadores)

EDITORA

2021

EDTUR UERJ

20 ANOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE MACAÉ DE CIMA

Trajetórias e caminhos na pesquisa ambiental

20 ANOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE MACAÉ DE CIMA

Trajetórias e caminhos na pesquisa ambiental

GUILHERME HISSA VILLAS BOAS
CRISTIANE PASSOS DE MATTOS
(organizadores)

EDITORA

Editora IOLE / EDTur

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.





EXPEDIENTE

Revisão
Francisleile Lima Nascimento
Rita de Cássia de Oliveira Ferreira

Capa
Abinadabe Pascoal dos Santos
Elói Martins Senhoras

Projeto Gráfico e Diagramação
Elói Martins Senhoras
Rita de Cássia de Oliveira Ferreira

Conselho Editorial
Abigail Pascoal dos Santos
Charles Pennaforte
Claudete de Castro Silva Vitte
Elói Martins Senhoras
Fabiano de Araújo Moreira
Julio Burdman
Marcos Antônio Fávaro Martins
Rozane Pereira Ignácio
Patrícia Nasser de Carvalho
Simone Rodrigues Batista Mendes
Vitor Stuart Gabriel de Pieri

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)

Bo1 VILLAS BOAS, Guilherme Hissa; MATTOS, Cristiane Passos de (organizadores).

20 anos da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima: Trajetórias e caminhos na pesquisa ambiental. Boa Vista: Editora IOLE / Rio de Janeiro: EdTur, 2021, 363 p.

Série: Ciências Ambientais. Editores: Elói Martins Senhoras; Vitor Stuart Gabriel de Pieri.

ISBN: 978-65-993759-6-5
https://doi.org/10.5281/zenodo.5579860

1 - Àrea de Proteção Ambiental. 2 - Ciências Ambientais. 3 - Mata Atlântica. 4 - Rio de Janeiro. I - Título. II - Boas, Guilherme Hissa Villas. III - Ciências Ambientais. IV - Série

CDD – 333.72

A exatidão das informações, conceitos e opiniões é de exclusiva responsabilidade dos autores.



EDITORIAL

A editora IOLE e a Editora do Departamento de Turismo (EDTur) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) têm o objetivo de divulgar a produção de trabalhos intelectuais que tenham qualidade e relevância social, científica ou didática em distintas áreas do conhecimento e direcionadas para um amplo público de leitores com diferentes interesses.

As publicações desenvolvidas em parceria pela editora IOLE e a EDTur têm o intuito de trazerem contribuições para o avanço da reflexão e da *práxis* no campo epistemológico do Turismo e para a consolidação de uma comunidade de autores comprometida com a pluralidade do pensamento e com uma crescente institucionalização dos debates.

O conteúdo produzido e divulgado neste livro é de inteira responsabilidade dos autores em termos de forma, correção e confiabilidade, não representando discurso oficial da EDTur ou da editora IOLE, sendo esta responsável exclusivamente pela editoração, publicação e divulgação da obra.

Concebido para ser um material com alta capilarização para seu potencial público leitor, o presente livro é publicado em parceria pelas editoras IOLE e EDTur nos formatos impresso e eletrônico a fim de propiciar a democratização do conhecimento por meio do livre acesso e divulgação das obras.

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras

Prof. Dr. Vitor Stuart Gabriel de Pieri

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO | 9

CAPÍTULO 1 |
Caracterização da Dinâmica Fluvial do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé 17

CAPÍTULO 2 |
Processos, Comportamento e Conectividade do Rio Macaé 51

CAPÍTULO 3 |
Qualidade das Águas da Bacia do Alto Rio Macaé, Nova Friburgo (RJ) 85

CAPÍTULO 4 |
Erosão e Conservação dos Solos na APA Macaé de Cima: Estudos de Caso nas Sub-Bacias do Rio das Flores e do Rio Boa Esperança 129

SUMÁRIO

CAPÍTULO 5 |
Repercussões da Agricultura de Corte e Queima na Hidrologia e na Erosão – São Pedro da Serra /Nova Friburgo (RJ) 173

CAPÍTULO 6 |
Uso e Cobertura da Terra na APA Macaé de Cima: Fragmentação e Proteção dos Remanescentes Florestais 221

CAPÍTULO 7 |
A Vegetação e Flora da APA de Macaé de Cima: Ameaças, Proteção e Manejo 263

CAPÍTULO 8 |
A Floresta de Macaé de Cima: Sua Estrutura e Relações com Fatores Ambientais 307

SOBRE OS AUTORES | 351

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

Esta obra trata-se de uma pioneira contribuição que busca apresentar o estado da arte da pesquisa científica sobre a Área de Proteção Ambiental (APA) de Macaé de Cima. Essa coletânea representa uma aspiração dos organizadores que, na condição de pesquisadores, gostariam de produzir um material que reunisse o maior número de contribuições investigativas desenvolvidas para sistematizar a produção científica da área. Além disto, busca-se promover o reconhecimento e a valorização dos aspectos naturais e culturais da região, e ainda, auxiliar a gestão do território. A proposta tem também como objetivo provocar reflexões, inspirar novas pesquisas e reunir pesquisadores que, até então, trabalhavam separadamente.

A iniciativa começou em 2020 quando diversos autores foram convidados para resumirem suas pesquisas no formato dos capítulos aqui apresentados. Essa coletânea conta com análises produzidas em dissertações de mestrado, teses de doutorados e outros tipos de projetos científicos. Todos os capítulos estão enriquecidos com outras referências para que os leitores possam se aprofundar nos temas em pauta.

Praticamente todos os convidados aceitaram o desafio. Neste percurso, foi possível organizar um amplo material que ilustra a singularidade desta amável comunidade e a peculiaridade de seus recursos naturais, como também agradecer o acolhimento dos habitantes e frequentadores da APA em relação a esta publicação. O tempo necessário para produção do material coincidiu com a comemoração do aniversário de 20 anos da criação da unidade de conservação. Esse é parte do nosso presente para a APA Macaé de Cima. Neste livro, apresentamos as pesquisas voltadas para as

características ambientais da unidade de conservação em oito capítulos.

No primeiro capítulo, "Caracterização da dinâmica fluvial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Macaé", Raphael Nunes de Souza Lima e Mônica dos Santos Marçal se debruçam sobre a complexidade de processos hidrogeomorfológicos, operando sobre múltiplas escalas espaciais e temporais, que produzem notável diversidade de ambientes fluviais e interagem determinando os fluxos de sedimentos, água e nutrientes ao longo do sistema. Os autores aplicam a metodologia de Estilos Fluviais, que favorece a interpretação dos arranjos espaciais dos rios, sob a perspectiva de que estes ocupam um lugar dentro do contexto da paisagem e da bacia, reconhecendo que um rio faz parte de um sistema físico com uma trajetória espaçotemporal, para elaborar uma caracterização destes ambientes na bacia do rio Macaé.

Pilar Amadeu de Souza e Mônica dos Santos Marçal, no segundo capítulo, "Processos, comportamento e conectividade do rio Macaé", analisam o padrão de comportamento longitudinal do rio Macaé, de montante à jusante, a partir das características hidrológicas (vazão e chuva); sedimentológicas (cargas de fundo e em suspensão); e geomorfológicas (morfometria e mapeamento multitemporal de feições geomórficas dentro do rio) para avaliarem a conectividade dos ambientes fluviais e contribuírem para o entendimento sobre o comportamento e a transferência hidrossedimentológica no sistema fluvial.

André Bittencourt Amador, em "Qualidade das águas da bacia do alto rio Macaé, Nova Friburgo (RJ)", trata de um dos recursos mais valorizados na APA Macaé de Cima, seja pelos turistas que buscam os rios para banho, como pelos agricultores que utilizam-na em seu cotidiano. A criação da APA, inclusive, teve e ainda tem, como objetivo proteger as nascentes desta importante bacia hidrográfica para a região norte fluminense. O autor

desenvolveu, em 2003, análises de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, em 18 pontos representativos da bacia, que servem de referência para futuras pesquisas.

O quarto capítulo, intitulado "Erosão e conservação dos solos na APA Macaé de Cima: estudos de caso nas sub-bacias hidrográficas do rio das Flores e do rio Boa Esperança", tem como autores Hugo Alves Soares Loureiro, Luana Balbino dos Santos, Fábio da Silva Lima e Antonio José Teixeira Guerra, e trata das características pedológicas de duas subbacias da APA Macaé de Cima. Os autores analisam a erodibilidade dos solos, a estrutura florestal e a fragilidade ambiental, para diagnosticar a degradação nas encostas. Fora elaborada também uma modelagem ambiental para avaliar o grau de fragilidade destas subbacias. O capítulo contribui ainda com uma rica revisão bibliográfica que pode auxiliar futuras pesquisas nesta temática.

Ana Valéria Freire Allemão Bertolino, em "Repercussões da agricultura de corte e queima na hidrologia e na erosão – São Pedro da Serra/ Nova Friburgo (RJ)", analisa a influência do manejo agrícola historicamente utilizado pelos agricultores, desde os primeiros colonos da região, e que vem sendo alvo de conflitos, não apenas com os novos proprietários de casas de veraneio como também, com o órgão gestor da unidade de conservação. Neste capítulo a autora apresenta diversos estudos que avaliam esta prática agrícola e seus reflexos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos.

No sexto capítulo, Cláudio Belmonte de Athayde Bohrer, Cristiane Nunes Francisco, Maria Clara Erthal Alhanati e Rafael Magno Guimarães Mussi, em "Uso e cobertura da terra na APA Macaé de Cima: fragmentação e proteção dos remanescentes florestais", realizam uma análise de outro recurso alvo de polêmica na APA. Enquanto os turistas valorizam a beleza cênica das florestas e sua fauna, os agricultores demandam mais áreas para plantio. Os

autores elaboram uma revisão dos mapeamentos de uso e cobertura da terra relacionando-os com aspectos como as áreas de preservação permanente, variação temporal da população, grau de fragmentação para criar um mapa síntese de núcleos e trampolins ecológicos.

Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes, Thales Ornellas e Flavia Colacchi, autores do sétimo capítulo, intitulado "A vegetação e flora da APA de Macaé de Cima: ameaças, proteção e manejo", apresentam um panorama da diversidade botânica da APA Macaé de Cima, além das diferenças fitofisionômicas e os diferentes estágios sucessionais. As florestas da APA Macaé de Cima destacam-se, no contexto da Serra do Mar, pelo seu estado de conservação e pelo alto grau de endemismo, que atraem pesquisadores e turistas. Os autores ressaltam também a importância deste fragmento florestal na conectividade ecológica para a oferta de serviços ecossistêmicos e a proteção do bioma Mata Atlântica.

"A floresta de Macaé de Cima: sua estrutura e relações com fatores ambientais" é o oitavo, e último, capítulo deste volume e foi escrito por Cláudio Belmonte de Athayde Bohrer. Neste capítulo, o autor apresenta dados de uma área pouco acessada na APA Macaé de Cima, as cabeceiras dos rios Macaé e das Flores, o que se materializa em uma área com alto grau de conservação. São detalhadas informações sobre a diversidade da flora, a estrutura e a composição florística, além de dados geoambientais que condicionam a singularidade desta região.

Com base nas contribuições apresentadas ao longo destes capítulos, subsídios reflexivos ao debate público e científico são fornecidos por meio de uma rica discussão, a qual foi fundamentada por uma pluralidade teórica e metodológica e estruturada de modo coletivo através do esforço tecido pela dedicação de um conjunto diversificado de pesquisadoras e pesquisadores dedicados à análise empírica e ao trabalho de campo na APA de Macaé de Cima.

Esperamos que gostem dos resultados de pesquisa apresentados didaticamente nesta obra, com o ensejo que mais pesquisas sejam desenvolvidas nos próximos 20 anos sobre a APA de Macaé de Cima, sintonizadas com a salvaguarda do bioma da Mata Atlântica, os desafios da gestão do território, a sustentabilidade e a equidade social. Em nome de todos os autores envolvidos neste trabalho coletivo, realizado a várias mãos, desejamos uma ótima leitura!

Guilherme Hissa Villas Boas

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Cristiane Passos de Mattos

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ)

CAPÍTULO 1

Caracterização da Dinâmica Fluvial do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé

CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA FLUVIAL DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ[1]

Raphael Nunes de Souza Lima

Mônica dos Santos Marçal

No Brasil, apesar do longo reconhecimento dos impactos da colonização europeia e das crescentes pressões socioeconômicas nas paisagens, ainda é um desafio compreender as múltiplas escalas em que se manifestam as respostas dos rios às mudanças induzidas pela sociedade (MARÇAL *et al*., 2017). Quão sensíveis à perturbação são os rios? Quantas mudanças ocorreram desde a colonização? Quais os tipos de impacto e em qual taxa seus efeitos se propagam para além do local em que ocorreram? Quais são as perspectivas para a recuperação da paisagem?

Um dos pontos de partida fundamentais para investigar essas questões é compreender a diversidade dos rios e sua relação com a bacia, através da caracterização da sua dinâmica geomorfológica.O Grupo de Pesquisa em Geomorfologia Fluvial e Dinâmica de Bacias Hidrográficas (GEOMORPHOS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, vem consolidando desde 2002, linhas de pesquisa voltadas à estas questões, abordando a compreensão dos sistemas fluviais a partir de perspectivas de investigação históricas (estratigrafia) e funcionais (processos e formas atuais).

Sob coordenação da Prof.ª Dr.ª Mônica dos Santos Marçal, projetos de pesquisa voltados para o entendimento do papel dos

[1] Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao grupo de pesquisa GEOMORPHOS/UFRJ, por todo o suporte de dados, ajuda em trabalhos de campo e apoio na realização do trabalho.

processos fluviais na evolução da paisagem fluminense e gestão de suas bacias têm sido conduzidos com apoio e financiamento de instituições como: CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro; CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; e AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

A fim de contextualizar a diversidade inerente dos rios no processo de evolução da paisagem, este capítulo apresenta um panorama das tipologias fluviais na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé – BHRM, com destaque para a região do alto curso, compreendida pela APA Macaé de Cima. Neste sentido, o capítulo reúne alguns resultados de publicações oriundas de Teses, Dissertações e projetos de pesquisa, com metodologias de classificação, que objetivam avaliar as interdependências entre trechos de rio heterogêneos.

Atualmente, a literatura científica dispõe de uma gama abordagens oferecidas por esquemas de classificação de rios, que proporcionam uma descrição detalhada dos processos geomorfológicos (BIZZI; LERNER, 2012). Na região, vem sendo notadamente utilizada a abordagem conceitual e metodológica dos *Estilos Fluviais*[2], com resultados que oferecem reflexões sobre trajetórias evolutivas dos rios e orientam perspectivas de gestão a partir de um pacote de informações geomorfológicas estruturadas (MARÇAL *et al.*, 2017).

[2] *River Styles*® é uma metodologia desenvolvida por Brierley & Fryirs (2000) em parceria com a Agência Australiana de Conservação da Água (ACWC – sigla em inglês), sendo marca registrada pela *New South Wales Department of Land and Water Conservation* e da *Macquire University.* Neste capítulo será mencionado como Estilos Fluviais. Ver mais em: <https://riverstyles.com/>.

ROTEIRO METODOLÓGICO

O sistema de classificação dos Estilos Fluviais foi desenvolvido e inicialmente aplicado em bacias do sudeste da Austrália, a fim de nortear planos de gestão e estabelecer áreas prioritárias para a preservação e reabilitação de rios, baseadas na condição geomorfológica dos diferentes setores das bacias estudadas (FRYIRS, 2003).

Este sistema de classificação compreende um conjunto de critérios objetivos de análise de trechos de rio proposto por Kellerhals *et al.* (1976) e um modelo hierárquico de análise proposto por Frissel *et al.* (1986). A partir da identificação das características geomorfológicas e hidrodinâmicas do rio, diferentes segmentos são classificados, de acordo com os padrões de caráter[3] e comportamento[4].

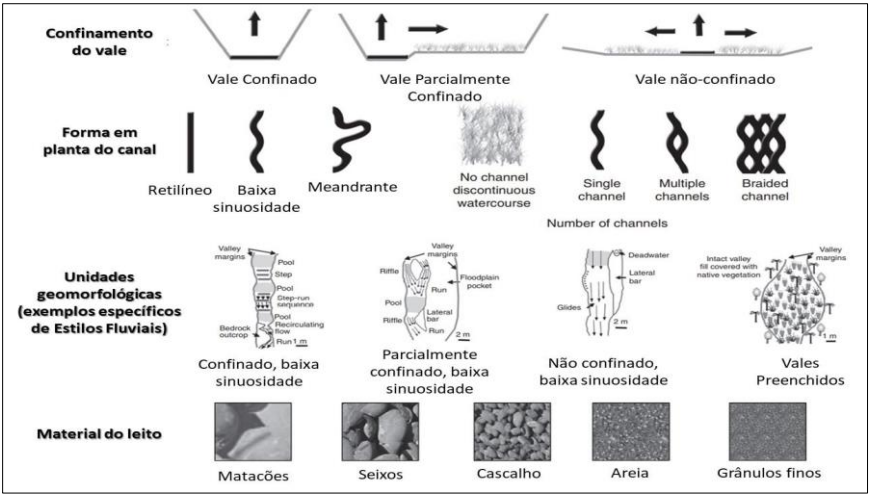
No primeiro nível hierárquico está a configuração do vale, que determina os limites em que os ajustes do rio podem operar. No segundo nível está a forma em planta do canal, que consiste no traçado do rio e serve de indicador do regime de energia. No terceiro nível estão as unidades geomorfológicas, que permitem relacionar fatores de armazenamento e transporte de sedimentos. No quarto e último nível, o material do leito indica o calibre do sedimento que o rio possui competência para transportar (Figura 1).

Esta estrutura de classificação aberta significa que os Estilos Fluviais são determinados com base em atributos hierarquizados, ao invés de serem enquadrados em tipologias pré-estabelecidas, dando possibilidade, por exemplo de representar tipos de rios

[3] Caráter (*river character*) - estrutura geomorfológica do rio e sua planície de inundação, compreendida por sua forma em planta e seção geométrica do canal.
[4] Comportamento (*river behaviour*) – variabilidade esperada das condições de fluxo, como vazão líquida e sólida, bem como das feições fluviais ao longo do tempo.

intermediários em relação aos clássicos padrões retilíneos, meandrantes, entrelaçados e anastomosados.

Figura 1 - Variáveis que descrevem atributos do rio usados para classificá-los pela metodologia dos Estilos Fluviais



Fonte: Elaboração própria. Adaptada de: Fuller *et al.* (2013).

Na biologia, a reunião de um sistema de classificação, uma sistemática de descrição e uma normatização para a nomeação das espécies e gêneros, permitiu analisar a biodiversidade do planeta, esquematizar os graus de parentesco evolutivo entre indivíduos e até estabelecer modelos matemáticos que demonstrem o momento da evolução em que o ambiente e seus organismos foram submetidos aos processos adaptativos (PRESTES *et al*., 2009).

De maneira semelhante, o estabelecimento de uma base sistematizada de informações sobre a estrutura física do rio, possibilita interpretar as relações entre processos e formas ao longo dos rios sob a perspectiva de que estes ocupam um lugar dentro do

contexto da paisagem e da bacia, reconhecendo que um rio faz parte de um sistema físico com uma história evolutiva (KASPRAK *et al.*, 2016; RINALDI *et al.*, 2015).

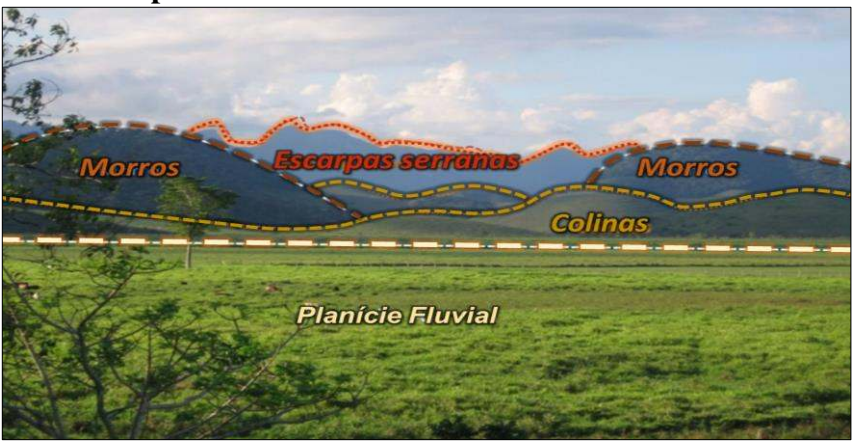
A Bacia Hidrográfica do Rio Macaé foi uma das primeiras áreas do país onde foi desenvolvida a aplicação dos Estilos Fluviais (LIMA; MARÇAL, 2013; LIMA *et al*., 2006). O potencial de orientar o uso das informações geográficas para interpretação da evolução de diferentes ambientes fluviais e das respostas esperadas para diferentes cenários de perturbações antrópicas, fizeram com que no Brasil, a abordagem dos Estilos Fluviais fosse aplicada em bacias de diferentes regiões, contextos ambientais e trajetórias de ocupação e intervenção humana (KLEINA *et al*., 2014; MELLO *et al.*, 2011; MENEZES; SALGADO, 2019; MERINO *et al*., 2014; SOUZA *et al.*, 2016).

RESULTADOS

A organização da malha fluvial e a tipologia dos ambientes formados pelo trabalho dos rios refletem, em primeira instância, a atuação do clima sobre blocos estruturais e atividades de falha presentes ao longo de toda a história geológica da bacia do rio Macaé, que remete à separação entre a placa sul americana do continente africano durante os eventos tectônicos do Mesozóico e Cenozóico, há cerca de 84 milhões de anos (HEILBRON *et al.*, 2004).

Essa estruturação condicionou a paisagem à uma compartimentação geomorfológica de três níveis altimétricos, sendo eles representados pela Serra do Mar e suas escarpas; os relevos de transição, que se desenvolvem em direção ao litoral, formados por sistemas de morros e colinas; e as baixadas, representadas pelas planícies fluviais e fluvio-marinhas (Figura 2).

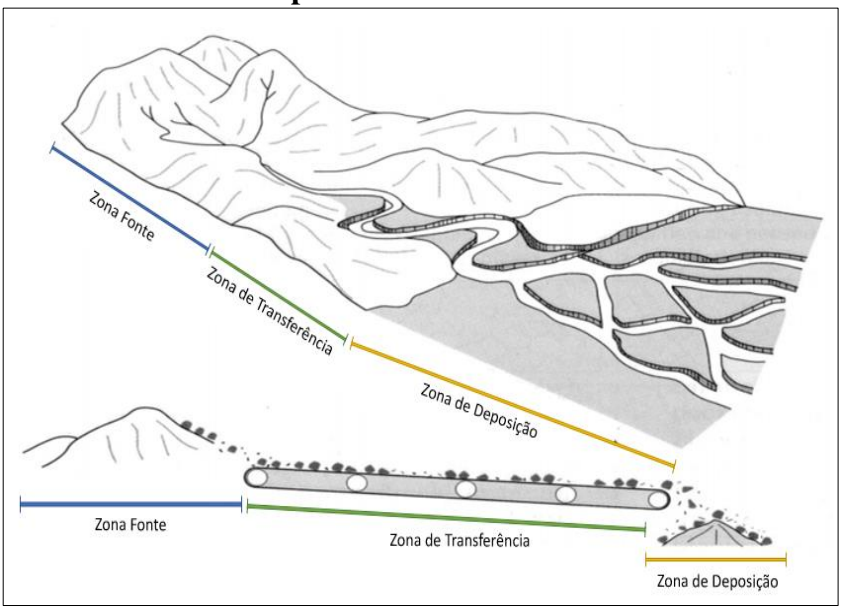
Figura 2 - Aspecto geral dos compartimentos do relevo da bacia do rio Macaé



Fonte: Lima (2010).

Esta primeira abordagem regional agrega informações necessárias para compreender os controles da topografia sobre o rio e explicar os padrões de comportamento que se desenvolvem em diferentes setores do sistema fluvial contemporâneo (Figura 3). A bacia hidrográfica do rio Macaé apresenta um padrão típico de zonas de fonte, transferência e acumulação de sedimentos, com transições associadas a mudanças no gradiente de inclinação do canal e de largura do vale (PIÉGAY; SCHUMM, 2003). Enquanto a erosão é o processo dominante em trechos a montante nas partes ocidentais da bacia, denominado alto curso, o processo de transferência ocorre em um curto trecho de planícies descontínuas referido como médio curso, ao passo que os processos deposicionais serão muito mais proeminentes na zona de acumulação das extensas planícies do baixo curso (LIMA, 2010; MARÇAL *et al.*, 2017).

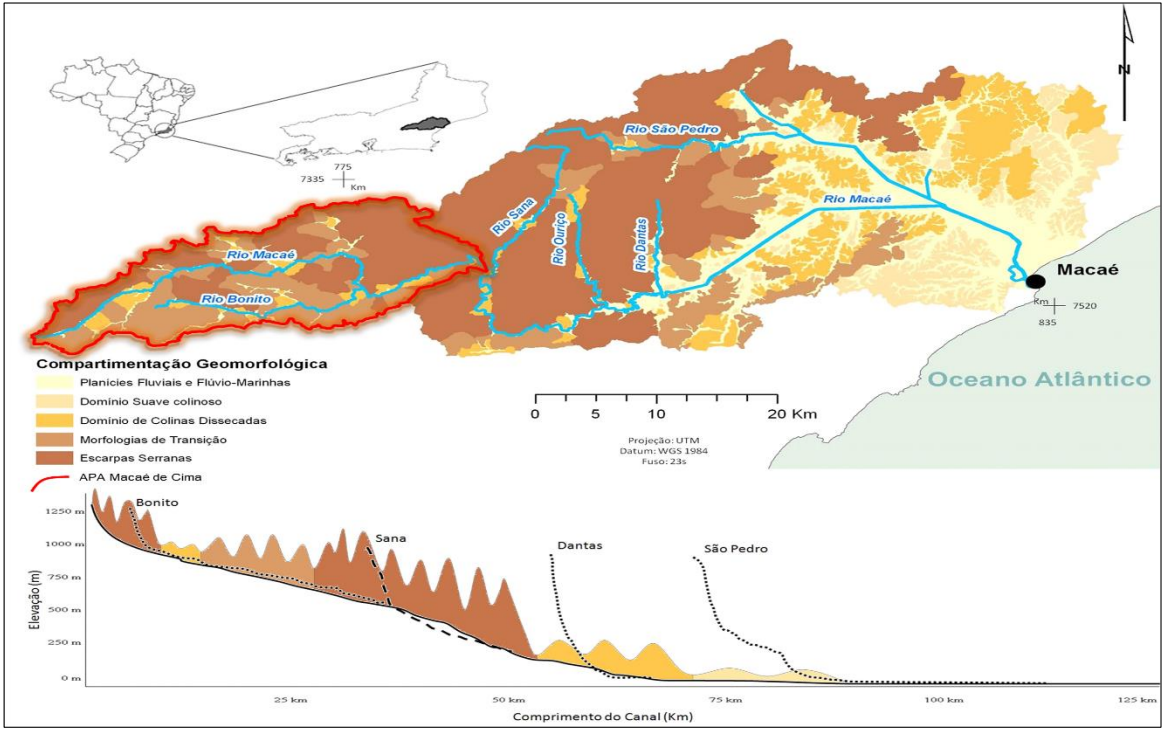
Figura 3 - Localização e função dos tipos de zonas hidráulicas dentro de uma bacia hidrográfica e como elas influenciam o transporte e armazenamento de sedimentos



Fonte: Brierley *et al.* (2013). Adaptações próprias.

Lima e Marçal (2013) demonstram que em 61% da bacia predominam padrões de relevos acidentados, encostas íngremes e vales estreitos, revelando que mais da metade do sistema fluvial é composto por uma zona de produção de sedimentos. O restante da bacia corresponde à domínios colinosos e baixadas com extensas planícies fluviais. Neste setor que corresponde a cerca de 39% da bacia, predominam os processos de transferência de sedimentos com episódios deposicionais durante eventos de inundação (Figura 4). A transição desse padrão acompanha a redução gradual da inclinação para jusante e aumento notável na largura do vale.

Figura 4 - Compartimentação geomorfológica da bacia e perfil longitudinal do rio Macaé e seus principais afluentes



Fonte: Lima e Marçal (2013), metodologia de compartimentação do relevo de Silva (2002).

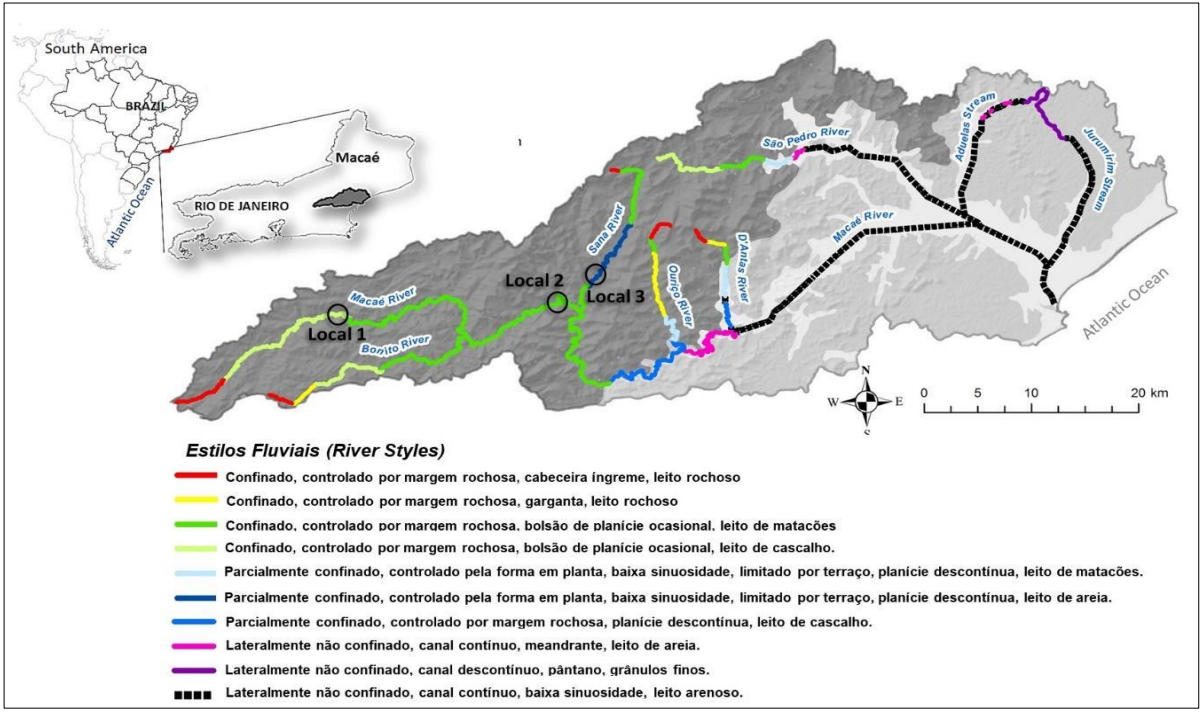
A diversidade dos tipos de rio que ocorrem na bacia é mais pronunciada na região montanhosa, parcialmente compreendida pela Área de Proteção Ambiental Macaé de Cima, onde os fatores como a elevada variabilidade local na inclinação, sinuosidade e confinamento[5] dos vales, induzem transições no caráter e comportamento ao longo do rio. Esses sistemas confinados de alta energia possuem um potencial erosivo significativo, embora os ajustes geomorfológicos sejam localizados, tipicamente restritos à erosão progressiva da rocha, retrabalho local de blocos e matacões, e descarga ocasional de lençóis de areia.

DIVERSIDADE DAS FORMAS E PROCESSOS NO ALTO CURSO

A diferença fundamental no comportamento de rios de montanha e rios de planície é que em contraste com os canais aluviais autoformados, o gradiente e a forma dos canais das montanhas são significativamente variáveis e sujeitos às influências ativas do substrato geológico e das encostas (MONTGOMERY; BUFFINGTON, 1997). Estes ambientes formam ainda importantes habitats aquáticos, produzem os sedimentos que podem alcançar estuários e o oceano e são capazes de transferir impactos causados por manejo inadequado da terra até as regiões mais baixas.

[5] Grau de incidência da margem do rio com a margem do vale, podendo ser constituída por substrato rochoso ou material coeso (colúvios e terraços). Vales confinados representam mais de 90% do segmento do canal apoiado na margem de fundo do vale; parcialmente confinado indica formação de planícies descontínuas. Lateralmente não confinado indica maior capacidade de ajuste lateral do canal devido à ausência de controles litológicos.

Figura 5 - Diversidade de Estilos Fluviais na bacia do rio Macaé e exemplos da distribuição de unidades geomorfológicas em trechos de rios do alto curso



Fonte: Brierley *et al.* (*op cit.*) (2019). Adaptações próprias.

Nota: Local 1 representado na Figura 9. Local 2 representado na Figura 10. Local 3 representado na Figura 13.

A interpretação da dinâmica dos sistemas fluviais exige uma compreensão científica dos controles sobre os processos geomorfológicos, que nestes ambientes montanhosos, manifestam tanto na morfologia do rio como nos processos de encosta. A organização e associação das formas fluviais, ou unidades geomorfológicas[6], retratam a natureza dos processos atuantes em segmentos do rio e podem ser interpretadas como indicador dos padrões do fluxo e dinâmica erosiva/deposicional no canal e suas planícies (KORUP *et al.,* 2004).

De acordo com a classificação proposta em Marçal *et al.* (2017) e adaptada em Brierley *et al.*, (2019), a bacia do rio Macaé compreende dez Estilos Fluviais (Figura 5). Aqui discutiremos as cinco classes[7] que ocorrem no alto curso da bacia, e com base nestes resultados, serão examinadas as formas do rio e os processos que as geraram. Essa compreensão em particular, desdobra na interpretação sobre como os cenários de distúrbios se propagam a partir desta região e possibilita a orientação de decisões no contexto da gestão da bacia.

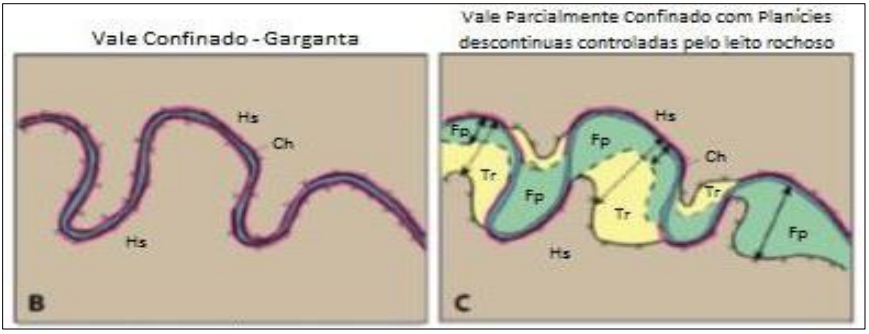
Os Estilos Fluviais do alto curso da bacia se dividem em cinco tipos que ocorrem em ambiente de vale confinado e um em vale parcialmente confinado (Figura 6). Essa primeira característica nos informa o espaço disponível para o fluxo do rio dispersar sua energia. Isso influencia diretamente o comportamento e a capacidade de ajuste lateral do canal, além de informar o grau de conectividade

[6] A unidade geomorfológica é a feição do relevo que reflete o processo de erosão ou deposição de materiais que a originou (BELLETTI *et al.*, 2017). A associação das unidades presentes em uma seção do rio (ex. cascatas, piscinas, barras, etc) ou da sua planície (terraço, meandros abandonados, etc) é parte integrante da interpretação do caráter e do comportamento do rio no sistema de classificação dos Estilos Fluviais. Guia de formas e descrição dos processos associados. Disponível em: <https://riverstyles.com/river-styles-toolkit/geomorphic-unit-quick-reference-guide>. Acesso em: 01/11/2020.

[7] As classes de Estilos Fluviais seguem a convenção de nomenclatura apresentada em Fryirs e Brierley (2018), com tradução dos autores.

do sistema encosta – rio. Quanto maior o confinamento, maior a interação entre estes ambientes e seus processos.

Figura 6 - Esquemas demonstrativos de vales confinados e parcialmente confinados, encontrados no alto curso

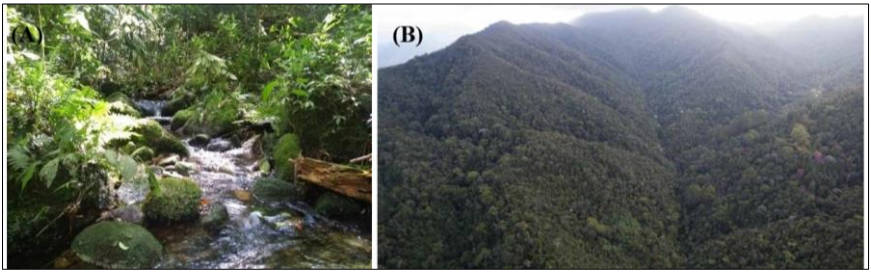


Fonte: Brierley *et al*. (2013). Adaptações próprias.

O Estilo Fluvial ***Confinado, controlado por margem rochosa, cabeceira íngreme, leito rochoso*** ocorre a partir das nascentes, em altitudes acima de 200 m. Nas porções mais altas da cabeceira, podem representar pequenos cursos d'água sobre materiais de encosta, exibindo fluxo fraco ou efêmero, sem capacidade de mover colúvios e materiais lenhosos que preenchem estes canais. Eventos episódicos de fluxos de detritos podem representar mais da metade do transporte de sedimentos neste tipo de canal (MONTGOMERY; BUFFINGTON, 1997). Apesar de representar uma pequena porção do rio principal, esses trechos de córregos rochosos correspondem à maior parte das linhas de drenagem que cortam as encostas do alto curso. As unidades geomorfológicas predominantes neste trecho são induzidas pelo elevado declive (inclinação média do fundo do vale de 6%) e formadas por degraus de clastos, organizados em acumulações discretas, separando poças onde acumula-se material mais fino. Esta

sequência de piscina e degraus pode ocorrer associada à presença de cachoeiras ou em sequência de piscina e cascata (Figura 7). Estes trechos têm capacidade de ajuste fortemente restrita pelas paredes do vale e pouco potencial para armazenamento de sedimentos. Durante cheias extremas, pode ocorrer movimentação significativa de grânulos de todos tamanhos, sendo reestabelecidos os depósitos na fase de diminuição da vazão.

Figura 7 - Exemplos do estilo fluvial de cabeceiras íngremes



Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras e Plano de Manejo da RPPN Bacchus.

Nota: A. Morfologia de piscina e degraus no córrego do Saion. B. Vista panorâmica do córrego do Macuco.

No afluente Rio Bonito, a transição na estrutura do rio ocorre para um Estilo Fluvial que ocupa todo o fundo do vale, profundamente inciso e com extensão topográfica superior a 400m, denominado ***Confinado, controlado por margem rochosa, garganta, leito rochoso***. Estes trechos, ocorrem em alta declividade, confinados pelas paredes do vale e são caracterizados por material de leito desorganizado longitudinal e lateralmente, normalmente consistindo de seixos e matacões. O leito rochoso também apresenta unidades geomorfológicas condicionadas pelo substrato, principalmente corredeiras, e quedas ocasionais de cachoeiras estreitas ou rasas (Figura 8). Associado a estas feições, a dissipação de energia é dominada pelas oscilações contínuas da correnteza

sobre e ao redor de grandes blocos individuais. Os trechos apresentam floresta densa e alta cobertura de vegetação ciliar.

Figura 8 - Morfologia de garganta no rio Bonito, no alto curso da bacia

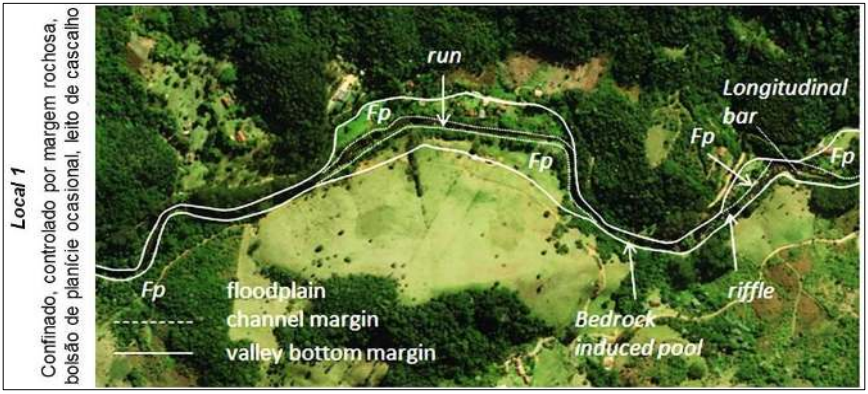


Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras.

Conforme os rios Macaé e Bonito seguem em direção às zonas de confluência de tributários e atravessa elementos estruturais, como *knick points* e mudanças acentuadas no alinhamento do vale, passam ocorrer planícies de inundação em forma de bolsões ou alvéolos em uma ou ambas as margens do vale (DUARTE, 2015). A presença destas feições caracteriza o estilo ***Confinado, controlado por margem rochosa, bolsão de planície ocasional; leito de cascalho.*** Nestes trechos, a topografia das encostas apresenta desnivelamento altimétrico menor e o gradiente longitudinal do fundo do vale é ligeiramente menos íngreme do que a montante,

porém apresenta maior variabilidade entre gradientes moderados a altos, formando um conjunto heterogêneo de unidades geomorfológicas. A organização das unidades irá refletir as condições locais de distribuição de energia e compreendem desde corredeiras e sistemas de soleira e depressão forçados pelas rochas, até leito plano predominantemente formados por cascalho. Neste estilo fluvial, há pouca formação de barras e dunas de fundo podem ocorrer ocasionalmente em compostos de areia e cascalho de trechos de baixa profundidade e sinuosos (Figura 9).

Figura 9 - Vista em planta destacando as unidades geomorfológicas que caracterizam o estilo fluvial



Fonte: Brierley *et al.* (2019). Adaptações próprias.

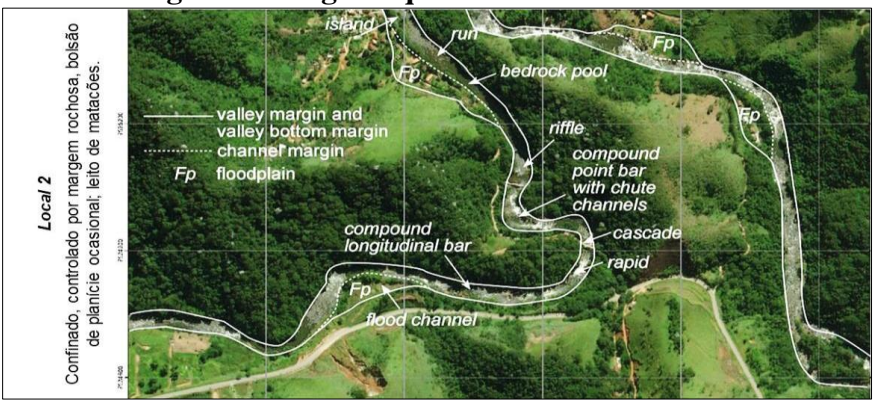
Tradução da figura: Floodplain (planície de inundação); channel margin (margem do canal); valley bottom margin (margem de fundo de vale); run (fluxo turbulento incipiente); bedrock induced pool (depressão induzida por obstáculo rochoso); rifle (soleira); longitudinal bar (barra longitudinal).

A porção central da bacia é marcada pela mudança litológica dada pelo Granito Sana, um dos maiores corpos ígneos do Estado do Rio de Janeiro, formado pela cristalização lenta de um magma granítico. A heterogeneidade geológica e as descontinuidades presentes (como fraturas, foliação, diques e contrastes de

composição química), funcionam como pontos ou superfícies de fraqueza, formando caminhos preferenciais para passagem da água, que ao longo de períodos geológicos, promoveram a dissecação do terreno, formando vales profundos e escarpados. Assim, esta área concentra belezas naturais, como o Peito de Pombo, a Pedra Riscada, além de cachoeiras resultantes da ação da erosão sobre o Granito Sana e suas encaixantes que atraem visitantes locais e turistas. Neste setor da bacia, ocorre uma variação do Estilo Fluvial para o ***Confinado, controlado por margem rochosa, bolsão de planície ocasional; leito de matacões.***

Neste Estilo Fluvial, as unidades geomorfológicas dominantes são as associações de cascatas, corredeiras e piscinas forçadas por rochas. Em todas as unidades, predomina leito rochoso de matacões com elevada declividade, sendo esta, a principal característica de diferenciação entre os estilos (Figura 10).

Figura 10 - Vista em planta destacando as unidades geomorfológicas que caracterizam o estilo fluvial



Fonte: Brierley *et al.* (2019). Adaptações próprias.

Tradução da figura: Valley margin (margem do vale) e valley bottom margin (margem de fundo de vale); channel margin (margem do canal); floodplain (planície de inundação); compound longitudinal bar (barra longitudinal composta); flood channel (canal de inundação); rapid (corredeira); cascade (cascata); compound point bar with chute channels (calha sobre barra de pontal composta); run (fluxo turbulento incipiente); bedrock pool (depressão induzida por obstáculo rochoso); riffle (soleira); island. (ilha).

A farta ocorrência de corredeiras e quedas ao longo deste estilo fluvial, associado ao grande volume de água são ideais para a prática esportiva e turística do *rafting*, atraindo desde iniciantes até profissionais para esta região.

As corredeiras representam sequências muito estáveis e íngremes de arranjos de rochas que formam cristas semelhantes a costelas transversais irregulares que abrangem parcial ou totalmente o canal em ambientes confinados à rocha. Estas rochas, individualmente, podem chegar ao tamanho de blocos e matacões que rompem a superfície da água no estágio de baixo fluxo.

O caudal turbulento quase contínuo e o fluxo de jato sobre e ao redor de grandes aglomerados de blocos contribuem para a dissipação de energia. Cascalhos mais finos podem ser armazenados atrás de materiais maiores. Durante eventos de fluxo moderado, as cargas de leito mais finas são retrabalhadas entre as estruturas de blocos mais estáveis. A mobilização de blocos e matacões no leito fluvial ocorre apenas episodicamente, durante eventos extremos associados a fluxos de detritos de alta viscosidade.

O trecho do rio Macaé compreendido entre os afluentes Bonito e Sana, compreende a zona de maior declividade do seu perfil longitudinal, representando o setor da bacia de maior energia e maior predominância de corredeiras e quedas.

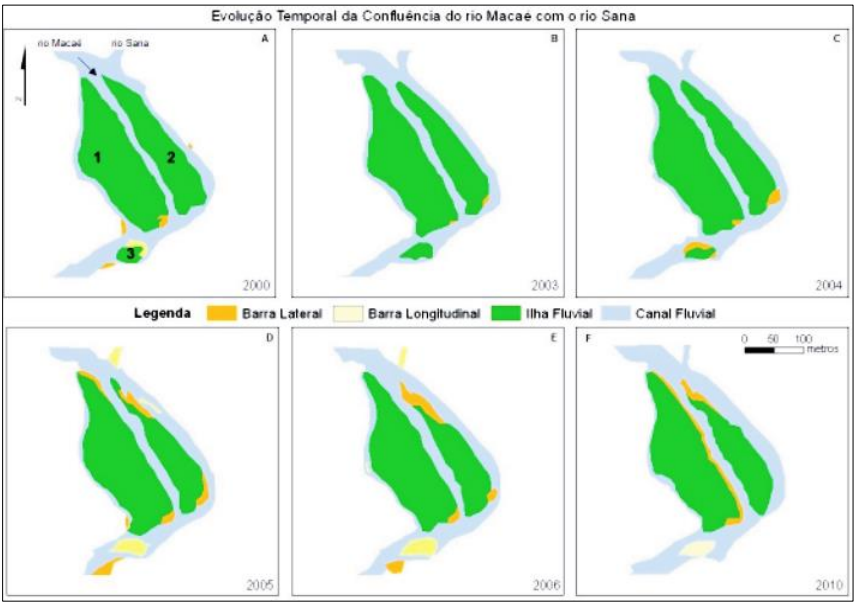
Após a confluência com o rio Sana, ocorre uma diminuição gradual da declividade do canal. A partir deste trecho, ocorre ainda o aumento da sinuosidade do vale, provocada pela estrutura do substrato geológico, que força curvas acentuadas no rio. A associação destes fatores pode estar relacionada a maior ocorrência de ilhas fluviais com vegetação ao longo deste setor.

Essas ilhas compreendem unidades geomorfológicas geralmente formadas em torno de um núcleo de barra compostas por blocos, cascalhos ou areia, que foi estabilizado pela vegetação,

possibilitando mais sedimentação e expansão da ilha. As ilhas são diferenciadas das barras fluviais por seu maior tamanho e persistência, refletindo sua relativa estabilidade e capacidade de armazenar sedimentos.

Segundo Villas Boas e Marçal (2013), o padrão das unidades geomorfológicas secundárias presentes nas ilhas, podem refletir a história dos eventos e processos de inundação que as formaram e retrabalharam, indicando ainda os padrões de resposta dos rios às variações de entradas de chuvas e sensibilidade do sistema (Figura 11).

Figura 11 - Mapeamento temporal da ilha fluvial localizada na confluência do rio Macaé com o rio Sana

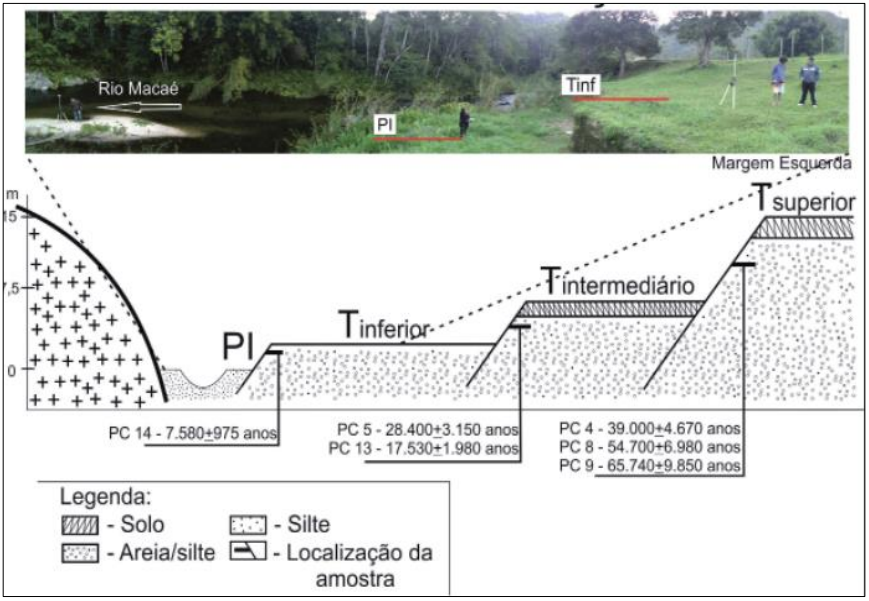


Fonte: Villas Boas; Marçal (2013).

Nota: Esta sequência de mapeamentos demonstra um exemplo de ajustes erosivos em ilhas e barras, operados na escala do canal. Esse tipo de análise permite aprofundar a compreensão sobre o comportamento do rio e respostas esperadas para diferentes tipos de perturbação.

Ainda na região do alto curso, ocorre um estilo fluvial identificado como ***parcialmente confinado, controlado pela forma em planta, baixa sinuosidade, limitado por terraço, planície descontínua, leito de matacões.*** Apesar da sua principal ocorrência se dar ao longo do rio Sana, Marçal *et al.* (2015) estudou a presença de terraços fluviais[8] no alto curso do rio Macaé, em alguns alvéolos dos trechos de *planície ocasional; leito de cascalho,* já descrito anteriormente.

Figura 12 - Disposição esquemática dos níveis deposicionais no vale do alto curso do rio Macaé mostrando a localização e idades das amostras coletadas

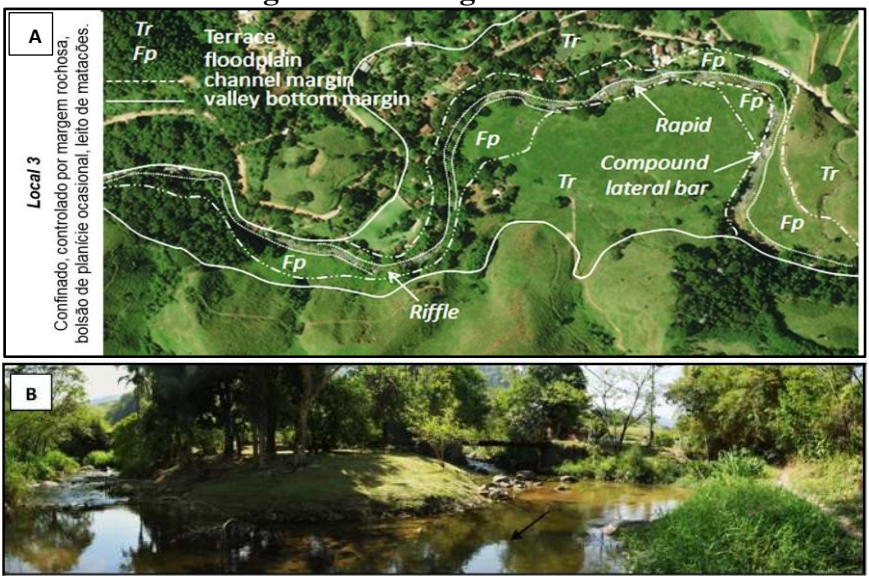


Fonte: Marçal *et al.* (2015). Adaptações próprias.

[8] Os terraços fluviais representam áreas de sedimentação de antigas planícies de inundação abandonadas, situadas acima do curso do rio atual e que não são mais inundadas pelas vazões de cheia contemporâneas.

Do ponto de vista evolutivo, a formação de terraços fluviais resultantes da sedimentação do período quaternário ao longo e através dos vales fluviais, guarda registros importantes sobre o funcionamento de ambientes antigos e sobre as mudanças nas taxas de erosão e de sedimentação, podendo indicar pistas sobre a relação da sua trajetória de evolução com eventos de oscilações climáticas, variações no nível do mar ou tectonismo (Figura 12). A presença de diferentes níveis de terraços, com paridade em ambas as margens do rio são indicadores, por exemplo, de um processo de rápida dissecação vertical, sem migração lateral, durante o processo de incisão do canal.

Figura 13 – Margem do canal



Fonte: Brierley *et al.* (2019); Duarte (2015). Adaptações próprias.

Tradução da figura: Terrace (terraço); floodplain (planície de inundação); channel margin (margem do canal); valley bottom margin (margem de fundo de vale); compound lateral bar (barra lateral composta); rapid (corredeira); riffle (soleira).

Nota: A. Vista em planta destacando as unidades geomorfológicas que caracterizam o estilo fluvial. B. Vista de trecho do rio Sana compreendendo soleiras, rápidos e presença de matacões no leito.

A presença de anomalias de drenagem e de relevo descritas na região por Assumpção e Marçal (2006), podem indicar falhas relacionadas à reativação tectônica ao longo do Mesozóico – Cenozóico, mostrando que esses processos são mais expressivos do que se imaginava para uma região intraplaca.

Do ponto de vista das implicações nos processos atuais, os terraços presentes no alto curso atuam no confinamento do rio de maneira análoga às margens do vale rochoso. Entretanto, por se tratarem de depósitos não consolidados, os terraços podem ser mais facilmente dissecados pela erosão fluvial, permitindo ajustes laterais do rio e o desenvolvimento de planícies de inundação contemporâneas (Figura 13).

REFLEXÕES SOBRE A GESTÃO DOS RIOS DO ALTO CURSO

A visão utilitarista sobre o rio que predomina nas sociedades contemporâneas e no Brasil em particular, reflete um grau de distanciamento e desassociação com o rio enquanto um lugar de relações subjetivas. Segundo Marçal *et al.* (no prelo), *"Isso fez com que prevalecesse no processo de gestão a ideia de rio como meros condutores de águas sem considerar as complexidades e os valores biofísicos sociais e econômicos associados à história de um rio".*

A filosofia de "domesticar" os rios de acordo com as necessidades imediatas da sociedade vem tornando-se indesejável, pois é prejudicial ao ambiente, dispendioso economicamente, ineficiente do ponto de vista da engenharia e insustentável devido à necessidade de esforços frequentes em manutenção.

Abordagens de gestão relativamente recentes, voltadas à preservação, reabilitação e recuperação dos rios, refletem, em cada

parte do mundo, as marcas deixadas pelas ações humanas pretéritas, pressões sobre sistemas fluviais em curso, e a capacidade/vontade da sociedade em responder à estas preocupações. As tentativas de melhorar a saúde do rio estão, portanto, subordinadas aos esforços de gerir o espaço e o uso da água, conciliando as atividades humanas com o comportamento natural dos sistemas fluviais.

Segundo Norris e Thoms (1999), tradicionalmente a avaliação da qualidade da água do rio tem se baseado exclusivamente na medição de características físicas, químicas e algumas características biológicas. Embora essas medições possam ser eficientes para regular as descargas de efluentes e proteger as populações humanas, elas não são muito úteis para o gerenciamento em grande escala de bacias hidrográficas ou para avaliar se os ecossistemas fluviais estão sendo protegidos.

Desse modo, o termo "saúde do rio", aplicado à avaliação das condições do rio, é frequentemente visto como análogo à saúde humana, de maneira que a gestão eficiente de uma bacia, passa pela compreensão do comportamento dos rios e as relações estabelecias entre características físicas do ambiente cuja estrutura e função podem ser alteradas pelas atividades humanas.

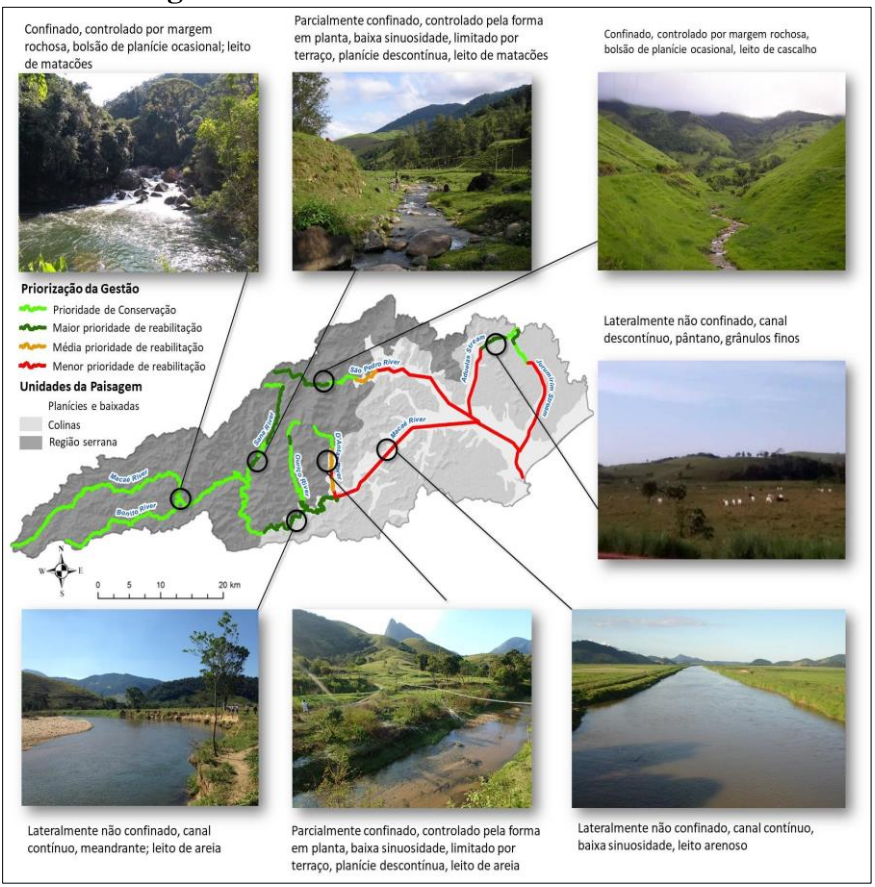
A gestão da biodiversidade implica implicitamente uma compreensão de quais atributos buscamos proteger e como assumimos sua proteção. Normalmente, as aplicações de políticas para a gestão da biodiversidade são aplicadas na escala da ecorregião. Em termos de geodiversidade, a identificação e proteção de tipos de rios raros ou em boa condição geomorfológica é o primeiro passo no planejamento de conservação e reabilitação. O tratamento de riscos a estes locais é um componente central do gerenciamento proativo, contrapondo-se ao foco em ações reativas após a efetivação dos impactos.

A fim de desenvolver uma gestão coerente com a implementação do plano de bacia, é importante buscar um acordo sobre os principais problemas a serem tratados. Isso requer uma visão adequada que explique como um trecho do rio atingiu seu estado atual entender a necessidade de intervenções, tratamentos recomendados e onde/quando devem ser aplicados. Cabe destacar que este modelo de gestão se sustenta no desenvolvimento e implementação de abordagens estratégicas e econômicas de priorização das ações de gestão, buscando maximizar os benefícios e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos negativos colaterais de intervenções estruturais.

A aplicação de um *ethos* de preservação como parte da metodologia dos Estilos Fluviais, pode ser usado para identificar o que deve ser protegido. Isso envolve a determinação de trechos em boas condições como prioritários para a conservação dos habitats associados, antes que sejam perdidos. A aplicação dos princípios de recuperação geomorfológica para informar as opções de gestão do rio na Bacia do Macaé é mostrado na Figura 14.

Neste caso, os trechos do alto curso têm alto potencial de recuperação e devido ao seu bom estado geomorfológico são designados como prioritários para conservação (MARÇAL, *et al.*, 2017). Esses vales montanhosos confinados ajudam a manter o equilíbrio de sedimentos da bacia como um todo, já que deslizamentos de terra são comuns na extensa zona de nascentes, e o rio tem capacidade significativa de liberar sedimentos a jusante neste sistema conectado longitudinalmente. Gerenciar possíveis problemas na fonte é uma consideração importante em um plano de manejo com informações geomorfológicas. Além desta zona, os trechos da bacia hidrográfica com alto potencial de recuperação são considerados de alta prioridade para a reabilitação.

Figura 14 - Priorização das ações de gestão no âmbito da bacia do rio Macaé



Fonte: Brierley *et al.* (2019). Adaptações próprias.

No entanto, coincidente com a confluência do rio Macaé com o rio D'Antas, há uma transição para um trecho de baixa prioridade em áreas a jusante haja vista que as perspectivas de recuperação são muito reduzidas neste trecho do rio em função das profundas modificações induzidas no canal.

Dado o extenso habitat de planície de inundação, as redes de canais descontínuos em brejos e pântanos podem ter papel fundamental como esponjas e filtros na paisagem, sendo apontadas por Marçal *et al.* (2017) também como prioritárias para a conservação e reabilitação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perspectivas de usos ou relações futuras com o rio refletem escolhas sociais e administrativas. Atualmente a bacia do rio Macaé dispõe de uma gama de informações geomorfológicas consistentes para orientar tais deliberações. Neste sentido, o capítulo reuniu importantes contribuições da literatura científica desenvolvidas com diferentes bases de recursos, mas que seguiram princípios extremamente úteis para gerar um entendimento sobre a dinâmica física da bacia.

A aplicação de tais princípios no dia a dia da gestão, entretanto, exige treinamento apropriado em geomorfologia fluvial, para que os as decisões sejam apoiadas por informações adequadas. Idealmente, este tipo de trabalho seria realizado em colaboração direta com agências regionais e/ou nacionais de gestão de recursos hídricos e terrestres.

Cabe ressaltar, que conforme avançam os recursos metodológicos em sensoriamento remoto e técnicas de campo, novas bases de informações tornam-se disponíveis em diversas escalas para a análise das bacias hidrográficas visando apoiar investigações geomorfológicas e sua aplicação em modelos de gestão proativos das terras e águas.

Isso fornece uma base para formulação de aplicativos de monitoramento e modelagem que quantificam as taxas de ajustes e

seus impactos ao longo de um sistema fluvial. Por exemplo, a modelagem numérica é necessária para quantificar as taxas de ajuste do canal e transporte / deposição de sedimentos, incorporando a avaliação de alterações nas condições / regimes hidrológicos e fatores de vegetação (rugosidade). Isso pode incluir a avaliação de "limites de preocupação potencial", identificando e especificando pontos de inflexão em potencial em condições geomorfológicas e ecológicas.

Há um enorme potencial para estabelecer aplicações de gestão baseadas em contextos locais das bacias hidrográficas, a partir de fundamentos da geomorfologia fluvial. No entanto, é fundamental fazer as "perguntas certas" ao conduzir tais análises. O River Styles Framework fornece uma base apropriada para informar tais análises, fornecendo uma plataforma de lançamento de investigações preditivas subsequentes.

Por fim, as mudanças geomorfológicas têm sido relativamente limitadas na bacia do rio Macaé, em especial no seu alto curso. Embora o curso inferior possa estar relativamente "doente", o sistema como um todo se mantém em um nível razoável de funcionalidade geomorfológica e ecológica, de modo que há perspectivas significativas para a recuperação do rio e objetivos de conservação associados, se estratégias de gestão adequadas forem aplicadas. Essas oportunidades são relativamente raras no Estado do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, A.; MARÇAL, M. “Anomalias de drenagem na sub-bacia hidrográfica do rio sana (RJ)”. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia: UFG, 2006.

BELLETTI, B.; RINALDI, M.; BUSSETTINI, M.; COMITI, F.; GURNELL, A.; MAO, L.; NARDI, L.; VEZZA, P. "Characterising physical habitats and fluvial hydromorphology: A new system for the survey and classification of river geomorphic units". **Geomorphology**, vol. 283, 2017.

BIZZI, S.; LERNER, D. "Characterizing physical habitats in rivers using map-derived drivers of fluvial geomorphic processes". **Geomorphology**, vol. 169–170, 2012.

BRIERLEY, G.; FRIYRS, K.; MARÇAL, M.; LIMA, R. "The use of the River Styles Framework as a tool to "work with nature" in managing rivers in Brazil: examples from the Macaé catchment". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 20, n. 4, 2019.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; CULLUM, C.; TADAKI, M.; HUANG, H. Q.; BLUE, B. "Reading the landscape: Integrating the theory and practice of geomorphology to develop place-based understandings of river systems". **Progress in Physical Geography**, vol. 37, n. 601, 2013.

DUARTE, N. S. **Conectividade do sistema de drenagem do rio Sana, afluente do rio Macaé (RJ)** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

FRISSELL, C.; LISS, W.; WARREN, C.; HURLEY, M. "A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed contexto". **Environmental Management**, vol. 10, n. 2, 1986.

FRYIRS, K. "Guiding principles for assessing geomorphic river condition: Application of a framework in the Bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia". **Catena**, vol. 53, n. 1, 2003.

FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. "What's in a name? A naming convention for geomorphic river types using the River Styles Framework". **Plos One**, vol. 13, n. 9, 2018.

FRYIRS, K.; BRIERLEY, G.; MARÇAL, M.; PEIXOTO, M. N.; LIMA, R. "Learning, doing and professional development - The River styles framework as a tool to support the development of coherent and strategic approaches for land and water management in Brazil". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 20, n. 4, 2019.

FULLER, I. C.; REID, H. E.; BRIERLEY, G. J. "Methods in geomorphology: investigating river channel form". *In:* SHRODER, J.; SWITZER, A. D.; KENNEDY, D. M. (eds.). **Methods in Geomorphology**, vol. 14, 2013.

HEILBRON, M.; SOARES, A. C.; NETO, M.; SILVA, L.; TROUW, R.; JANASI, V. "Província Mantiqueira". *In*: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (orgs.). **Geologia do continente Sul-Americano evolução da obra Fernando Flávio Marques Almeida**. São Paulo: BECA, 2004.

KASPRAK, A.; HOUGH-SNEE, N.; BEECHIE, T.; BOUWES, N.; BRIERLEY, G.; CAMP, R.; FRYIRS, K.; IMAKI, H.; JENSEN, M.; O'BRIEN, G. "The blurred line between form and process: a comparison of stream channel classification frameworks". **Plos One**, vol. 11, n. 3, 2016.

KELLERHALS, R.; BRAY, D.; CHURCH, M. "Classification and analysis of river processes". **Journal of the Hydraulics Division**, vol. 102, n. 7, 1976.

KLEINA, M.; PAULA, E.; SANTOS, L. "Análise comparativa dos estilos fluviais do rio Sagrado (Morretes/PR) para os anos de 2006 e 2011". **Revista Geografar**, vol. 9, n. 1, 2014.

KORUP, O.; MCSAVENEY, M.; DAVIES, T. "Sediment generation and delivery from large historic landslides in the Southern Alps, New Zealand". **Geomorphology**, vol. 61, n. 1-2, 2004.

LIMA, R. **Conectividade dos ambientes fluviais**: implicações para avaliação da sensibilidade do sistema de drenagem da bacia do rio Macaé (RJ) (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

LIMA, R.; MARÇAL, M. "Avaliação da condição geomorfológica da bacia do rio Macaé – RJ a partir da metodologia de classificação dos Estilos Fluviais". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 14, n. 2, 2013.

LIMA, R.; MARÇAL, M.; VILLAS BOAS, G. "Levantamento de parâmetros morfométricos em contribuição ao estudo dos estilos fluviais na bacia do rio São Pedro (RJ): uma ferramenta para a gestão ambiental". **Anais do VI SINAGEO/IAG/UGB**. Goiania: UFG, 2006.

MARÇAL, M.; BRIERLEY, G.; LIMA, R. "Using geomorphic understanding of catchment-scale process relationships to support the management of river futures: Macaé Basin, Brazil". **Applied Geography**, vol. 84, 2017.

MARÇAL, M.; CASTRO, A.; LIMA, R. "Geomorfologia fluvial e gestão dos rios no Brasil". **Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira**. Brasília: UGB (no prelo).

MARÇAL, M.; RAMOS, R.; SESSA, J.; FEVRIER, P. "Sedimentação fluvial quaternária no vale do alto curso do rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 16, n. 3, 2015.

MELLO, E.; FRANCISCO, D.; OLIVEIRA, P. "Identificação de estilos de rios em bacias de drenagem inseridas em compartimentos de colinas – Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ)". **Revista de Geografia**, vol. 27, n. 3, 2011.

MENEZES, C.; SALGADO, C. "Classificação de estilos fluviais na bacia do rio Bananeiras (alto vale do rio São João, Silva Jardim – RJ): base para análise da condição geomorfológica". **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 12, n. 3, 2019.

MERINO, E.; ASSINE, M.; PUPIM, F. "Estilos Fluviais e evidências de mudanças ambientais na planície do rio Miranda, Pantanal". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 14, n. 2, 2014.

MONTGOMERY, D.; BUFFINGTON, J. "Channel-reach morphology in mountain drainage basins". **GSA Bulletin**, vol. 109, n. 5, 1997.

NORRIS, R.; THOMS, M. "What is river health". **Freshwater Biology**, vol. 41, 1999.

PIÉGAY, H.; SCHUMM, S. "System approaches in fluvial geomorphology". *In:* KONDOLF, M.; PIEGAY, H. (orgs.). **Tools in fluvial geomorphology**: Wiley: Chichester, 2003.

PRESTES, M.; OLIVEIRA, P.; JENSEN, G. "As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia". **Filosofia e História da Biologia**, vol. 4, n. 1, 2009.

RINALDI, M.; SURIAN, N.; COMITI, F.; BUSSETTINI, M. "A methodological framework for hydromorphological assessment, analysis and monitoring (IDRAIM) aimed at promoting integrated river management". **Geomorphology**, vol. 251, n. 15, 2015.

SILVA, T. **A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro** (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

SOUZA, J.; BARROS, A.; CORREA, A. C. "Estilos fluviais num ambiente semiárido, bacia do Riacho do Saco, Pernambuco". **Finisterra**, vol. 51, n. 102, 2016.

VILLAS BOAS, G.; MARÇAL, M. "Avaliação da sensitividade do sistema fluvial no alto-médio vale do rio Macaé (RJ)". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 14, n. 1, 2013.

CAPÍTULO 2

Processos, Comportamento
e Conectividade do Rio Macaé

PROCESSOS, COMPORTAMENTO E CONECTIVIDADE DO RIO MACAÉ[9]

Pilar Amadeu de Souza

Mônica dos Santos Marçal

O capítulo faz parte de um conjunto de estudos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa em Dinâmica e Gestão de Rios (GEOMORPHOS) vinculado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Atualmente, as pesquisas são realizadas nas principais bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, mas desde 2001 o grupo estuda a Bacia do Rio Macaé e a APA Macaé de Cima, onde se encontram as nascentes dos rios, com a finalidade de construir uma base de conhecimento acerca do comportamento e dinâmica dos processos fluviais e suas implicações sobre os recursos hídricos.

A presente pesquisa corresponde aos resultados alcançados no desenvolvimento tanto da monografia de graduação como da dissertação de mestrado da primeira autora, com orientação da segunda autora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sendo concluído em 2013. A principal motivação da pesquisa pautou-se em levantar informações sobre o comportamento da transferência dos sedimentos nos fluxos d'água entre os compartimentos geomorfológicos existentes ao longo do rio Macaé.

[9] Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado para a primeira autora. Ao grupo de pesquisa GEOMORPHOS/UFRJ, por todo o suporte de dados, ajuda em trabalhos de campo e apoio na realização do trabalho.

Destaca-se que atualmente um dos principais problemas ambientais relacionados às bacias hidrográficas refere-se ao aporte de sedimentos para os canais fluviais que, muitas vezes, poderão ser responsáveis pelo desencadeamento de assoreamento e/ou inundação dos rios. Neste sentido, compreender a maneira pela qual o sistema fluvial se comporta frente às mudanças ambientais, sobretudo no que se relaciona à transferência da carga sedimentar de montante a jusante, ao longo do tempo, configura-se numa importante contribuição para o planejamento dos recursos hídricos. Ressalta-se, ainda, que o aporte sedimentar para os rios está relacionado à evolução natural do vale fluvial, mas este pode ser acelerado, em grande parte, devido ao desmatamento nas encostas e nos fundos dos vales.

A pesquisa desenvolvida buscou analisar a conectividade fluvial (na dimensão longitudinal) do rio Macaé, a fim de identificar padrões de comportamento dos processos fluviais nas transferências dos fluxos hidrossedimentológicos. Tais análises vão à direção de contribuir para uma avaliação mais ampla e necessária sobre o comportamento do sistema fluvial do rio Macaé, sobretudo considerando-se as implicações das mudanças antrópicas ocorridas nos canais e nas áreas de encosta da bacia. Ressalta-se que a APA Macaé de Cima abrange toda a área do alto curso do rio Macaé, sendo fundamental para a proteção das encostas e manutenção da vegetação, onde se buscou destacar a importância que a unidade de conservação desempenha na dinâmica fluvial do rio Macaé.

Vale destacar que para trabalhar com os rios e compreender sua história ambiental requer o conhecimento sobre as características e comportamento dos processos geomorfológicos e hidroecológicos envolvidos, que devem ser associados aos aspectos sociais, econômicos e culturais, no contexto da bacia hidrográfica. Além disso, os processos devem ser analisados a partir da sua trajetória de ajustes, das mudanças ocorridas e dos mecanismos envolvidos nas

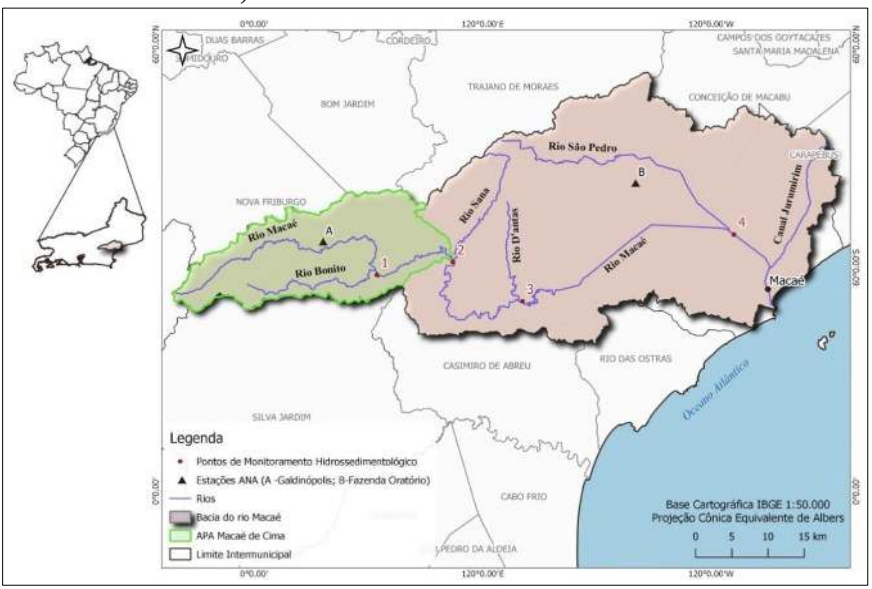
relações de transferência de água e sedimento dentro do sistema, em diferentes escalas espaciais e temporais.

O Rio Macaé tem sua nascente localizada na vertente sul da Serra do Mar, localmente denominada de Serra Macaé de Cima, ao norte do Estado do Rio de Janeiro no município de Nova Friburgo, com altitude aproximada de 1.600 metros. Percorre cerca de 136 quilômetros até desaguar no Oceano Atlântico, próximo à cidade de Macaé. Corresponde ao rio principal da bacia hidrográfica de mesmo nome, que drena área de aproximadamente 1.800 km^2, estando localizada unicamente dentro do estado do Rio de Janeiro e considerada a de maior extensão. Abrange grande parte dos municípios de Macaé e Nova Friburgo e, em menor área, os municípios de Casimiro de Abreu, Conceição de Macacu e Rio das Ostras, sendo também considerada uma das bacias hidrográficas estaduais mais preservadas (Figura 1). Apresenta uma população aproximada de 141.000 habitantes.

Desde 2001, o curso superior do rio configura-se como uma unidade de conservação de uso sustentável denominada APA Macaé de Cima (decreto 29.213 de 14 setembro do mesmo ano). É uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e abrange os municípios de Nova Friburgo e Casimiro de Abreu, nas porções sul e norte respectivamente. Neste trecho que percorre a APA Macaé de Cima o rio Macaé tem desenho sinuoso, desenvolvido em leito rochoso e acidentado, percorrendo cerca de 70 km, com desnível de aproximadamente 1.400 m, até atingir a planície aluvionar da bacia. Até a década de 1960, o curso fluvial inferior caracterizava-se por meandros abertos que serpenteavam a ampla planície de inundação e, atualmente, o canal está retificado apresentando leito fluvial arenoso e mais alargado. As obras de retificação foram realizadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), durante a década de 1960 a 1980 (ASSUMPÇÃO; MARÇAL, 2012). As mudanças no uso e cobertura da terra nos

compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica estão associadas aos processos históricos de desmatamento da densa floresta tropical úmida nas áreas serranas e colinosas, além das áreas de restingas nas áreas litorâneas, desde o período de colonização no século XVI até os dias atuais.

Figura 1 - Localização da Bacia do rio Macaé, destacando-se a APA Macaé de Cima



Fonte: Grupo Geomorphos/UFRJ.

Nota: Apresenta-se a localização dos pontos de monitoramento dos dados hidrossedimentológicos e das estações pluviométricas da ANA.

O capítulo está divido em quatro partes principais, além da introdução, sendo a primeira relacionada a uma breve explanação vinculada ao embasamento teórico e metodológico da pesquisa, que seria sobre o conceito de conectividade da paisagem. A segunda

parte relaciona-se aos resultados e discussões alcançados em relação à conectividade fluvial longitudinal do rio Macaé, a partir das características hidrossedimentológicas. As terceira e quarta partes apresentam as considerações finais e as referências bibliográficas relacionadas à pesquisa desenvolvida.

O QUE É CONECTIVIDADE FLUVIAL?

A abordagem metodológica da pesquisa proposta foi a da conectividade fluvial, a partir da relação entre o fluxo de água e sedimento entre os ambientes fluviais de montante a jusante do rio Macaé. Para isso, o conceito de conectividade foi baseado nos estudos apresentados por Harvey (2002) e Fryirs (2013), onde fundamentam como o sistema de drenagem responde às perturbações naturais e/ou antrópicas, com potencial para contribuir no planejamento ambiental e de recursos hídricos, dentro da perspectiva do balanço sedimentar e dos problemas de assoreamento dos canais.

A palavra conectar significa estabelecer conexão entre partes de um sistema e pode ser considerada como a capacidade que um compartimento tem de interagir com outros compartimentos, desse sistema, pela transferência de informação - seja ela de matéria ou energia (FRYIRS, 2013). De acordo com a autora, a conectividade também pode ser denominada de ‘acoplamento’ e tem feito cada vez mais, parte das discussões ou explicações em diversos campos que buscam entender as interações dentro da própria paisagem, como na Geomorfologia.

Ressalta-se que o conceito de conectividade abordado por Havey (2002) consiste em estabelecer conexão entre partes de um sistema e pode ser considerado como a capacidade de um dispositivo de se conectar com outros dispositivos e transferir informação. Devido à necessidade, do ponto de vista das ciências ambientais, de

entender a interação sociedade-paisagem e/ou as interações dentro da própria paisagem, é um conceito que vem sendo abordado com frequência nas questões ambientais (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; FRYIRS, 2013; WOHL *et al*., 2017). O conceito foi introduzido na Geomorfologia por Brunsden e Thornes (1979), com ênfase no entendimento no funcionamento integrado de sistemas fluviais.

Alguns estudos consideram que a conectividade de uma paisagem ocorre pela transferência de matéria e energia entre (intercompartimentos) ou dentro (intracompartimentos) dos diferentes setores geomorfológicos de um sistema ambiental. E, além disso, pode ser vista tanto pelo contato físico dos compartimentos (conectividade estrutural) como pela transferência de material, seja de sedimentos, água e nutrientes (conectividade funcional), ou por ambos (HOOKE, 2003; WAINWRIGHT *et al.*, 2011; BRACKEN *et al*., 2013; LIU; FU, 2016; HECKMANN *et al*., 2018).

Para Fryirs (2013), a conectividade entre ambientes de uma paisagem tende a variar de forma *temporal* e e*spacial*, onde a primeira, oscila através de processos com diferentes magnitudes e frequências. Já a segunda pode ser segmentada em três tipos de dimensões: (1) longitudinal com relações de transporte de sedimentos no âmbito da rede de canais seja dentro do próprio canal e ou nos tributários com o rio principal; (2) lateral, na qual envolve relações entre diferentes compartimentos (encosta-canal ou canal-planície de inundação); e a (3) vertical que estabelece trocas químicas, biológicas e hidrológicas entre ambientes sub e superficiais em uma bacia hidrográfica.

Assim, a conectividade fluvial é um conceito que pode ser trabalhado em diferentes escalas temporais e em diferentes dimensões espaciais. E é fundamental para analisar o estado de um sistema, seja ele de ligação ou de fragmentação. O estado de ligação reflete a continuidade e os encaminhamentos dos fluxos de água e

partículas, em um determinado intervalo de tempo. E o estado de fragmentação reflete a não continuidade de transferência de matéria e energia para as partes mais baixas do rio, podendo implicar em riscos de degradação e desconstrução dos processos atuantes na paisagem (SCHUMM, 1981; THOMAS, 2001; HOOKE, 2003; FRYIRS *et al.,* 2007; MUCHAILH *et al*., 2010; HECKMANN *et al*., 2018).

Neste sentido, apresenta-se aqui o resultado das análises sobre comportamento dos processos fluviais do rio Macaé, tendo como base a identificação dos padrões de conectividade longitudinal (de montante à jusante) nas relações de transporte entre água e sedimento (comportamento hidrossedimentológico) nos ambientes fluviais identificados.

RESULTADOS

Conectividade fluvial do rio Macaé. Características das chuvas e as implicações nos processos fluviais

A fim de identificar os tipos de conectividades fluviais presente no rio Macaé sob a perspectiva longitudinal, a pesquisa em questão utilizou dados hidrosedimentológicos referente ao site da ANA (Agência Nacional de Águas) e também dados coletados em trabalhos de campo (em seções transversais; referente à velocidade do fluxo, no baixo curso e à coleta de sedimentos fluviais) em pontos diversos do canal fluvial, denominados de Pontos de Monitoramento ‘1, 2, 3 e 4’ e que estão localizados após a desembocadura dos principais afluentes ao rio Macaé (ver Figura 1).

Estes dados foram usados com o objetivo de compreender o comportamento da chuva, da vazão e dos processos sedimentológicos oriundos, predominantes no rio Macaé. Os dados

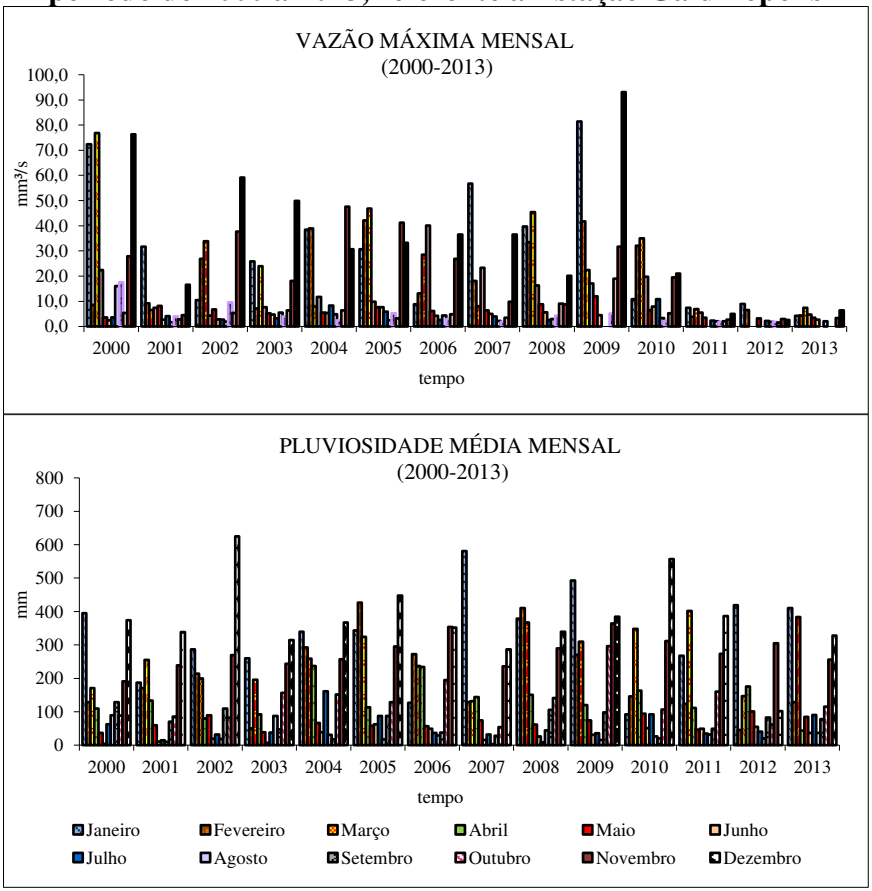
pluvio e fluviométricos foram obtidos pela série histórica da ANA em 2013 referente às Estações Plúvio-Fluviométrica de Galdinópolis (740m de altitude), localizada no alto curso, e Pluviométrica da Fazenda Oratória (50m de altitude), no baixo curso. Na análise sedimentológica foi utilizada somente cargas sedimentares de fundo (métodos de Granulometria; Grau de Arredondamento; e de Seleção) e de suspensão (método de Filtragem), ambas coletadas nos pontos de monitoramento 1, 2, 3 e 4, em meses estratégicos, isto é, meses de Março/Abril (épocas mais chuvosas na bacia); meses de Junho, Julho e Setembro/Outubro (épocas menos chuvosas na bacia), e analisados no Laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho Meis, localizado no Departamento de Geografia da UFRJ.

O padrão temporal e espacial das coletas de monitoramento buscou refletir as variações climáticas da área da bacia. Isto porque a bacia do rio Macaé é marcada por dois tipos de climas principais, o Tropical e o Tropical de Altitude e ambos implicam em características pluviométricas para toda a sua área com dois regimes pluviais bem definidos: o período de inverno marcado por épocas menos chuvosas e o período de verão caracterizado pelas maiores médias pluviométricas (NASCIMENTO *et al*., 2010). Além disso, o Tropical (Ao) predomina nas áreas mais baixas da bacia, com chuvas intensas no verão e no outono, com temperaturas médias anuais acima de 18 ºC e inverno seco. E o Tropical de Altitude (Aw) abrange a maior parte da região serrana, com elevada e irregular precipitação (chuvas convectivas), com médias de 1.500 e 2.000 mm/ano.

Assim, observou-se que, o padrão de precipitação e vazão mensal analisado durante a série de 13 anos da ANA, para áreas de alto e médio curso da bacia, se manteve relativamente estável. Segundo os dados registrados na Estação Plúvio-Fluviométrica de Galdinópolis, os meses de dezembro, janeiro e março foram os que apresentaram os maiores índices pluviométricos (variando de 300

mm a 600 mm). Porém, foram nos meses de março em que foram registradas as maiores descargas e nos meses de junho e julho, o período mais seco na bacia (média 28,7 mm e 54,7 mm, respectivamente) (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Distribuição das vazões máximas mensais e chuvas durante o período de 2000 a 2013, referente à Estação Galdinópolis

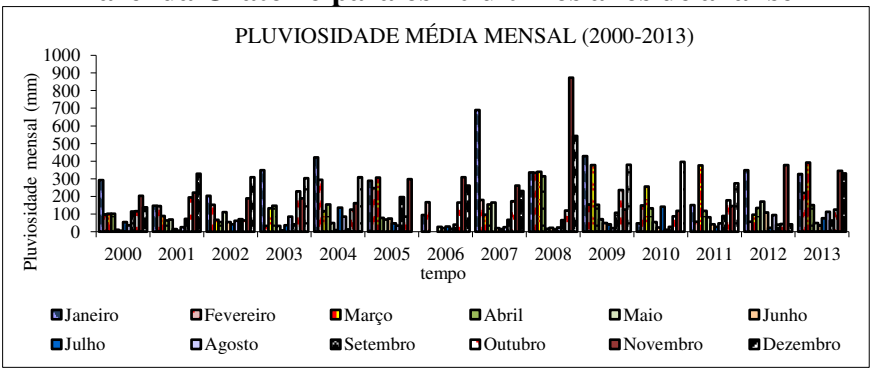


Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas.

Ainda nesta parte alta da bacia, pode-se dizer que o sistema de drenagem do rio Macaé se caracterizou por uma boa correspondência em relação aos índices pluviométricos e os índices de vazão. Isto é, quando houve aumento de chuva, os valores de vazões tenderam a aumentar também e o contrário acontecendo quando ocorria redução no quantitativo de chuvas. Além disso, as vazões máximas tenderam a apresentar picos de descarga bem definidos, com as máximas chegando a 80 m³/s durante os meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e março) e atingindo cerca de 2,5 m³/s em períodos mais secos (meses de junho e julho) (Gráfico 1).

Ressalta-se que apesar os meses do meio do ano, junho e julho, serem caracterizados por baixos índices pluviométricos, apresentaram nos anos de 2004 e 2005 um aumento na quantidade de chuvas (e 161,5 mm e 87,6 mm, respectivamente). Contudo, esse aumento ainda assim não foi acompanhado pelo aumento nos registros das vazões, isto é, não houve correspondência do pico das descargas com o aumento das chuvas, permanecendo com descargas baixas e com pouca capacidade de transporte.

Gráfico 2 - Gráfico da distribuição temporal das chuvas mensais da Estação Fazenda Oratório para os 10 últimos anos de análise



Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas.

No baixo curso da bacia e com base na série histórica de chuvas dos 13 anos analisados da Estação Fazenda Oratória, constatou-se que os índices pluviométricos mensais se mantiveram, ao longo do tempo, relativamente baixos, variando em média de 250 mm, com picos nos anos de 2007 (690,7 mm em janeiro) e no ano de 2008 (873,6 mm em novembro). Destaca-se que de forma quase similar ao que ocorreu no alto curso, os meses de outubro, dezembro, janeiro e março apresentaram os maiores índices pluviométricos, sendo o último mês o mais instável (Gráfico 2).

Tabela 1 - Vazão (em m³/s) calculada a partir de dados da velocidade do fluxo coletados em trabalho de campo, no baixo curso da bacia do rio Macaé (outubro de 2007 a outubro de 2013)

Ano	Mês	Ponto de Monitoramento depois dos rios	
		3 (Rio D'antas)	**4** (Rio São Pedro)
2007	**Outubro**	12,1	19,5
2008	**Março**	59,4	39,7
	Outubro	6,7	21,5
2009	**Março**	62,4	36,7
	Outubro	15,8	8,6
2010	**Março**	11,9	62,3
2012	**Março**	15,6	23,8
2013	**Outubro**	78,9	21,95

Fonte: Elaboração própria.

Com relação às descargas fluviais do baixo curso da bacia, calculadas a partir dos dados de velocidades do fluxo coletados em trabalhos de campo, observou-se que as vazões médias refletiram uma discordância em relação aos índices de pluviosidade dos meses

de outubro (2007 a 2009) e de março (2008 a 2010). Já os meses de outubro apresentaram valores bem inferiores, com dados variando de 6,7 m³/s a 21 m³/s e nos meses de março, embora apresentasse chuvas mais instáveis, atingiram valores acima de 50 m³/s (Tabela 1).

Portanto, ao comparar as chuvas e vazões nas duas partes da bacia Macaé, alta/média e baixa, conclui-se que os valores mensais de pluviosidade e vazão foram semelhantes na maior parte das vezes, com picos de chuva pontuais e com aumento ou decréscimo de descargas fluviais correspondentes. Além disso, no baixo curso do rio, a vazão tende a ser mais elevada, provavelmente devido ao processo de retificação que o rio Macaé e os seus afluentes próximos passaram na década de 1930.

Quanto às análises realizadas nas cargas de fundo, percebeu-se um equilíbrio na variação granulométrica e no grau de arredondamento em todo o seu percurso. Isto é, em todas as partes de coleta no rio, prevalece a caracterização granulométrica do tipo areia grossa a média com graus arredondados e com selecionamento moderado. Enquanto as cargas de suspensão prevaleceram com valores baixos, sendo que o ponto localizado após a desembocadura do rio São Pedro (Ponto de Monitoramento 4 – Figura 1), foi o único que apresentou valores mais constante e expressivo, ao longo do período analisado.

O alto curso da bacia (Ponto de Monitoramento 1 - Figura 1) foi caracterizado predominantemente pela carga sólida de grande calibre (blocos rochosos, matacões, seixos e grânulos) e baixa concentração de sedimentos em suspensão (Tabela 2). Enquanto o médio e baixo curso da bacia Macaé (Ponto de Monitoramento 3 e 4 – Figura 1) também foram caracterizados de forma semelhante quanto a descarga sólida, apresentando, assim, predominantemente seixos, grânulos e areia grossa, com elevado arredondamento. Tal constatação contradiz o que era esperado nesta posição da bacia,

devido a sua configuração geomorfológica, isto é, embora se esperasse encontrar partículas com grande retrabalho nas arestas, devido todo o trabalho que elas percorreram do alto até o baixo curso, não é dito o mesmo para o tamanho das partículas, exatamente por todo o desgaste que passaram ao longo do percurso do rio. Ressaltando, mais uma vez, a possível interferência da retificação da bacia, na medida em que é um processo que altera a velocidade do fluxo à jusante do canal principal e consequentemente, influencia no aumento da competência do mesmo em carrear partículas maiores até sua desembocadura.

Tabela 2 - Concentração de sedimentos em suspensão (gramas) durante o período dos anos de 2007 a 2013

Ano	Mês	Pontos de Monitoramento – Depois dos rios			
		1 (Rio Bonito)	2 (Rio Sana)	3 (Rio D'antas)	4 (Rio São Pedro)
2007	**Outubro**	0,027	0,022	0,028	0,034
2008	**Março**	---	0,017	---	0,053
	Outubro	---	0,043	0,047	0,035
2010	**Março**	---	---	0,025	0,031
2011	**Março**	---	---	---	0,061
2012	**Março**	0,010	0,010	---	0,040
2013	**Outubro**	0,002	0,004	0,003	---

Fonte: Elaboração própria.

O perfil longitudinal e a espacialização do comportamento hidrossedimentológico

Para a caracterização geomorfológica, foi elaborado e analisado o perfil longitudinal do canal Macaé, a partir do MDT

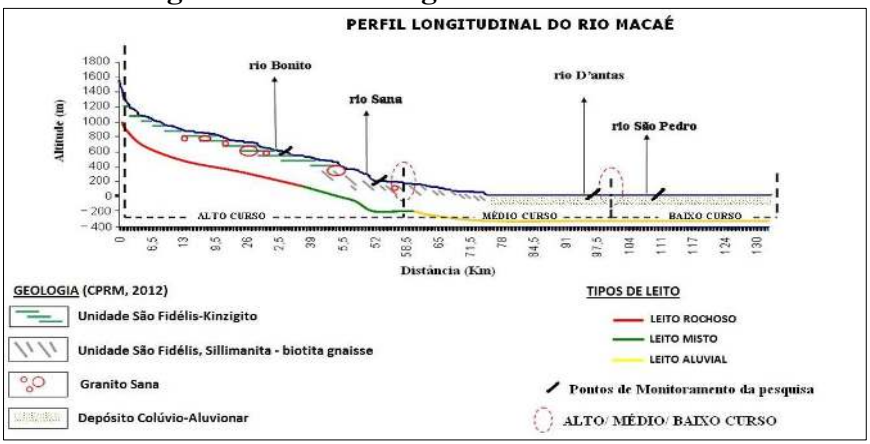
utilizando a ferramenta *Topograph Profile do ArcGis* 9.3, com base cartográfica 1:50.000 do IBGE. Juntamente com análises de Índices Morfométricos do canal Macaé (como o Índice de Sinuosidade, de acordo com Strahler (1957); a Declividade Média segundo Schumm (1977); e o Índice de Rugosidade do canal, segundo o autor Christofoletti (1980). Como também, foi realizado o Mapeamento em planta das feições deposicionais presentes no alto, médio e baixo curso do rio Macaé através da análise de imagens de satélite do Google Earth dos períodos de 2003, 2006, 2010 e 2013, com vetorização em partes selecionadas do canal e em escala aproximada 1:10.000.

Segundo o Perfil Longitudinal do rio Macaé e o cálculo dos parâmetros morfométricos, o rio Macaé foi segmentado em alto, médio e baixo curso (Figura 2). A primeira ruptura divide o rio a partir das nascentes do Alto Curso até aproximadamente o km 50, próxima à confluência do rio Sana. Neste segmento, o rio Macaé percorre cerca de 60 km e apresenta o perfil convexo, com Declividade Média de 2,5%. O canal é caracterizado por leito rochoso, com vales confinados e, portanto, apresenta baixa sinuosidade (1,7 Km) e elevada rugosidade (3,06).

Na sequência, a segunda ruptura está mais a jusante, próximo ao km 77, no início da retificação do rio, correspondendo ao limite mais à jusante do seu médio curso. Neste segmento, o rio Macaé percorre cerca de 40 km, com desnível de 20 metros em relação ao trecho anterior, apresenta perfil convexo só que de uma forma mais suave, com uma maior sinuosidade (2,05 Km) e com o gradiente diminuindo cerca de 1,5% em relação ao trecho anterior (Declividade Média de 1%), dissipando a energia e reduzindo a velocidade de fluxo. O leito é caracterizado pela presença de blocos de rochas de variados tamanhos, entremeado a sedimentos mais silto-arenosos que englobam grande parte das Serras locais, com consequente redução da rugosidade (0,07). E o terceiro segmento,

referente ao baixo curso, corresponde a toda parte retificada do rio, indo até a sua desembocadura, com leito aluvial de textura bastante arenosa e com declividade média do canal muito baixa de 0,08%, Sinuosidade 1,04 Km e 0,06 de Rugosidade, também muito baixos, como o esperado (Figura 2).

Figura 2 - Perfil Longitudinal do rio Macaé



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Perfil Longitudinal do rio Macaé com a identificação do alto, médio e baixo curso; as principais unidades geológicas, tipos de leitos e localização dos Pontos de Monitoramento da pesquisa.

E segundo o mapeamento em perspectiva da planta da morfologia canal e das feições geomorfológicas, no tempo e no espaço, pode ser mais um indicativo de possíveis mudanças nos processos de mobilização de sedimentos. É através deste processo que se observam as condições, rotas e distâncias percorridas entre as fontes e as saídas dos sedimentos. Assim, como as impedâncias podem interferir na circulação de partículas ao longo do percurso, possibilitando ou embairrerando a distribuição de sedimentos, o fluxo e modificando, por sua vez, a conectividade da paisagem como um todo (SUMMERFIELD,1991; BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Tabela 4 - Feições deposicionais encontradas no canal Macaé durante o período de 2003 a 2013

Feição Morfológica-Deposicional	*Traduzido e adaptado de BRIERLEY E FRYIRS (2005)*	*Localização no rio Macaé*	*Descrição das feições identificadas*
Blocos rochosos diversificados	Matacões, blocos, calhais e seixos, depositados em condições de grande magnitude, quando a competência do fluxo diminui	alto e médio curso	Diferentes tamanhos apresentam-se de forma aglomerada e/ou próximas a ilhas fluviais no alto curso. São estáveis em função dos grandes calibres
Ilhas fluviais	Depósitos de centro de canal com presença de vegetação. Possuem certa estabilidade e são formadas por materiais mais grosseiros que as barras	alto, médio, baixo curso	Apresentam-se em diferentes tamanhos e são, muitas vezes, vegetadas, com blocos rochosos as margeando
Barras Longitudinais	Depósitos de centro de canal, alongados. São compostos por sedimentos finos e grosseiros. Diferenciam-se das ilhas pela ausência de vegetação e alta instabilidade	médio e baixo curso	Apresentam-se em diferentes tamanhos
Barras Submersas	----------	médio e baixo curso	Apresentam-se em diferentes tamanhos e épocas de vazão
Delta fluvial	Formadas em locais de confluência de rios, onde a carga sedimentar depositada é maior que a carreada pela erosão	médio curso	Apresenta-se somente na confluência com o rio D'antas, com variações de tamanho ao longo do tempo
Barra Lateral	Composta por areia e cascalho, desenvolvida junto à margem do canal em trechos estreitos e em lados alternados do canal, induzindo no aumento da sinuosidade do fluxo. São formados em períodos intermediários de recessão do fluxo, por processos de aumento lateral ou oblíquo	médio e baixo curso	Apresentam-se, geralmente, em forma alongada
Barra de Pontal	Porção arenosa localizada na margem convexa dos rios ou em algumas ilhas fluviais que ficam descobertas durante a vazante do rio. São resultantes da deposição na margem convexa e erosão na margem côncava. A carga de fundo (areia e cascalho) é movida por tração em direção à margem convexa por fluxo helicoidal	médio curso	Possuem tamanhos variados e apresentam-se na margem convexa dos meandros

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Suas respectivas apresentações por Brierley e Fryirs (2005), traduções e descrições.

Entende-se que quando o material não pode ser transportado à jusante, ele é armazenado temporalmente, até que ele possa ser transportado de novo. Geralmente este processo implica em movimentos laterais do canal e ou em um assoreamento dentro do corpo d'agua. Contudo, é um comportamento que tende a cessar a transferência de sedimentos ao longo do rio e, consequentemente, a conectividade do local. E, que por sua vez só é reestabelecida quando ocorre renovação de transporte, podendo demorar dezenas de anos em um canal muito móvel ou em milhares de anos nos canais lateralmente estáveis (CHURCH; JONES, 1982; HOOKE, 2003; BRIERLEY *et al*., 2006; FRYIRS *et al*., 2013).

Através dos mapeamentos temporais, foi possível identificar 7 feições dentro do rio Macaé e nas suas margens: *Matacão ou Bloco Rochoso; Barra Lateral*; *Ilhas Fluviais; Barras Longitudinais*, *Barras Submersas*, *Delta Fluvial*; *Barra de Pontal* (Tabela 4). Sendo que algumas feições ocorrerem em mais de um tipo de parte dentro do canal Macaé e a maneira com que elas se configuram permitiu identificar diferentes sequências e padrões de comportamento, podendo inferir sobre os processos atuantes, em cada trecho descrito.

Diante do conjunto de análises realizadas, identificaram-se quatro Trechos Fluviais com diferentes comportamentos relação à transferência longitudinal de sedimentos fluviais.

O primeiro trecho (Trecho Fluvial I) está localizado no alto curso do rio Macaé, marcado por vales confinados e leito rochoso. Por apresentar características como baixa Sinuosidade do canal (1,5 km/km); Declividade média e Índice de Rugosidade do leito elevados (2,5% e 2,5 respectivamente) constitui uma parte do canal com forte escoamento superficial e elevada energia de transferência de sedimentos à jusante. Configura uma área com predominância de matacões e blocos rochosos, dispostos na margem e no centro do canal em diferentes posições (Figura 3).

Figura 3 - Trecho do rio Macaé



Fonte: Trabalho de campo.

Nota: A. Vale confinado. B. Com ocorrência de blocos rochosos dispostos em diferentes posições no rio.

O mapeamento temporal das imagens de satélite, nos períodos mencionados, indicou que as feições rochosas predominantes nesta parte do canal eram estáveis e de difícil locomoção em função dos seus pesos e tamanhos, não sendo mobilizados, passando, somente, por um retrabalhamento de fluxo d'água local, no regime de cheias. As próprias características hidrossedimentológicas, do compartimento em questão, corroboram para esta afirmativa, na medida em que prevaleceu, no período analisado, de forma majoritária, o transporte de sedimentos com granulometria mais finas. Mesmo em épocas em que há aumento de chuva e também com correspondência de aumento de vazão máxima (10 a 20m³/s nos meses mais chuvosos de dezembro a março), não há turbulência do fluxo de água suficiente para mobilizar os sedimentos fluviais de alto calibre presentes na maior parte do alto curso.

O segundo trecho identificado, denominado de Trecho Fluvial II, apresenta 24 km de extensão e está inserido no segmento correspondente ao final do alto e início do médio curso do rio, com áreas de vale confinado. Foi caracterizado por um aumento na

Sinuosidade do canal (2,2 km/km), redução da Declividade Média (1,6%) e com o Índice de Rugosidade do leito moderado (0,7) (Figura 4). Apresenta ilhas vegetadas com blocos rochosos dispostos em diferentes posições, porém são mais concentradas à montante, principalmente após períodos de vazões elevadas (meses de março e abril). Já mais à jusante, as ilhas apresentaram-se, no período analisado, mais estável em função da vegetação existente e pela presença de blocos rochosos, na medida em que dificultam a passagem do fluxo superficial, aumentando a retenção de sedimentos vindos da nascente e das vertentes em vales confinados diretamente ao canal.

Figura 4 - Trecho do rio Macaé



Fonte: Trabalho de campo.

Nota: A e B confluência com o rio Sana mostrando a ocorrência de ilhas vegetadas e blocos rochosos ao longo do rio.

O comportamento hidrológico, neste segundo trecho, caracterizou-se por vazões máximas baixas (em torno de 10m³/s) que não exercem significativa contribuição na transferência de sedimentos de fundo às partes mais baixas do rio (mesmo em épocas de aumento progressivo de chuva, junho/2004 e julho/2005, como também nos meses de maior pluviosidade março e outubro). Embora a transferência de sedimento seja maior nos meses mais chuvosos,

ocorre maior dissipação de energia em decorrência da diminuição da declividade e do confinamento do vale, tornando a transferência de material fluvial, neste trecho, mais lenta, e apresentando uma dinâmica sedimentológica com poucas alterações.

O terceiro trecho, denominado de Trecho Fluvial III, localizado no médio curso do rio Macaé com vales semi-confinados, possui 23 km de extensão. Apresenta Sinuosidade relativamente alta (1,6 km/km), Declividade Média moderada e Índice de Rugosidade muito baixos (0,13% e 0,06 respectivamente) (Figura 5).

Figura 5 - Trecho do rio Macaé

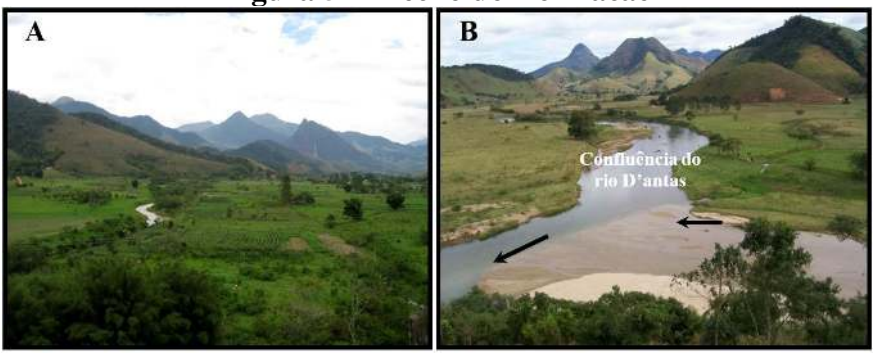


Foto: Trabalho de campo.

Nota: A. Vale não confinado. B. Na confluência com o rio D'antas mostrando a sinuosidade do rio Macaé.

Nesta parte do rio, foram identificadas inúmeras sequências alternadas de feições arenosas, como barras submersas, barras laterais, barras longitudinais e barras de pontais. A dinâmica e morfologia dessas feições estão diretamente relacionadas ao regime hidrológico da área como também do aporte de sedimentos vindo do alto curso. Dessa maneira, quando o rio apresenta descargas fluviais reduzidas, com baixa capacidade de transporte de sedimentos, elas tendem a acumular mais sedimentos de fundo (barras submersas),

sofrendo processos de deposição e estabilização da circulação de fluxo a jusante. Já em cheias maiores, elas apresentam característica de migração, sendo erodidas e fornecendo sucessivas passagens de fluxos e partículas às barras laterais e longitudinais (e vice-versa), propiciando um retrabalhamento, tanto lateral como vertical, das mesmas e dinamizando as transferências de partículas no rio em direção ao baixo curso.

Sendo pela configuração das feições geomorfológicas, o padrão de sinuosidade do canal e a alta produção de sedimentos vinda do alto curso, neste terceiro trecho, ocorrem em processos mais lentos de transporte de sedimentos fluviais, dependendo quase que diretamente da flutuação de cheias para movimentação das partículas a jusante. E ressalta-se que devido às diferentes disposições de sequências de feições deposicionais encontradas, o Trecho Fluvial III foi subdividido em dois subtrechos. O primeiro subtrecho (Trecho Fluvial III – I), a montante, possui cerca de 10 km e era fortemente marcado por curvas de meandros bem abertas com Índice de Sinuosidade de 1,4 km/km, Declividade Média de 0,11%, Índice de Rugosidade de 0,03. Também apresenta predominantemente sequências alternadas de barras de pontal longitudinais e laterais e barras submersas, evidenciando os reflexos das vazões do alto curso do rio Macaé. Já o segundo subtrecho (Trecho Fluvial III – II), localizado mais a jusante, com cerca de 10 km, é marcado pela presença de curvas meândricas mais fechadas com sinuosidade de 2 km/km, Declividade Média de 0,15% e Rugosidade de 0,03, e apresenta as maiores oscilações com a presença de barras de pontal e submersas.

O quarto e último trecho, denominado de Trecho Fluvial IV, localizado no segmento do baixo curso do rio Macaé, na parte retificada do canal, apresenta cerca de 40 km extensão e a mais baixa sinuosidade dos quatro trechos, com valores chegando a 1,3 km/km.

Além disso, apresenta Índices de Declividade Média e Rugosidades muito baixos (0,05% e 0,04, respectivamente), também (Figura 6).

Figura 6 - Trecho do rio Macaé



Foto: Trabalho de campo.

Nota: A e B canal retificado com amplas planícies aluviais.

Este último trecho fluvial também foi subdivido em dois outros subtrechos em função da espacialização das suas feições fluviais. O primeiro subtrecho (Trecho Fluvial IV- I) vai até próximo à confluência com o rio São Pedro, com 23 km de extensão. Apresentava Sinuosidade de 1,09 km/km, Declividade Média de 0,08 % e Índice de Rugosidade de 0,04, com grandes variações de ocorrências de barras submersas nas margens do rio. O segundo subtrecho (Trecho Fluvial IV- II), localizado mais à jusante, apresenta cerca de 15 km de extensão, sinuosidade de 1,1 km/km; declividade média de 0,13% e rugosidade de 0,04. É caracterizado pela presença escassa de barras submersas (tenderam a aparecer somente em certos períodos de vazão baixa e nas partes próxima à foz) e uma maior oscilação de pequenas ilhas fluviais vegetadas.

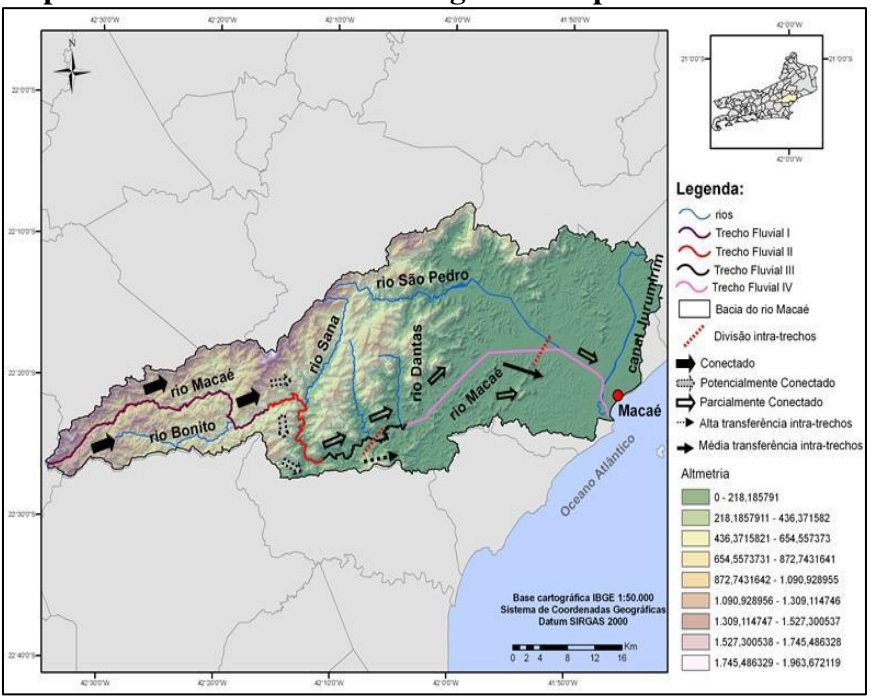
O rio Macaé e os padrões de conectividade fluvial longitudinal

Para realizar a setorização do rio Macaé em diferentes ambientes fluviais foi utilizada a metodologia dos Estilos Fluviais de Brierley e Fryirs (2005), na qual consideravam que diferentes segmentos de um rio podem ser caracterizados e classificados por um conjunto de suas características geomorfológicas e hidrodinâmicas. Esta classificação foi baseada no caráter (estrutura geomorfológica do rio) e comportamento (características hidráulicas do canal e susceptibilidade a mudanças) para cada tipo de rio. Dessa forma, um só rio pode apresentar diferentes classificações de compartimentação (recebendo a denominação de ambientes; trechos; setores) mesmo que cada trecho fluvial interaja de maneira particular com a paisagem em seu entorno.

Já a classificação dos padrões de Conectividade Longitudinal, na bacia do rio Macaé, foi baseada nas classes de conectividade propostas na metodologia de Hooke (2003). O autor estabeleceu, em seu estudo, quatro possíveis classificações: (1) Conectividade caracterizada como *Conectada*, onde os sedimentos fluviais se movem frequentemente dentro do sistema do canal e são transportados por eventos normais de cheias e, geralmente, podem ficar armazenados durante um tempo; (2) Conectividade caracterizada como *Parcialmente Conectada* entre ambientes, onde ocorre um pequeno transporte de sedimentos grosseiros entre uma parte do canal e outra a jusante, ocasionalmente, em eventos extremos; (3) Conectividade *Potencialmente Conectada*, onde há muita transferência de sedimentos grosseiros de uma parte do canal para outra mais a jusante, em função da alta disponibilidade de sedimentos a serem transportados e grande quantidade de fluxo de água; e (4) Conectividade *Sem Conexão*, onde as partes do canal funcionam quase independentemente uma da outra, na medida em

que ocorre falta de competência do fluxo e consequente baixa propagação de efeitos.

Figura 7 - Diferentes trechos fluviais e os padrões de conectividades longitudinais para o rio Macaé



Fonte: Amadeu (2011).

Após o desenvolvimento da pesquisa em questão foram identificados, somente, três tipos de conectividade longitudinal na bacia do rio Macaé, a partir de se seus processos e comportamentos hidrossedimentológicos: 1) *Conectado;* 2) *Parcialmente Conectado;* e 3) *Potencialmente Conectado* (Figura 7 e Tabela 5).

Tabela 5 - Principais características físicas, morfométricas e os Padrões de Conectividade Longitudinal entre os quatro trechos fluviais identificados no rio Macaé

Parâmetros	Trecho I	Trecho II	Trecho III	Trecho IV
	51 Km	*24 km*	*23 Km*	*38 Km*
Sinuosidade (Km/Km)	Baixa (1,54)	Elevada (2,18)	Moderada (1,64)	Retificado (1,31)
Declividade Média (m)	0,025	0,016	0,0013	0,0005
Rugosidade do Leito	2,54	0,776	0,0582	0,0388
Unidades Geológicas / Leito Fluvial	São Fidélis; Granito Sana / Leito Rochoso	São Fidélis; Granito Sana; Depósito Colúvio - Aluvionar / Leito Misto	São Fidélis; Búzios/ Leito Aluvial	São Fidélis; Búzios; Região dos Lagos; Depósito Litorâneo / Leito Aluvial e Arenoso
Compartimentos Geomorfológicos / Configuração do Vale	Morros a Serras/ Vale Encaixado	Serras Escarpadas / Vale Encaixados	Planíceis Fluviais a Serras / Vale Semi-Encaixado	Morros e Colunas; Planícies Fluviais / Vale Aberto
Pluviosidade / Vazão	Alta / Alta	Alta/ Alta	Alta/ Média	Baixa/ Alta
Depósitos Fluviais e Carga de Fundo	Aglomeração de Blocos Rochosos; grãos arenosos; subangulosos	Ilhas Vegetadas; Seixos subarredondados	Barras Arenosas; Delta Fluvial; grãos arenosos subarredondados	Barras Arenosas submersas e longitudinais; Ilhas Fluviais; areia grossa e subangulosa; Silte e Argila
Carga Sólida em Suspensão	---	Baixa (0,0185)	Média (0,022)	Média (0,034)
Conectividade Longitudinal Hidrossedimentológica ENTRE Trechos	Altamente Conectado	Potencialmente Conectado	Parcialmente Conectado	Parcialmente Conectado
Conectevidade Longitudinal Hidrossedimentológica INTRA Trechos	---	---	Alta Transferência	Média Transferência

Fonte: Elaboração própria.

Considerou-se que o Trecho Fluvial I apresenta Conectividade Longitudinal Conectada em relação ao Trecho Fluvial II. Suas características geológico-geomorfológicas de elevado gradiente, o forte controle geológico/estrutural, o canal bem

entalhado com elevada capacidade de produção de sedimentos foram fatores que propiciaram uma intensa velocidade do fluxo de água do rio em transferir, de forma constante, as partículas deste trecho para às partes mais baixas. Assim como, a elevada transferência de sedimentos de fundo com granulometria caracterizada de areia muito grossa a média à jusante e a reduzida presença de barreiras geomorfológicas, ao longo do seu percurso, foram, também, indicativos de que este primeiro trecho apresentava conectividade contínua em relação ao trecho seguinte (Tabela 5 e Figura 7).

Já para o Trecho Fluvial II foi classificado como um compartimento de **Conectividade Longitudinal** com características **Potencialmente Conectada** em relação ao trecho subsequente, o terceiro trecho. A região apresenta características geológico/estruturais que favorecem a redução na fluidez da transferência de partículas, como as próprias características do canal fluvial, como a redução do seu gradiente e também a forte presença de inúmeros níveis de base locais bem expressivos (após a confluência do rio Sana). Tais *nick-points* acabam induzindo a formação de ilhas vegetadas de grande porte margeadas, muitas vezes, por blocos rochosos, seixos e matacões. Porém, de uma maneira em geral, predomina uma boa circulação de sedimento de fundo de granulometria do tipo areia grossa a fina, como também os sedimentos de suspensão à jusante, porém forma mais lenta (Tabela 5 e Figura 7).

Em relação ao Trecho Fluvial III, considerou-se que apresenta uma **Conectividade Longitudinal Parcialmente Conectada** em relação ao último trecho identificado no canal. Isto é, a transferência de sedimentos fluviais de fundo inter-trecho foi considerada mais baixa, em decorrência da forte retenção de sedimentos em feições deposicionais arenosas presentes ao longo desta parte do rio. É uma área cujo canal é marcado por baixa declividade, fato este que limita a energia do fluxo de água e,

consequentemente, a sua capacidade de transporte de sedimentos. Nesse trecho a transferência de sedimentos de fundo teve a tendência a ocorrer de acordo com a variabilidade das descargas, ou seja, se a vazão foi baixa, a transferência ocorria no próprio leito do rio (entre barras submersas). Na medida em que a vazão aumentava, as trocas de sedimentos passavam a acontecer do leito para barras arenosas emersas (e vice-versa), ou de barras emersas para barras emersas (barras laterais para longitudinais ou vice-versa). Contudo, a dinâmica de transferência de partículas entre os seus subtrechos foi bastante eficiente, apresentando alta conectividade com contínua passagem de sedimentos fluviais de barras laterais e longitudinais (no 1º subtrecho) para barras de pontais (no 2º subtrecho), como também com progressiva mudança na largura do canal ao longo do tempo (Tabela 5 e Figura 7).

Semelhante ao terceiro trecho, o Trecho Fluvial IV, e último, foi também caracterizado como uma parte do canal tendo uma **Conectividade Longitudinal Parcialmente Conectada**, até o desague do rio no Oceano Atlântico. A mudança artificial do leito do rio Macaé, nesta parte do canal, devido ao processo de retificação, propiciou maior velocidade do fluxo d'água, aumento da capacidade erosiva e acúmulo de sedimentos de fundo em seu decorrer, visto principalmente pelo aparecimento de ilhas vegetadas localizadas no centro do canal. Sendo assim, embora seja um trecho que possui morfologia homogênea devido à retificação, apresenta concentrações distintas de feições fluviais ao longo do seu curso. A dinâmica de transferência dos sedimentos entre seus subtrechos foi caracterizada como moderada. O primeiro subtrecho (Trecho Fluvial IV – I) apresenta alternância nas margens de barras longitudinais submersas e ilhas arenosas vegetadas (oscilando diante das mudanças de vazões do baixo curso). E o segundo subtrecho (Trecho Fluvial IV- II) apresentava redução das ilhas, mantendo somente a presença das barras submersas e distribuídas de forma aleatória (Tabela 5 e Figura 7).

Sendo assim, os segmentos pertencentes ao médio curso foram os que apresentaram maior variação na retenção e transferência de sedimentos (de montante para a jusante) com desenvolvimento marcante de formas deposicionais dentro do rio. Essa transferência ocorre de forma lenta, caracterizando-se uma área mais suscetível às mudanças e variações das suas características hidrossedimentológicas. Ou seja, os Trechos II e III tendem a apresentar ajustes mais lentos quando ocorrer algum tipo de interferência (direta ou indireta) próxima ou dentro do rio. Enquanto os segmentos do alto e baixo curso, representados pelos Trechos Fluviais I e IV apresentam boa transferência de sedimentos e tendem a apresentar ajustes mais rápidos, quando ocorrer algum tipo de interferência (direta ou indireta) próxima ou dentro do rio. Contudo, o último Trecho Fluvial IV corresponde à parte retificada do canal e por conta disso não permite maiores ajustes dos processos fluviais dentro de sua calha. Porém, grande parte da elevada carga de sedimentos que passa por esse trecho, sobretudo em períodos de muita chuva, fica a maior parte retida em barras emersas e/ou submersas presentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento da pesquisa, observou-se que todo o canal do rio Macaé apresentou um comportamento semelhante no que diz respeito aos processos fluviais mapeados e na transferência no aporte de sedimento entre seus compartimentos geomorfológicos, de montante à jusante. Isto é, os quatro trechos identificados mantiveram conexão além de física e estrutural, mas também de processos, com uma conectividade de água e sedimento relativamente boa entre si. Contudo, os trechos presentes em áreas

com intensa atuação antrópica refletiram em suas dinâmicas tais quadros de interferência com maior retenção de sedimentos.

Foi através desta metodologia, juntamente com outras pesquisas, que se tornou possível compreender e identificar os principais processos geomorfológicos responsáveis pelos ajustes dentro do canal. No entanto, a falta de um número maior de estações pluviométricas e fluviométricas espalhadas dentro da área da bacia constituíram-se em uma limitação importante do método aplicado.

Ressalta-se que é preciso considerar novas perspectivas de análises acerca da conectividade da paisagem, na medida em que levantarão novos questionamentos para a continuidade da pesquisa e poderão contribuir com informações relevantes para o manejo sustentável do rio Macaé. Através da identificação de áreas mais sensíveis às interferências de naturezas diversas, buscando minimizar problemas relacionados a enchentes e secas no âmbito da sua bacia.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 10/03/2013.

ASSUMPÇÃO, A., MARÇAL, M. "Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé (RJ)". **Revista de Geografia**, vol. 29. 2012.

BRACKEN, L.; WAINWRIGHT, J.; ALI, G. A. G.; TETZLAFF, D., SMITH, M. W.; REANEY, S.; ROY, A. "Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas". **Earth-Science Reviews**, vol. 119, April, 2013.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. **Geomorphology and river management**: Applications of the River Styles Framework. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V. "Landscape connectivity: The geographic basis of geomorphic applications". **Area**, vol. 38, n. 2, 2006.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. "Landscape sensitivity and change". **Transactions of the Institute of British Geographers**, vol. 4, n. 4, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

CHURCH, M.; JONES, D. "Channel bars in gravel-bed rivers". *In*: HEY, R. D.; BATHURST, J.C.; THORNE, C. R. (eds.). **Gravel-Bed Rivers**. Wiley: Chichester. 1982.

FRYIRS, K. "(Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem". **Earth Surface Processes and Landforms**, vol. 38, n. 1, 2013.

FRYIRS, K.; BRIERLEY, G.; PRESTON, N.; SPENCER, J. "Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upper Hunter catchment, New South Wales, Austrália". **Geomorphology**, vol. 84, 2007.

HARVEY, A. "Effective timescales of coupling within fluvial systems". **Geomorphology**, vol. 44, 2002.

HECKMANN, T.; CAVALLI, M.; CERDAN, O.; FOERSTER, S.; JAVAUX, M.; LODE, E.; SMETANOVÁ, A.; VERICAT, D.;

BRARDINONI, F. “Indices of sediment connectivity: opportunities, challenges and limitations”. **Earth Science Reviews**, vol. 187, 2018.

HOOKE, J. “Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology”. **Geomorphology**, vol. 56, 2003.

LIU, Y.; FU, B. “Assessing sedimentological connectivity using WATEM/SEDEM model in a hilly and gully watershed of the Loess Plateau, China”. **Ecological Indicators**, vol. 66, 2016.

MUCHAILH, M.; RODERJAN, C; CAMPOS, J.; MACHADO, A.; CURCIO, G. “Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando à formação de corredores ecológicos”. **Floresta**, vol. 40, n. 1. 2010.

NASCIMENTO, F.; HINGEL, R.; SOUZA, P.; MARÇAL, M. “Caracterização espaço-temporal das chuvas em associação às vazões na bacia do rio Macaé, RJ”. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza: UFC, 2010.

SCHUMM, S. “Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications”. *In*: **Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments**: Models for Exploration: SEPM, 1981.

SCHUMM, S. **The fluvial system**. Chichester: John Wiley and Sons. 1977.

STRAHLER, A. “Quantitave analysis of watershed geomorphology”. **Transaction of the American Geophysical Union**, vol. 36, n. 6. 1957.

SUMMERFIELD, M. **Global Geomorphology**. New York: Jonh Wiley & Sons. 1991.

THOMAS, M. “Landscape sensitivity in time and space — an introduction”. **Catena**, vol. 42, 2001.

WAINWRIGHT, J.; TURNBULL, L.; IBRAHIM, T.; LEXARTZA-ARTZA, I.; THORNTON, S.; BRAZIER, R. “Linking environmental regimes, space and time: interpretations of structural and functional connectivity”. **Geomorphology**, vol. 126, 2011.

WOHL, E.; RATHBURN, S.; CHIGNELL, S.; GARRETT, K.; LAUREL, D.; LIVERS, B.; PATTON, A.; RECORDS, R.; RICHARDS, M.; SCHOOK, D.; SUTFIN, N. A.; WEGENER, P. “Mapping longitudinal stream connectivity in the North St. Vrain Creek watershed of Colorado”. **Geomorphology**, vol. 277, 2017.

CAPÍTULO 3

Qualidade das Águas da Bacia do Alto Rio Macaé, Nova Friburgo (RJ)

DO ALTO RIO MACAÉ, NOVA FRIBURGO (RJ)[10]

André Bittencourt Amador

Essa pesquisa foi realizada entre os anos 2001 e 2003, durante a pós-graduação de Mestrado em Geografia na UFF (Universidade Federal Fluminense) com a orientação dos professores Claudio Belmonte de Athayde Bohrer e Reiner Olíbano Rosas. Na ocasião tive apoio financeiro da CAPES através de bolsa de estudo. Já havia realizado minha monografia de graduação em Geografia na UFRJ na mesma área de estudo só que enfocando mais a questão do turismo e as transformações socioespaciais de Lumiar e São Pedro da Serra, nessa pesquisa quis me aprofundar nas questões relacionadas à qualidade das águas do rio Macaé.

Minha motivação maior era saber o nível de contaminação e qualidade do alto rio Macaé e alguns de seus afluentes em diferentes pontos da bacia. Na época eu trabalhava como professor de geografia no Colégio Estadual Carlos Maria Marchon em Lumiar e questionava junto aos meus alunos quais seriam as causas da poluição e dos problemas ambientais da região e o que poderíamos fazer para ajudar a resolver. Durante o mestrado passei em um concurso do IBAMA e fui trabalhar com educação ambiental e voluntariado no Parque Nacional da Tijuca.

No mundo todo, a degradação ambiental se acentuou muito nas últimas décadas, em função de uma série de fatores relacionados, como: o grande crescimento populacional, a urbanização sem planejamento ou infraestrutura, a industrialização avassaladora e a

[10] Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

agricultura cada vez mais dependente de insumos químicos (fertilizantes e agrotóxicos).

Essa degradação ambiental ocorre através do desmatamento, da poluição das águas e do ar, da extinção de espécies vegetais e animais, do acúmulo de lixo, da miséria. Estes problemas têm causado uma série de transformações no meio ambiente (escassez de água, efeito estufa, buraco na camada de ozônio) a ponto de ameaçar o futuro da vida e a sustentabilidade de comunidades vegetais, animais e do próprio homem.

A sobrevivência do homem e da natureza está ameaçada e a solução dos problemas ambientais aparece como um grande desafio para a humanidade no século XXI. Dentre os vários aspectos da degradação ambiental, o problema da poluição e escassez de água tem sido apontado como uma das principais questões a serem solucionadas. Vários países do mundo já sofrem problemas de abastecimento de água para o consumo e demais atividades.

Dentro desta problemática escolhemos a bacia do alto rio Macaé, no município de Nova Friburgo (Rio de Janeiro), para realizar uma caracterização da qualidade da água, levantando as principais informações ambientais disponíveis, e enfocando com especial atenção a questão da qualidade/quantidade de água desta bacia.

A área de estudo da bacia do alto rio Macaé, historicamente manteve o seu meio ambiente com relativo grau de preservação, devido ao isolamento geográfico e ao fato da produção camponesa de subsistência dos descendentes de suíços e alemães não ter provocado tanta degradação quanto a que tem ocorrido nas últimas décadas.

A área é caracterizada por apresentar clima ameno, relevo acidentado, grandes extensões de floresta, abundância de água (conferida pelo Rio Macaé e afluentes) e ambiente bucólico

(AMADOR; PINTO, 1991). Estas características fizeram com que a região, a partir da abertura e asfaltamento da rodovia Mury-Lumiar, na década de 1980, passasse a ser intensamente procurada como local de turismo e de veraneio, processo que seria posteriormente acentuado com a abertura da rodovia Serra-Mar, que liga Casimiro de Abreu a Nova Friburgo.

As atividades de turismo e veraneio cresceram muito nos últimos 40 anos, em decorrência da maior acessibilidade e da proximidade da região metropolitana do Rio de Janeiro. Essas atividades têm provocado na região um acelerado ritmo de transformações espaciais no plano humano, econômico e ambiental (AMADOR, 1997a).

Cresceu o número de construções e a cada ano são construídas mais casas para veraneio e aluguel. Houve também um grande crescimento das atividades voltadas para o turismo. Tem ocorrido também um significativo crescimento populacional, decorrente da inversão da corrente migratória. Há a migração das cidades para o campo, os novos moradores da região se deslocam para o meio rural em busca de uma melhor qualidade de vida.

Porém, junto à maior visitação da área, tem ocorrido uma maior degradação ambiental, com poluição das águas devido ao lançamento do esgoto doméstico direto nos rios, ao esgoto de criações de animais próximos aos rios e ao uso abusivo de agrotóxicos. Também tem ocorrido um acúmulo de lixo nos lugares mais visitados pelos turistas, um grande número de queimadas descontroladas que invadem áreas de capoeira e mata, assim como uma intensa fragmentação de propriedades com vários loteamentos para a construção de casas.

Pode-se concluir que o estudo da degradação ambiental da região deve levar em conta todo o contexto atual, de crise ecológica global, aumento da utilização de produtos químicos e agrotóxicos,

baixa qualidade de vida dos grandes centros urbanos e maior acessibilidade da área. Neste estudo procuramos relacionar o problema ambiental local da bacia do rio Macaé com o todo mais complexo da crise ecológica global.

A pesquisa tem como recorte espacial a bacia do alto rio Macaé, o trecho da bacia para este estudo está compreendido dentro do município de Nova Friburgo. A área de estudo compreende os distritos de Lumiar (5°) e São Pedro da Serra (7°), Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro. Os dois distritos ocupam uma área de 379 Km^2, que corresponde a 39% do município de Nova Friburgo.

Por se tratar de uma pesquisa de qualidade das águas, a bacia hidrográfica é a melhor unidade de investigação para esse tipo de estudo, pois os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem e se propagam, direta ou indiretamente, nos rios. O rio Macaé é o rio mais importante da região, nascendo em área de cabeceira de drenagem com grande preservação ambiental (Reserva de Macaé de Cima). Em seu percurso, de cerca de 136 km, o rio Macaé vai se juntando com inúmeros córregos e rios da região, que drenam áreas com diferentes níveis de degradação e poluição.

Essa área de estudo foi escolhida e delimitada (alto curso) por apresentar características de uma área com relativa preservação ambiental, porém, que nos últimos anos tem sofrido intensa e rápida degradação, devido a uma série de fatores, investigados e discutidos nesta pesquisa. A área objeto da pesquisa está inteiramente inserida na região serrana do estado do Rio de Janeiro e se caracteriza por apresentar relevo acidentado, com superfícies elevadas compreendidas entre 360 e 1800m, rios encachoeirados, clima ameno e extensos remanescentes da Mata Atlântica (AMADOR, 2003).

Esta pesquisa tem como objetivos gerais: realizar uma caracterização da qualidade das águas da bacia do alto rio Macaé,

relacionando-se a qualidade da água aos diferentes usos do solo da bacia, através de uma análise ambiental integrada.

Esta pesquisa tem ainda como objetivos específicos: avaliar a qualidade da água e o nível de poluição dos rios em diversos pontos da bacia do alto rio Macaé e principais afluentes em duas épocas do ano; analisar os dados de qualidade da água produzidos e relacionar com estudos anteriores; identificar as principais causas dos impactos ambientais e atividades responsáveis pela poluição; analisar a evolução da ocupação e uso do solo, procurando identificar como a região vem sendo historicamente ocupada e modificada; e gerar subsídios para um plano de manejo e gestão ambiental mais adequado para a área, apresentando algumas propostas para a minimização dos impactos ambientais.

Muito mais do que um modismo, a difusão atual da ecologia, significa, principalmente, questionar e propor formas de desenvolvimento que estejam efetivamente voltadas para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, ao mesmo tempo em que comprometidas com a preservação da natureza e com o respeito ao meio ambiente (AMADOR, 1997b).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa se baseou na produção e adaptação de informações referentes à qualidade da água, à caracterização ambiental, e à história da ocupação e uso do solo. Adicionalmente, além dos dados produzidos por esta pesquisa, também foram levantados os dados de análises de água já produzidos na bacia do alto Rio Macaé em estudos anteriores.

Para a caracterização ambiental foram utilizados mapas temáticos, referentes à geologia, geomorfologia, vegetação,

hidrografia, solo e clima. Diversas fontes foram utilizadas com este objetivo, entre as quais: DRM (Departamento de Recursos Minerais), RADAMBRASIL, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Prefeitura de Nova Friburgo, IEF (Instituto Estadual de Florestas), SERLA (Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) e IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

A pesquisa sobre a história de ocupação foi baseada em fontes primárias e secundárias. Como fontes primárias foram utilizados dados da prefeitura e do IBGE. Como fonte secundária foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a história da região.

Para o estudo de qualidade das águas do rio Macaé foram escolhidas duas épocas para a realização das coletas e análises em laboratório, relacionadas ao regime pluviométrico regional. Uma época no inverno, período mais seco e com menores descargas fluviais, e outro próximo do verão, período chuvoso e com maiores descargas. Essas épocas também foram escolhidas em função da disponibilidade de recursos físicos e humanos para a realização das análises em campo e laboratório.

Neste estudo adotou-se como referência dois padrões de qualidade de água: a resolução Conama 20/86 (CONAMA, 1986) que define classes de águas de acordo com as suas características e uso preponderantes e a Portaria do Ministério da Saúde (PORTARIA MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000) que define a água potável como "a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde".

Com relação à balneabilidade (recreação de contato primário), existe uma padronização estabelecida pela resolução Conama 20/86, que avalia a água em relação aos níveis de coliformes

fecais e totais presentes na água dos rios e mares. A balneabilidade pode ser classificada em: excelente, muito boa, satisfatória e imprópria, de acordo com os resultados de colimetria de um monitoramento semanal de qualidade de água.

Os locais de coleta foram escolhidos buscando uma distribuição espacial representativa de forma a contemplar a diversidade dos rios e de usos do solo na bacia do alto rio Macaé. Adicionalmente foram escolhidos mais pontos amostrais nas áreas mais densamente ocupadas (Lumiar, São Pedro da Serra e Boa Esperança). Foram selecionados 6 pontos no alto rio Macaé e 12 pontos nos principais afluentes e sub-bacias do Macaé (rio Bonito, das Flores, Boa Esperança, São Pedro etc.).

Além de gerar dados básicos através da coleta e análise de amostras de água (APHA, 1975), esta pesquisa também levantou os dados de qualidade da água já produzidos em outros estudos realizados na bacia do rio Macaé, tais como: na tese de doutorado em Zoologia (BAPTISTA, 1998) sobre as comunidades de insetos aquáticos; no trabalho sobre a geoquímica das águas do rio Boa Esperança apresentado no Congresso de Geografia Física Aplicada (SILVA *et al.*, 1997); e no trabalho desenvolvido pelo Instituto Nacional de Tecnologia (ROQUETTE PINTO; GUIMARÃES, 1993) que fez levantamento da qualidade da água em alguns pontos da bacia, para subsidiar o uso da planta aquática aguapé na purificação das águas.

Esses dados foram incorporados à pesquisa visando uma maior abrangência englobando a análise temporal no processo de avaliação ambiental, procurando identificar os principais fatores responsáveis pelas modificações na qualidade de água.

RESULTADOS

Caracterização ambiental da área de estudo

O rio Macaé é um rio de 6ª ordem que drena no sentido preferencial oeste-leste. Tem como principais afluentes o rio Bonito, o rio das Flores, o rio São Pedro e o rio Boa Esperança. É considerado como um rio de tamanho médio, situado na vertente litorânea da Serra do Mar, percorre os municípios de Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e Macaé.

De acordo com Coelho Netto (1994):

> A bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum do canal fluvial. Bacias de diferentes tamanhos articulam-se a partir dos divisores de drenagens principais e drenam em direção a um canal principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado.

O rio Macaé nasce na localidade chamada "Verdum", próximo ao Pico do Tinguá na altitude aproximada de 1560m, atravessa o distrito de Lumiar e recebe vários afluentes; percorre cerca de 136 Km até desaguar no oceano Atlântico. Atravessa um território muito acidentado, inúmeras são as cachoeiras e corredeiras formadas pelos seus rios (SOARES, 1960).

Devido às condições geomorfológicas da região, a bacia do rio Macaé apresenta alta densidade de afluentes, sendo os principais tributários o rio das Flores, o rio Boa Esperança, o rio Bonito, o rio Sana e o rio São Pedro. Os rios são formados por leitos pedregosos

encaixados em falhas e fraturas e correm em acentuada declividade na direção predominante SW-NE (BAPTISTA, 1998).

Os rios da região são muito bem encaixados com grandes trechos retilinizados, concordantes com as linhas estruturais nordeste-sudoeste e noroeste-sudeste. Como consequência do encaixamento, os cursos são limitados por paredões abruptos, com ausência de várzeas e presença de cotovelos proeminentes, corredeiras e cachoeiras. No baixo curso, o rio adquire outras condições, passando a meandrar quando atravessa a planície costeira, chegando a ter manguezais na sua foz e desaguando no oceano Atlântico na altura de Macaé.

A área de estudo está localizada na Região Serrana do Rio de Janeiro, Serra do Mar dentro do Domínio Tropical Atlântico no domínio dos mares de morros (AB'SABER, 1958), sendo denominada regionalmente de: Serra de Macaé, do Rio Bonito, de São João e de Taquaruçu. A área tem como municípios fronteiriços: Cachoeiras de Macacu, Silva Jardim, Casimiro de Abreu, Macaé, Trajano de Moraes e Bom Jardim.

Do ponto de vista geológico, a área compreende terrenos pré-cambrianos constituídos por rochas polimetamórficas de origem vulcano-sedimentar-magmática, altamente transformadas e granitizadas ou não. Esses tipos litológicos são seccionados por rochas graníticas, pegmatitos, rochas básicas e ultra-básicas, e encobertas por sedimentos quaternários (DNPM-CPRM, 1980).

O embasamento cristalino da área de estudo é dominado pela Unidade Rio Bonito-Lumiar. Litologicamente a unidade é caracterizada pela presença de Granada biotita gnaisse migmatizado e migmatitos complexos. Secundariamente ocorre a Unidade Imbé com gnaisses paragenéticos com amplo desenvolvimento de migmatitos (DNPM-CPRM, 1980). Ocorrem ainda na área rochas graníticas intrusivas, encontrando-se injetados nas diversas

litologias. Ocorrem ainda na forma de diques intrusivos, rochas básicas e ultra-básicas (diabásio e gabro).

> A origem do relevo da Serra do Mar está relacionada com movimentos tectônicos iniciados há aproximadamente 80 milhões de anos, ainda no período Cretáceo, com um amplo soerguimento da borda do continente em todo o Sudeste do Brasil. Com o aumento do soerguimento de um lado, houve rompimento e rebaixamento dos blocos adjacentes por falhas normais, gerando vales por afundamento tectônico, bordejados por áreas altas. As áreas altas correspondem às serras do Mar, da Mantiqueira e Maciços Litorâneos do RJ (DRM, 2003).

O quaternário está representado na área por terraços fluviais antigos e terraços com cascalheiras (pleistocênicos), colúvios, depósitos de tálus, paleosolos, paleocanais, leques aluviais e terraços de várzea (holocênicos).

Predominam na região os tipos de solos: Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo. Análises de solo em Macaé de Cima determinaram o seu caráter argilo-arenoso, indicando baixa capacidade de retenção de água. O pH é fortemente ácido, típico de ambientes tropicais de clima úmido (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997). Ainda ocorrem na região os solos dos tipos: Litossolos e Hidromórficos.

Segundo ANA (2003) na macroregião hidrográfica costeira do Sudeste, da qual a bacia do rio Macaé faz parte, a precipitação média é de 1352 mm/ano, a evapotranspiração média é de 803 mm/ano. Já a precipitação média anual da bacia do rio Macaé é de 2183 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, nas

nascentes da Serra do Mar, o clima é tropical de altitude com temperaturas amenas no Verão.

Ocorrem na bacia as isoietas de precipitação de 1500 mm a 2100 mm anuais, sendo as faixas paralelas e concordantes com a Serra do Mar. Os maiores valores de precipitação ocorrem em Galdinópolis, Sibéria e Macaé de Cima, e os menores valores em Santa Luzia. Segundo o mapa de distribuição espacial das temperaturas (isotermas anuais) para o Estado do Rio de Janeiro (FIDERJ, 1978), a temperatura média anual na bacia oscila entre 16º e 22ºC, sendo de 20º a 25ºC em janeiro e 15º a 19ºC em julho.

A delimitação dos dois períodos pode ser confirmada através dos dados médios mensais de precipitação de três estações na bacia do rio Macaé (ANEEL, 2003), entre o período de 1951 e 2001. Esses dados confirmam os meses de novembro a janeiro como os mais chuvosos, e os meses de junho a agosto como os mais secos. De acordo com a média dos dados médios mensais de pluviosidade das três estações da bacia do rio Macaé, janeiro é o mês mais chuvoso na bacia com 350,7 mm e agosto é o mês mais seco com 60,9 mm. A média pluviométrica anual da bacia é de 2183,3 mm de chuva. Sendo que mais da metade da pluviosidade anual está concentrada nos 4 meses mais chuvosos novembro a fevereiro.

O ambiente original onde está situada a bacia do rio Macaé constituía-se de um imenso ecossistema florestal conhecido como Mata Atlântica por se estender ao longo da costa do nordeste ao sul do país. A Mata Atlântica é uma das florestas mais ameaçadas do planeta. Estima-se que em 1500, a mata tinha mais de um milhão de quilômetros quadrados, o equivalente a 12% da área do país. Séculos de exploração madeireira, agrícola e crescimento urbano destruíram mais de 90% da mata original. No Estado do Rio de Janeiro, a Mata Atlântica remanescente corresponde a cerca de 14% do que existia nos primórdios da colonização (MORETT; MAYER, 2003).

No mapa de vegetação RADAMBRASIL (1983) a área de estudo é representada pela Floresta Montana e vegetação secundária sem palmeiras. A Floresta Montana é uma subdivisão da Floresta Ombrófila Densa, ocupa as faixas de altitude de 500 a 1500m, e se caracteriza por apresentar um estrato dominante com altura até 25m e um estrato dominado de *meso* e *nanofanerófitas* de diversas espécies das famílias *Rubiaceae, Myrtaceae e Melastomataceae,* e mais a presença generalizada de *Palmae, Pteridophytae, Bromeliaceae* e grande quantidade de epífitas e lianas.

Observando-se a carta imagem da bacia é possível identificar duas áreas bem definidas: uma mais preservada na porção ocidental, com predomínio de vegetação densa nas áreas mais elevadas (cabeceiras do rio Macaé, rio das Flores e rio Bonito); e outra mais ocupada e degradada na porção oriental, onde se percebe uma maior alteração da cobertura vegetal predominando os pastos e terrenos de agricultura, com alguns fragmentos de capoeira/macega.

Há uma predominância de áreas de floresta e de capoeiras (mata secundária, em regeneração) o que espelha a relativa preservação ambiental da área. A floresta é a vegetação nativa da área, também conhecida como Floresta Ombrófila Densa ou Mata Atlântica, tendo como características a grande diversidade de espécies, a presença de indivíduos arbóreos antigos e de alto porte, e com as folhas das árvores bem esverdeadas durante todo o ano (BOHRER, 1998).

Essa configuração deve-se inicialmente ao processo histórico de ocupação da área no qual as áreas mais baixas e quentes foram devastadas para o cultivo de café. E posteriormente com o crescimento populacional e urbano dos vilarejos de Lumiar, São Pedro da Serra e Boa Esperança a área passou a apresentar uma maior fragmentação das propriedades, construções de casas e incremento das atividades de agropecuárias.

Para Lamego (1963) o clima surgia como principal fator, numa dupla ação paradoxal, ao mesmo tempo dispersiva e centralizadora. Centrífugo para os cafezistas, inversamente agia como poderoso fator centrípeta para os colonos de índole urbana.

Segundo Baptista (1998) a bacia do rio Macaé compreende uma grande riqueza de ambientes com florestas de baixada e serrana, em diversos estados de preservação, pastagens e culturas agrícolas. Devido ao intenso e desordenado processo de uso e ocupação podem ser encontrados ao longo dos rios apenas pequenos trechos com vegetação ciliar e geralmente em mau estado de conservação. A redução da cobertura vegetal, a destruição das matas ciliares, a prática de queimadas, a movimentação do solo em áreas de grande declividade tem provocado erosão, assoreamento dos corpos d'água e processos de degradação dos solos.

É de relativa riqueza a fauna da região encontrando-se em suas matas e capoeiras: pacas, capivaras, porcos-do-mato, cotias, preás, tatus, lebres, quatis, jaguatiricas, gatos do mato, cachorros do mato, lontra, veado, preguiça, tamanduás, espécies de símios, ofídios e répteis. Dentre as aves se destacam: jacus, nhambus, macucos, urus, pombas mineiras, pombas taquaras, juritis, seriemas, sabiás, canarinhos, arapongas, saíras, trinca ferros, tico-ticos, beija-flores. E em seus rios são encontrados peixes: lambaris, acarás, cascudos, bagres e traíras.

> a bela diversidade florística oferecia ao homem fibras, ervas, frutos, alimento e medicamento. As límpidas e abundantes águas nutriam aves como o macuco, a saracura, tucanos, sabiás, perdizes, o anu, a corruíra e tantos outros. Antas, onças, veados, macacos, gambás, tatus, capivaras habitavam a região (MAYER, 2003).

Com relação à existência de Unidades de Conservação (UC) na área da bacia do rio Macaé, primeiramente em 1990 foi criada através de Decreto Municipal a Reserva Ecológica de Macaé de Cima ocupando cerca de 7.000ha na região das serras de Macaé de Cima, São João e Taquaruçu. Esta reserva foi estudada em seus aspectos florísticos e botânicos por especialistas do Jardim Botânico, os estudos desenvolvidos revelaram 17 espécies classificadas como novas para a ciência, subordinadas às famílias: *Aracae, Bromeliaceae, Clusiaceae, Leguminosae, Myrtaceae e Rubiaceae.*

De acordo com Lima e Guedes-Bruni (1994):

> os estudos apontam que a composição florística vascular de Macaé de Cima está relacionada àquelas das formações alto montanas dos complexos serranos do sudeste/sul brasileiro e mais estreitamente aos domínios das serras do Mar e da Mantiqueira. Por outro lado, revelam a singularidade e diversidade da flora local caracterizando a região como altamente expressiva para a formação Mata Atlântica e ainda corrobora com as afirmações que destacam o RJ como um grande centro de endemismo.

A Reserva Ecológica de Macaé de Cima abrangia os vales do Rio das Flores e do Alto Rio Macaé, onde as cadeias de montanhas divisoras e circundantes são cobertas por Mata Atlântica primitiva. Segundo Miller *et al.* (1996) "da mesma maneira que o macroecossistema Mata Atlântica mostra uma enorme variedade através de toda sua extensão e largura, a floresta nas cabeceiras dos rios e nos vales e montanhas de Macaé de Cima mostra um grande número de diferentes microclimas e microecossistemas dentro de sua própria região". A explicação para a grande diversidade de orquídeas e bromélias encontrados em Macaé de Cima pode ser relacionada a essa grande diversidade de microambientes específicos.

Em 2001 foi criada a Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima através de decreto estadual. Esta APA engloba toda a área de estudo da Bacia do Alto Rio Macaé e avança até o Rio Sana. O decreto de criação estipula os limites da APA, previa a criação de um plano diretor e proibia a caça, a implantação de indústrias poluidoras, as atividades que ameacem a extinção de espécies raras e o desmatamento e/ou ocupação nas faixas marginais de proteção.

Em 5 de junho de 2002 foi criado o Parque Estadual dos Três Picos, localizado na Serra do Mar, abrangendo 46.350 hectares em terras de cinco Municípios (Teresópolis, Guapimirim, Nova Friburgo, Cachoeiras de Macacu e Silva Jardim), com área total aproximada de 46.350 hectares. Ele também abrange terras nas cabeceiras do Rio Macaé. O parque foi administrado inicialmente pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), atualmente INEA, e concentra em suas matas os mais elevados índices de biodiversidade em todo o estado. Entre as espécies ameaçadas na região estão a jaguatirica, o gavião-pega-macaco e o porco do mato.

As criações dessas unidades de conservação configuraram importantes passos para a preservação ambiental na bacia do alto rio Macaé, porém não basta apenas criar a UC no papel, o grande desafio é a sua implementação na prática. As populações locais e ONG´s ambientalistas devem lutar para que as instâncias de governo criem instrumentos para a gestão democrática e participativa dessas UC's, como os conselhos gestores previstos na lei do SNUC.

Características gerais dos locais de coleta

Pesquisa realizada entre os anos de 2001 a 2003 (Dissertação de Mestrado Geografia da UFF).

Rio Macaé - No 1º ponto amostral do alto rio Macaé (Alto - 1) localizado em Macaé de Cima, antes da confluência com rio das Flores, a 930m de altitude, foi observada a presença de uma pujante mata ciliar, área com características de ambiente natural pouco alterado pelo homem. Este ponto pode ser considerado como um dos mais limpos da bacia, com baixos níveis de coliformes e elevada oxigenação, devido à elevada preservação da Mata Atlântica e pequena ocupação humana.

No 2º ponto amostral do rio Macaé (Alto/médio - 2) localizado na altura do campo de futebol de Macaé de Cima, a 810 m de altitude, foram observados em uma margem uma capoeira/mata secundária responsável por sombreamento de parte do rio, e na outra margem, área descampada com um gramado. Este ponto também pode ser considerado de boa qualidade da água apesar de estar próximo ao vilarejo de Macaé de Cima e da área apresentar algumas criações de trutas.

No 3º ponto amostral do rio Macaé (Bromélias - 3) localizado após a entrada para a estrada para rio Bonito, cerca de 200 metros antes do Rancho das Bromélias, a 650m de altitude, foram observadas casas dispersas nas proximidades do rio, pequenas áreas de agricultura e a presença de grandes blocos de rochas. Este ponto já se encontrava medianamente poluído devido ao lançamento de esgoto doméstico e de criações de animais; um fator que contribui para a diluição da poluição é a elevada vazão fluvial registrada nesse ponto.

No 4º ponto amostral do rio Macaé (Peões - 4), localizado em Lumiar, próximo ao Vale dos Peões, cerca de 500 m após a confluência com rio Boa Esperança, a 610m de altitude, foram observados em uma margem área gramada com casas a cerca de 20m do rio; na outra margem presença de capim e várias casas próximas ao rio e também grande presença de algas, indicador de elevados teores de nutrientes. Este ponto já se encontrava relativamente bem

poluído, pois aí o rio Macaé já percorreu um longo trecho, passando por terrenos de pastos, plantações e criações de animais, e já se juntou com o rio Boa Esperança que coletou rios e córregos que passam por áreas urbanizadas, porém sem tratamento do esgoto (São Pedro da Serra, Boa Esperança e Lumiar).

No 5º ponto amostral do rio Macaé (5), localizado no Poço Verde, na estrada Serra-Mar 5 km após Lumiar, a 550 m de altitude, foram observados em uma margem, uma capoeira, mata secundária, na outra margem um bananal e pasto que possibilitam uma boa insolação no rio. Este ponto apesar de ser um local atrativo para o turismo, já se encontrava medianamente poluído, pois apesar do grande volume de água é grande também a quantidade de esgoto que foi jogada no rio nos vilarejos a montante.

No 6º ponto amostral do rio Macaé (6), localizado 200 metros após o Encontro dos Rios (confluência com o rio Bonito), a 520m de altitude, foram observados, em uma margem, mata ciliar preservada, na outra um pasto com capim e vestígios de intensa visitação como lixo, restos de fogueira e trilhas abertas. O rio neste ponto se apresentava encachoeirado e com corredeiras, e tem uma maior vazão devido à junção do rio Macaé com o rio Bonito; é um local de intensa visitação turística e é também utilizado por praticantes de canoagem, encontrava-se pouco poluído devido à grande diluição promovida pela maior vazão de água, porém em épocas de estiagem a situação pode se agravar.

Afluentes do rio Macaé (Alto curso) - No ponto amostral do rio das Flores (7), localizado cerca de 500m antes da confluência com o rio Macaé, a 930m de altitude, o rio se apresenta bem sombreado por mata secundária em ambas as margens e com águas cristalinas, porém um pouco amarelada devido aos ácidos húmicos, pois o rio drena uma área com extensos remanescentes florestais (Macaé de Cima). Este ponto pode ser considerado como um dos mais limpos da bacia do rio Macaé devido à grande preservação

ambiental da Mata Atlântica, com uma pequena ocupação de sítios e chácaras à montante.

No ponto amostral do córrego Santiago (8), localizado próximo à ponte da estrada RJ-142 (Mury-Lumiar), a 690m de altitude, foram observados: mata degradada nas margens, águas turvas no remanso e alteração no leito devido à presença de sacos de areia. Este local provavelmente é utilizado para retirada de areia, em pequena escala, para construção. Este ponto já se encontrava medianamente poluído devido à presença de casas sem tratamento de esgoto, de pastos associado à pequena vazão fluvial.

Rio Bonito e Afluente - No ponto amostral do córrego Santo Antônio (9), localizado antes da confluência com o rio Bonito, a 790m de altitude, foram observados: margens gramadas, pastagem para cavalos, área aberta com grande insolação. Posteriormente foi verificada a construção de um restaurante e "pesque pague" de trutas bem próximo ao rio, parte do qual passou a ser desviado para a criação, sendo que a água servida, com restos de ração e fezes animais são jogados diretamente no rio. Apesar da presença de alguns cavalos próximos, o rio se encontra bem limpo com baixas taxas de coliformes, a bacia é de difícil acesso e apresentava poucas casas à montante.

No 1º ponto amostral do rio Bonito (Médio - 10), localizado no seu médio curso, a 730m de altitude, foram observados: em uma margem a presença de uma pequena mata ciliar e na outra um sítio gramado com estufas para floricultura e criação de ovelhas além de águas cristalinas. Neste ponto o rio se encontrava bem preservado com águas próprias para banho, seja devido à pequena ocupação, seja pelo maior volume de águas.

No 2º ponto amostral do rio Bonito (Baixo - 11), localizado na foz do rio, próximo ao Encontro dos Rios, antes da confluência com o rio Macaé, a 540m de altitude, foram observados: mata ciliar

preservada em ambas as margens do rio, poço com águas cristalinas. Este local é muito visitado por turistas, se encontrava bem limpo apesar de percorrer um longo trecho, inclusive com pastos e casas, porém a quantidade de água é bem grande e dilui a pequena concentração de poluentes.

Rio São Pedro e Afluentes - No ponto amostral do córrego Sibéria-Bocaina (12), localizado próximo a sua foz antes da confluência com rio São Pedro, a 750m de altitude, foram observados: terracetes fluviais sendo trabalhados pela erosão, presença de pasto (capim) nas duas margens do córrego e a presença de casas espalhadas. Este córrego já apresentava sinais de crescimento da poluição devido a várias pequenas criações de animais conduzidas próximas às margens e ao crescimento da ocupação humana com casas sem sistema de fossas sépticas.

No 1º ponto do rio São Pedro (Alto - 13), localizado logo após o povoado de São Pedro da Serra, antes da confluência com o córrego Sibéria-Bocaina, a 750 m de altitude, foram observados: águas turvas e pedras com muito limo, indicadores de elevados teores de nutrientes, lixo variado nas margens e uma horta até a beira do córrego. Este ponto pode ser considerado um dos locais mais poluídos devido ao grande lançamento *in natura* de esgoto doméstico e de águas servidas associados ao baixo volume de águas.

No ponto amostral do córrego Benfica (14), localizado após criação de porcos, próximo a sua foz, antes da confluência com o rio São Pedro, a 670 m de altitude, foram observados: plantas ornamentais em uma margem do rio e capim na outra, lixo espalhado, água visivelmente turva e com forte odor de fezes de animais. Este pode ser considerado como o ponto mais poluído de toda a bacia do rio Macaé devido aos despejos de esgoto de uma grande criação de porcos localizada na margem do córrego. Esta fonte poluidora aproveita a proximidade do rio para realizar uma limpeza da área de criação jogando toda a sujeira no rio; segundo

relato de moradores, em geral, essa prática é realizada de madrugada para não chamar muito a atenção, pois o rio fica visivelmente alterado com uma coloração diferente e forte odor.

No 2º ponto do rio São Pedro (Baixo - 15), localizado em sua foz antes da confluência com o rio Boa Esperança, a 650m de altitude, foram observados: casas próximas ao rio com canos jogando esgoto e águas servidas, lixo espalhado e bananeiras e bambus nas margens. Este ponto também pode ser considerado como um dos locais mais poluídos devido ao lançamento de esgoto doméstico e de criações de animais.

Rio Boa Esperança e Afluente - No ponto amostral do córrego Boa Vista (16), localizado antes da confluência com o rio Boa Esperança, a 790m de altitude, foram observados: em uma margem mata ciliar preservada e na outra a estrada. Este local é representativo de uma bacia de drenagem das cabeceiras do rio Boa Esperança, ocupada por agricultores tradicionais e casas alugadas para turistas e veranistas. Neste local o rio se encontrava medianamente poluído pelo despejo de esgoto de casas sem fossas e também devido ao intenso uso de agrotóxicos.

No ponto amostral do rio Boa Esperança (17), localizado próximo a Lumiar antes da confluência com o rio São Pedro, a 650m de altitude, foram observados: margens com capim de beira de estrada, lixo espalhado e alguns peixes cascudos. Esse local já se encontrava bem poluído devido ao lançamento de esgotos e águas servidas e ao uso intenso de agrotóxicos. Foi realizada uma coleta extra no rio Boa Esperança (18), localizado em Lumiar após a confluência com o rio São Pedro, próximo à ponte do Delair, a 630m de altitude, em plena zona urbana de Lumiar, estando bastante poluído e impróprio para o banho. Não foram realizadas as medidas de vazão e temperatura neste ponto.

Dados de vazão fluvial

A bacia do rio Macaé dispunha em 2003 de três estações fluviométricas (ANEEL), duas no rio Macaé (Macaé de Cima e Galdinópolis) e uma no rio Bonito (Piller). A partir dos dados de vazões médias mensais no período de 1951 a 2001, foi possível estabelecer a média mensal de vazão desses três pontos, assim como a vazão específica, relação da vazão com a área da bacia (ECOLOGUS, 2002).

De acordo os dados de vazão média na bacia do rio Macaé o período de julho a outubro apresenta as menores vazões fluviais, variando de 1.291 a 2.181 Litros/s. Já os meses de dezembro a março registram as maiores vazões, variando de 3.871L/s a 8.176 L/s. Observa-se no período das chuvas de verão uma grande distância entre a vazão do rio Macaé (Galdinópolis) e a vazão das outras estações (Macaé de Cima e Piller), ressalta-se aí o fato de haver um aumento geral da vazão fluvial em resposta a uma ocorrência de chuva. Na estação seca as três estações apresentam vazões bem próximas. Devido à escassez de chuvas neste período a vazão dos rios é abastecida pelas águas subterrâneas armazenadas nas nascentes e lençol freático.

A delimitação dos dois períodos pode ser confirmada através dos dados de vazões médias mensais do rio Macaé entre o período de 1951 e 2001, obtidos das estações fluviométricas no rio Macaé (estação Galdinópolis) mantidas pelo DNAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Os regimes fluviais dos rios que compõem a bacia do rio Macaé, são determinados, pelo regime pluviométrico, o qual se caracteriza por precipitações distribuídas o ano inteiro, com chuvas mais intensas no verão (período de dezembro a abril) e uma pequena época de estiagem (julho a setembro).

Poluição por agrotóxicos

Segundo Costa (1999) levantamentos realizados em 1998 junto aos postos regionais da EMATER-RJ indicam o uso alarmante e sem controle de diversos tipos de agrotóxicos na bacia do rio Macaé. O uso de agrotóxicos é frequente e as aplicações são realizadas por trabalhadores rurais sem equipamentos de proteção. Além dos agrotóxicos serem comprados sem o devido receituário agronômico, as aplicações são feitas sem o conhecimento das dosagens corretas, muitas vezes acima da concentração ideal.

Em estudo na bacia do alto rio Grande, Nova Friburgo/RJ, uma bacia vizinha ao rio Macaé, Barros (2002) procurou analisar os parâmetros da qualidade da água dos rios associados às características do sistema agrícola de produção. A agricultura na bacia estudada é realizada em pequenas propriedades, em sistemas de produção modernos de policultivos, com alta produtividade, parecida com a agricultura realizada na bacia do alto Macaé.

A prática intensiva durante todo o ano na bacia implica o uso permanente e em grandes quantidades, de insumos agrícolas, cujas substâncias componentes são consideradas prejudiciais tanto para o ambiente (terrestre e aquático) quanto para o homem.

Segundo Barros (2002):

> os resultados encontrados confirmam a presença de substâncias acima dos padrões de qualidade, principalmente o nitrato, a amônia, o zinco e o cobre na água dos rios, provenientes dos insumos químicos utilizados na agricultura na bacia do rio Grande. Os metais zinco e cobre apresentaram valores bem acima do padrão Conama (0,18 ppb e 0,02 ppb), os valores de zinco variaram de 15ppb a 22 ppb e o cobre se manteve estável em 1ppb. Os valores de nitrato

> estiveram acima do padrão (10 mgL-1), eles variaram de 21,7 mgL-1 a 32,07 mgL-1, a presença dessa substância na água dos rios tem correspondência com a intensa atividade agrícola existente.

Nesta pesquisa na bacia do rio Macaé não foi possível realizar a análise da água relacionada à contaminação por agrotóxicos por ela ser muito dispendiosa e difícil de ser realizada, porém dados indiretos indicam que o intenso uso de agrotóxicos na bacia do rio Macaé já pode ser considerado como uma ameaça à qualidade das águas principalmente no que se refere ao abastecimento, à balneabilidade e à preservação da fauna e flora aquáticas.

Resultados de qualidade das águas

As quatro campanhas de coleta de água foram realizadas nos rios da Bacia do Rio Macaé (alto curso) no período entre 1º de julho e 10 de novembro de 2002. Foram realizadas duas baterias de coletas de água em julho e duas em novembro, perfazendo um total de 18 pontos amostrais distribuídos em locais representativos da Bacia, anteriormente mencionados.

As águas foram analisadas em duas épocas do ano (uma no período seco e outra no início do período úmido). As análises foram realizadas nos Laboratórios de Controle Microbiológico (Faculdade de Veterinária da UFF) e do Laboratório de Geoquímica (Instituto de Química da UFF).

O Oxigênio Dissolvido (OD) provém da dissolução do oxigênio atmosférico através do contato entre a água e a atmosfera, da turbulência na superfície do líquido (quedas d'água) e também da

liberação por alguns micro-organismos vivos na água (algas e bactérias) através da fotossíntese (OLIVEIRA, 1992; MURARO, 2001).

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes dos despejos orgânicos, visto que a decomposição de material orgânico é um dos principais processos de consumo de OD (YOKOYAMA, 1999; MURARO, 2001).

Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por micro-organismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de micro-organismos decompositores e, consequentemente, maior o consumo de oxigênio (DEBERDT, 2002).

Com relação aos valores de oxigênio dissolvido na água da bacia do rio Macaé, verificadas nas duas coletas, elas variaram de 5,70 a 6,81mg/l. A média da bacia nas duas coletas foi de 6,40 mg/l.. Comparando-se as médias das duas baterias de coletas pode-se constatar que na média a quantidade de OD nas águas foi maior na amostragem de julho (6,52 mg/l) e menor na de novembro (6,30 mg/l).

No rio Macaé os pontos amostrais localizados mais a jusante na bacia (nº. 3, 4, 5 e 6) apresentaram níveis de OD maiores, que os dos pontos do alto Macaé (nº. 1 e 2). Este fato pode ser relacionado ao grande transporte turbulento que o rio percorre para jusante e ao incremento da produção de oxigênio pelas algas na porção média do rio.

A maior parte das amostras apresentou valores superiores ao limite mínimo (6mg/l) da resolução Conama para águas de classe I (CONAMA, 1986), apenas 3 amostras apresentaram valores inferiores (córregos Benfica e Bocaina).

Em geral as águas da bacia do Rio Macaé se apresentaram relativamente bem oxigenadas e aeradas provavelmente devido ao transporte turbulento, ao pequeno tempo nas áreas de estagnação e à capacidade autodepuradora do rio.

O córrego Benfica apresentou os mais baixos níveis de oxigênio dissolvido (5,70 a 5,89mg/l), estas baixas taxas de OD demonstram que a poluição hídrica proveniente dos esgotos domésticos e de criações de animais desta micro bacia já estava contribuindo para a diminuição da oxigenação das águas da bacia, e consequentemente afetando o ecossistema fluvial.

O grau de poluição das águas pode ser medido pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 - quantidade de oxigênio absorvido em 5 dias a 20ºC). Quanto maior for a concentração de matéria orgânica no meio, maior será a proliferação de bactérias, levando a um crescimento na atividade de respiração e consequentemente, maior a demanda de oxigênio (maior DBO).

A DBO pode ser definida como "a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para oxidação bioquímica de substâncias orgânicas presentes no meio hídrico", sendo utilizada como medida indireta da quantidade de matéria orgânica biodegradável e da quantidade de oxigênio consumido pela respiração dos microorganismos (CASTRO, 1997 *apud* MURARO, 2001).

Os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na água da bacia do rio Macaé, verificadas nas duas coletas, foram relativamente baixos. Todas as amostras da bacia do rio Macaé apresentaram DBO dentro dos padrões estabelecidos pela resolução Conama 20/86 (CONAMA, 1986) para águas da Classe I com valores inferiores ao limite máximo de 3mg/l.

Os resultados de DBO variaram de 0,07 a 2,64 mg/l. A média da bacia nas duas coletas foi de 0,60 mg/l.. Comparando-se as

médias das duas baterias de coletas pôde-se constatar que na média, a DBO nas águas foi maior na amostragem de novembro (0,71 mg/l) e menor na de julho (0,48 mg/l).

Nos pontos amostrais do rio Macaé os valores de DBO oscilaram entre 0,10 a 0,98 mg/l, apresentaram uma tendência de crescimento a jusante, atingindo um ápice no Poço Verde e depois declinaram um pouco no Encontro dos Rios. Ressalte-se a influência da junção do rio Macaé com os rios mais poluídos da Bacia (córrego Benfica, rio São Pedro e rio Boa Esperança), aumentando a DBO nos pontos de coleta nº 4 e 5, e o fato do rio Bonito apresentar grande vazão e melhor qualidade de água contribuindo para a diluição da poluição do rio Macaé, gerando uma melhoria da qualidade da água após o Encontro dos Rios.

Foram encontrados valores elevados de DBO no córrego Benfica (1,13 a 2,64mg/l), no rio São Pedro (1,11 mg/l) e no rio Boa Esperança (1,08mg/l). Estes são indicativos de despejo de esgotos domésticos e de criações de animais *in natura* nos rios, aumentando a quantidade de matéria orgânica, e implicando em maior demanda de oxigênio para a sua decomposição.

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma relação numérica que expressa a concentração de íons de hidrogênio em uma solução na água, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. O pH é um parâmetro que indica se a água tem caráter ácido (pH<7) ou alcalino (pH>7). Alterações no pH da água podem afetar a fauna e flora aquática, razão pela qual ele deve ser mantido na faixa de 6 a 9 (AMARAL, 2002).

Os resultados das medições de pH indicaram que as águas da bacia do rio Macaé se apresentam ligeiramente ácidas. A maior parte das amostras apresentou valor médio de pH 6. Os valores de pH oscilaram entre 5,46 a 8,07. Em alguns pontos amostrais o pH ultrapassou o valor de 7, o que já configura uma água básica.

Em campo foi possível observar o aspecto dos rios nos pontos amostrais de cabeceiras as águas são cristalinas, mas apresentam uma coloração amarelada. Em geral nas águas dos rios de cabeceiras, a acidificação da água pode ser relacionada à maior interação entre o rio e a floresta, a floresta sendo lavada pela água, acaba doando parte do ácido húmico armazenado nos horizontes superficiais dos solos florestados.

A condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água (SANTOS, 1997). Os resultados de condutividade elétrica das análises das águas da bacia do rio Macaé, se mantiveram baixos variando de 12,9 a 64 mS/cm. Na média os resultados das análises de novembro (37,1mS/cm) estiveram acima das de julho (26,3mS/cm). A média geral da bacia foi de baixa condutividade 31,7mS/cm.

No rio Macaé a condutividade se manteve baixa em todos os pontos variando de 14,8 a 33mS/cm, os pontos mais a montante (nº 1, 2 e 3), foram os que apresentaram menores valores, juntamente com outros rios de cabeceiras preservadas como o rio das Flores (12,9mS/cm) e o córrego Santo Antônio (15,4mS/cm).

Na porção média do rio Macaé, após o encontro com o rio Boa Esperança verificou-se uma leve tendência ao incremento da condutividade, oriundo da mistura do rio Macaé com os rios mais ocupados e poluídos da bacia. Os maiores valores de condutividade foram encontrados no rio São Pedro (64mS/cm), córrego Santiago (59mS/cm) e córrego Benfica (57mS/cm). Esta elevação da condutividade é relacionada ao incremento da poluição das águas por esgotos, resíduos de criações animais e fertilizantes da agricultura.

No começo do trecho inferior observou-se um aumento da sua área de drenagem recebendo tributários maiores, com cobertura vegetal alterada, mais fragmentada e misturada com pastos e plantações, essas características elevam o arraste de partículas orgânicas e inorgânicas para dentro do rio, o que acaba acarretando uma maior concentração de íons no rio (BAPTISTA, 1998).

Segundo Branco (1983), a presença de partículas em suspensão causa a turbidez e dificulta a penetração dos raios luminosos na água, restringindo o desenvolvimento de algas e a realização da fotossíntese. Esse fenômeno ocorre nos rios poluídos por esgotos, que contêm grande quantidade de partículas microscópicas em suspensão.

As análises do Cone de Imhoff foram realizadas em épocas de estiagem, sem interferência de chuvas nos dias anteriores para a determinação da medida volumétrica dos sedimentos em suspensão. No dia seguinte à coleta, as amostras foram agitadas e colocadas no cone de imhof até a marca de 1 litro, ficando uma hora em decantação, após isso foi realizada a leitura do volume de sedimentos no cone em mililitros por litro.

Os resultados indicaram que as águas da Bacia do Rio Macaé apresentaram baixos níveis de sedimentos em suspensão variando de 0,01 a 0,30ml/l. Os maiores valores foram encontrados no Córrego Benfica (0,30ml/l) e nos rios da bacia do Rio São Pedro (0,05ml/l). Os demais pontos da Bacia do Rio Macaé apresentaram baixos valores de sedimentação de 0,01 a 0,03ml/l.

As bactérias do grupo coliformes são consideradas indicadores primários de contaminação fecal, e mais comumente aplicadas como indicadores de qualidade de água. A presença de coliformes fecais e totais em águas de rio deve-se principalmente ao saneamento deficiente (NOVAES, 1998).

O limite dos índices de colimetria presentes nas águas doces, para águas de classe I de acordo com a resolução Conama 20/86 (CONAMA, 1986) é de até 200 NMP/100ml para coliformes fecais e até 1000 NMP/100ml para coliformes totais.

Com relação às análises microbiológicas de coliformes fecais e coliformes totais os resultados obtidos confirmam que na bacia do rio Macaé verifica-se uma grande diversidade de situações, com rios limpos com baixos índices de coliformes fecais e totais, mas também com rios poluídos com elevado índice de colimetria e contaminação fecal.

No rio Macaé os valores de coliformes fecais variaram de <3 a >460NMP/100ml e os coliformes totais de 4 a >1100NMP/100ml. No seu alto curso, nos pontos 1 e 2, o rio Macaé apresentou baixo Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais e totais, demonstrando ser de excelente qualidade; porém nos pontos 3, 4 e 5, após o encontro com o rio Boa Esperança o NMP de coliformes aumenta (até 460 CF e >1100 CT) e confirma a poluição por esgotos dos rios da região; depois no ponto 6, após o Encontro dos Rios, o índice de coliformes diminui (15 102 CF e 93 CT), e a água volta a ser de boa qualidade. Esta queda provavelmente ocorre devido ao efeito diluidor do rio Bonito e autodepurador do rio Macaé.

Dentre os afluentes do rio Macaé que apresentaram menores índices de colimetria se destacam o rio das Flores, que drena uma área de cabeceira com grande preservação florestal e pequena ocupação de sítios, e o rio Bonito que é maior e mais ocupado por casas e sítios.

Em geral o rio Bonito também apresentou pequeno NMP de coliformes no seu alto curso, porém no seu médio curso ele aumentou e no baixo curso voltou a diminuir. Este rio recebe pequenas quantidades de esgoto doméstico e de criações animais, porém como drena uma grande bacia e apresenta elevada vazão o

efeito diluidor e autodepurador fazem com que a poluição seja assimilada pelo rio.

Dentre os rios da bacia com maiores índices de coliformes fecais e totais se destacam o córrego Benfica, o rio São Pedro e o rio Boa Esperança. O córrego Benfica foi o que apresentou pior qualidade com NMP >1100 em todas as amostras. Estes altos números de coliformes confirmam que o córrego Benfica é o rio mais poluído de toda a bacia do alto rio Macaé. A poluição se origina de dejetos de esgotos de muitas casas sem tratamento de esgoto além dos dejetos de animais de criações mal conduzidas.

O rio São Pedro também apresentou elevado NMP de coliformes fecais e totais nos seus dois pontos amostrais (alto e baixo). Este rio drena o vilarejo turístico de São Pedro da Serra, recebia grandes quantidades de esgotos domésticos, devido à ocupação desordenada e à ausência de um sistema de tratamento, esse quadro se agrava com a baixa vazão do rio.

O rio Boa Esperança também apresentou elevado NMP de coliformes fecais e totais. No seu alto curso (córrego Boa Vista) o NMP é mais baixo, porém após drenar os vilarejos de Boa Esperança e Lumiar o número de coliformes fecais e totais aumenta e torna impróprio para o banho alguns antigos pontos turísticos da região como o Poço Belo e o Poço Mágico.

Aplicação da resolução CONAMA 20/86 na bacia do rio Macaé

Considerando que o rio Macaé é um dos últimos rios naturais preservados no Estado do Rio de Janeiro, e tendo em vista que na área já existe uma forte dependência econômica do turismo, no qual um de seus maiores atrativos é o uso recreacional das águas, o rio Macaé e seus afluentes deveriam ser enquadrados na classe I, com

balneabilidade excelente por serem categorias mais restritivas e ideais para a preservação da qualidade da água.

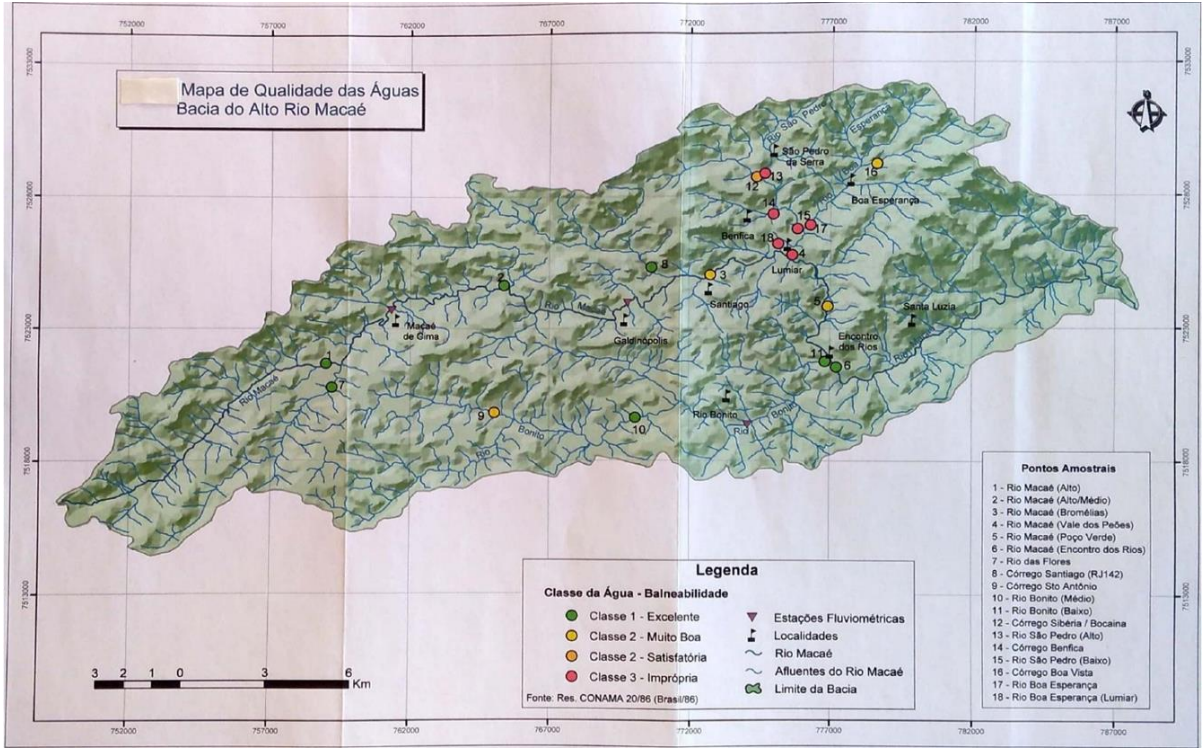
Apesar da Resolução Conama 20/86 (CONAMA, 1986) expor a necessidade de um monitoramento com levantamento amostral de 5 semanas consecutivas para fins de enquadramento nas classes, neste estudo devido às limitações de tempo e de recursos, somente foi possível realizar quatro baterias de 9 amostras cada, duas coletas em julho e duas em outubro/novembro de 2002, em 18 pontos amostrais distribuídos ao longo da bacia do alto/médio rio Macaé. Apesar disto resolvemos fazer uma comparação dos resultados obtidos com os parâmetros das classes de água estabelecidas na resolução.

Comparando-se os dados obtidos nas duas campanhas de coleta realizadas ao longo da bacia do rio Macaé, pudemos verificar que o rio Macaé e seus principais afluentes se encaixaram principalmente nos parâmetros das Classes I, II e III.

Na classe I e com excelentes condições de balneabilidade foram observados os pontos no rio Macaé N.º 1, 2 e 6 (Macaé de Cima, alto/médio, Bromélias e Encontro dos Rios) e os pontos Nº 7, 8, 10 e 11 dos afluentes: rio das Flores, córrego Santiago e rio Bonito. Esses pontos apresentaram os mais baixos níveis, de coliformes fecais e totais, de DBO 5, e os maiores níveis de oxigênio.

Na Classe II e com condições de balneabilidade muito boa foram observados os pontos localizados no rio Macaé nº 3 e 5 (Bromélias e Poço Verde), e os pontos no córrego Santo Antônio e córrego Boa Vista, com valores intermediários de coliformes fecais e totais. Também na Classe II, mas com condições de balneabilidade apenas satisfatória, estava o ponto Nº 12 no córrego Bocaina, que apresentou elevados valores de coliformes fecais e totais.

Figura 1 - Mapa de qualidade das águas da bacia do alto rio Macaé



Fonte: Amador (2003).

Na Classe III e com águas impróprias para o banho foram identificados os pontos Nº 4, 13, 14, 15, 17 e 18 no rio Macaé (Vale do Peões), no rio São Pedro (Alto e Baixo), no córrego Benfica e no rio Boa Esperança. Esses pontos apresentaram sinais de poluição por esgoto com altos valores de coliformes fecais e totais (NMP/100ml maior que 1100), menores valores de oxigênio dissolvido (5,70 mg/L-1 no C. Benfica) e maiores valores de DBO (2,64 mg/L-1 no C. Benfica).

Tendo como parâmetro de referência a Classe I da resolução Conama 20/86, no curso principal do rio Macaé os coliformes fecais apresentaram valores superiores a 200 NMP/100ml no Vale dos Peões e no Poço Verde e também nos pontos localizados no Córrego Sibéria/Bocaina, no rio São Pedro, no córrego Benfica e no rio Boa Esperança, nesses três últimos é que se observou a pior situação com NMP de mais de 1100 coliformes fecais a cada 100 ml de água. Com relação aos coliformes totais ultrapassaram o limite de 1000 NMP/100ml (Conama 20/86 - Classe I) os pontos localizados no rio Macaé na altura do Vale dos Peões, no rio São Pedro, no córrego Benfica e no rio Boa Esperança.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água, recurso vital para os homens e ecossistemas, está cada vez mais poluída e escassa no mundo, porém na bacia do rio Macaé ela ainda é abundante e em geral de boa qualidade. Prevendo-se uma crescente valorização deste recurso no futuro, pode-se constatar que a água é uma das maiores riquezas da região, no presente e no futuro, isto se a população garantir a limpeza dos rios mantendo as águas limpas.

A poluição dos rios sofre uma grande variação espacial, o rio Macaé em seu curso superior ainda é um dos rios mais limpos do

Estado do Rio de Janeiro, porém no seu médio curso, após Lumiar, já se encontrava gravemente poluído em 2002, ano em que o trabalho de pesquisa apresentado neste capítulo foi realizado. Em geral os rios de nascentes e cabeceiras, das porções mais altas da bacia, são mais limpos que os rios de jusante, mais sujos, pois já atravessaram vilarejos e/ou áreas de criações.

Da distribuição espacial da colimetria pode-se observar que no seu alto curso o rio Macaé é ainda um dos poucos rios naturais do estado que apresentam boa qualidade de água, com baixos níveis de coliformes fecais e totais, bons níveis de oxigenação, além de uma elevada vazão. Porém no seu médio curso após o encontro com o rio Boa Esperança a poluição já se faz presente com elevados níveis de coliformes fecais e totais.

Os resultados das análises de qualidade de água em 18 pontos da bacia do rio Macaé realizados em 2002 mostraram que: o rio Macaé no seu curso superior, assim como os afluentes rio Bonito e rio das Flores, apresentam águas com ótimas condições de qualidade; mas também confirmam que o rio São Pedro e rio Boa Esperança já se encontram muito poluídos, com elevados índices de coliformes fecais e totais; e que a poluição dos rios São Pedro e Boa Esperança está comprometendo a qualidade das águas do rio Macaé, no trecho entre Lumiar e o Encontro dos Rios.

Nos pontos de coleta nº 13, 14, 15, 17 e 18 nos rios São Pedro, Benfica e Boa Esperança, os níveis de poluição são alarmantes. Esses rios percorrem os principais vilarejos da região (Lumiar, São Pedro da serra, Boa Esperança e Benfica). Eles drenam áreas mais críticas da bacia e devem ser priorizados em ações de saneamento básico.

A poluição das águas da bacia do alto rio Macaé ocorre principalmente devido ao lançamento de esgotos não tratados nos rios, ao despejo de restos orgânicos de criações de animais (porcos,

galinhas, trutas etc.) e ao intenso uso de fertilizantes e agrotóxicos nas lavouras, que são drenados pelos lençóis subterrâneos.

Os principais responsáveis pela poluição são os proprietários de casas sem fossas, os criadores de animais que jogam os detritos nos rios, os agricultores que utilizam grandes quantidades de fertilizantes e agrotóxicos e o Poder Público, de uma forma geral, por omissão.

O esgoto é um dos maiores problemas da região, pois muitos moradores não têm fossas sépticas em suas casas, e os núcleos urbanos de Lumiar e São Pedro da Serra não têm sistema de saneamento básico com tratamento de efluentes. Grande parte do esgoto produzido na região vai direto para os rios, poluindo-os e tornando-os impróprios para o uso recreacional. A poluição dos rios inviabiliza esse uso da água e contribui para o esvaziamento turístico da área.

A poluição por agrotóxicos também tem sido causada por agricultores que usam herbicida, inseticidas químicos, em tudo, alguns lavam as bombas de aplicação nos córregos. E assim estão promovendo uma das piores formas de poluição dos rios e lençóis freáticos: por dejetos inorgânicos, sendo uma poluição letal e cumulativa.

Os rios devem ser vistos como um bem comum a toda a comunidade de Lumiar, São Pedro da Serra, e Boa Esperança. Os moradores e turistas devem perceber que o rio une e interliga a todos, que moram e usufruem de suas águas, os rios são bens públicos, todos são “donos” dos rios, devendo por isso zelar por sua limpeza e conservação.

As sociedades devem ter a preocupação com o bem-estar das futuras gerações, e isto implica em se cuidar bem da nossa morada, ou seja, criar formas de manejo da terra que tenham compromisso com a sustentabilidade humana e ambiental a médio e longo prazos.

Como possíveis soluções para a diminuição do problema da poluição do rio Macaé e afluentes foram sugeridas as seguintes ações:

- Promover mutirões comunitários de despoluição, conscientização e limpeza dos rios com coleta de lixo, construção de fossas e educação ambiental. Esses mutirões devem mobilizar os moradores e turistas, através de trabalho voluntário, em prol de um ambiente mais limpo e saudável e deve ter um caráter periódico e permanente;
- Construir estações de tratamento de esgoto e fossas sépticas;
- Realizar campanhas visando à diminuição do uso de agrotóxicos;
- Cobrar da Prefeitura e órgãos ambientais (Secretaria do Meio Ambiente, INEA - Instituto Estadual do Ambiente e IBAMA) a fiscalização ambiental, sanitária e o controle dos dejetos das criações de animais;
- Promover debates técnicos e comunitários, sobre assuntos variados, por exemplo: agrotóxicos, erosão, poluição, ecoturismo etc. com a participação de moradores agricultores, e especialistas técnicos (Universidade, Emater, Ação Rural, IBAMA, INEA). Contribuindo para criar uma base teórica e científica para os programas de despoluição e educação ambiental;
- Incentivar a criação de uma consciência e mentalidade ecológica nos moradores e turistas, de respeito ao bem comum (rios, ambiente e natureza) e respeito ao próximo (homens);
- Promover educação ambiental de casa em casa de forma permanente com a criação de folhetos, cartilhas, placas educativas, veiculação de propaganda ecológica através de jornal, rádio e televisão.

Adicionalmente devemos lembrar e pôr em prática as considerações e propostas da Carta de Lumiar, manifesto assinado por diversas entidades serranas em 10/08/2002, por ocasião das discussões sobre uma proposta de "Estrada Parque Serramar".

Devemos sim nos preocupar com os impactos que decorrerão do crescimento das atividades turísticas da região, aumento de população, com aumento de esgoto e lixo, geração de novos problemas e ampliação de problemas já existentes. Impactos culturais. Pasteurização da cultura local. Estas preocupações devem merecer plano de ação permanente dos municípios e do estado. Pressionar as autoridades competentes, particularmente dos municípios, no sentido de que seja elaborado o Plano Diretor, que assegure o desenvolvimento da região, segundo os princípios da sustentabilidade, com a participação da comunidade.

Que os órgãos ambientais tenham uma ação mais integrada com a comunidade possuam atuação mais efetiva na área que já apresenta graves problemas ambientais, e utilizem estratégia mais preventiva e educacional do que repressiva. O homem do campo precisa ser ganho para a causa ambiental.

Que sejam apoiadas as iniciativas e projetos voltados para o fortalecimento do ecoturismo, da educação ambiental, de uma agricultura ambientalmente sustentável apoiada na agroecologia e agricultura orgânica e da conservação das tradições culturais da região.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Geomorfologia da região de Nova Friburgo**. São Paulo: AGB, 1958.

AMADOR, A. B. **O Turismo e as Transformações Socioespaciais em Lumiar e São Pedro da Serra - Nova Friburgo-RJ** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

AMADOR, A. B. **Qualidade das águas no Alto Rio Macaé Nova Friburgo – RJ** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFF, 2003.

AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e Ecossistemas periféricos**: Homem e Natureza (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 1997b.

AMADOR, E. S.; PINTO, C. A. L. **Estudo das potencialidades e fragilidades ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé de Cima, N. Friburgo, RJ**. Rio de Janeiro: Relatório FAPERJ, 1991.

AMARAL, S. B. **Aspectos da relação entre uso-ocupação do solo e qualidade da água na Bacia do R. Pequeno, S.J. Pinhais/PR** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Curitiba: UFP, 2002.

ANA - Agência Nacional das Águas. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Minuta Doc. Base de Ref**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 15/10/2003.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. "Regionalização de Vazões Bacia do Atlântico, Trecho Sudeste, Sub Bacias 82, 83 e 84". **Portal Eletrônico da LABDREN** [2003]. Disponível em: <http://www.labdren.ufsc.br>. Acesso em: 15/10/2003.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 13ª edição Washington: APHA, 1975.

BAPTISTA, D. **Estrutura e função de comunidades de insetos aquáticos em um sistema fluvial de Mata Atlântica no Sudeste brasileiro** (Tese de Doutorado em Ciências Biológicas). Rio de Janeiro: UFRJ, 1998.

BARROS, R. C. "A agricultura e suas implicações na qualidade da água dos rios formadores da bacia do rio Grande, Nova Friburgo/RJ". **Anais do Congresso de Geografia Agrária**. Petrolina: UGI, 2002.

BOHRER, C. B. A. **Ecology and Biogeography of a Atlantic Montane Forest in Southeastern Brazil** (Ph.D. Thesis in Geography). Edinburgh: University of Edinburgh, 1998.

BRANCO, S. M. **Poluição a morte dos nossos rios**. São Paulo: ASCETESB, 1983.

CASTRO, C. M. B. **Aspectos qualitativos das águas naturais** – Notas de aula. Porto Alegre: UFRGS/ Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1997.

COELHO NETTO, A. L. "Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia". *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1994.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n.º 20/1986**. Brasília: SEMA, 1986. Disponível em: <www.legisweb.com.br>. Acesso em: 30/06/2003.

COSTA, H. **Subsídios para gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos Rios Macacu, São João, Macaé e Macabu**. Rio de Janeiro: SEMADS, 1999.

DEBERDT, A J. "A análise da água". **Portal Eletrônico da EDUCAR/USP** [2002]. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia>. Acesso em: 30/06/2003.

DNPM-CPRM - Departamento Nacional da Produção Mineral / Serviço Geológico do Brasil. **Projeto faixa calcária Cordeiro-Cantagalo**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1980.

DRM – Departamento de Recursos Minerais. "Qual a origem do relevo da Serra do Mar?". **Portal Eletrônico da DRM** [2003]. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br>. Acesso em: 30/10/2003.

ECOLOGUS - Ecologus Engenharia Consultiva Licenciamento Ambiental. **Estudo de disponibilidade hídrica da Bacia do Rio Macaé**. Rio de Janeiro: SERLA, 2002.

FIDERJ - Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. **Indicadores climatológicos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FIDERJ, 1978.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Portaria do Ministério da Saúde - nº 1469/GM, de 29 de dezembro de 2000**. Brasília: FUNASA, 2000. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br>. Acesso em: 30/10/2003.

LAMEGO, A. R. **O Homem e a Serra. Setores da Evolução Fluminense**, vol. IV. Rio de Janeiro: IBGE/CNG, 1963.

LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.). **Serra de Macaé de Cima**: Diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997.

LIMA, M. P. M.; GUEDES-BRUNI, R. R. (orgs.). **Reserva ecológica de Macaé de Cima**: Nova Friburgo - RJ. Aspectos Florísticos das espécies vasculares, vol. 1. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1994.

MAYER, J. "A criação de Nova Friburgo". *In*: ARAÚJO, J. R.; MAYER, J. *et al*. **Teia Serrana - Formação histórica de Nova Friburgo**. Rio de Janeiro: Editora Ao Livro Técnico, 2003.

MILLER, D.; WARREN, R.; MILLER, I. **Orquídeas do Alto da Serra da Mata Atlântica Pluvial do Sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Salamandra, 1996.

MORETT, A. T.; MAYER, J. "A questão ambiental em Nova Friburgo". *In*: ARAUJO, J. R. *et al*. **Teia Serrana** – Formação histórica de Nova Friburgo. Rio de Janeiro: Editora Ao Livro Técnico, 2003.

MURARO, L. G. **Caracterização da qualidade da água ao longo do curso do Rio dos Macacos, Município do Rio de Janeiro, RJ (Trabalho de Conclusão de Curso em Oceanografia)**. Rio de Janeiro: UERJ, 2001.

NOVAES, C. **Caracterização Hidrogeoquímica e influências antrópicas na bacia do rio das Pedras (Itatiaia-RJ)** (Dissertação de Mestrado em Geociências). Niterói: UFF, 1998.

OLIVEIRA, W. B. "Hidrosfera a água do planeta". *In*: BARBOZA, T. S.; OLIVEIRA, W. B. **A Terra em transformação**. Rio de Janeiro: Editora Qualimark, 1992.

RADAMBRASIL. **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e UPotencial da Terra**. Levantamento de Recursos Naturas. 32. Folha S.F. 23/24 – RJ. Rio de Janeiro: MME, 1983.

ROQUETTE PINTO, C. L.; GUIMARÃES, L. R. **Recuperação das microbacias dos rios Boa Esperança e São Pedro, localizados no Mun. Nova Friburgo, através da utilização da tecnologia do aguapé e obtenção dos seus sub-produtos**. Rio de Janeiro: Relatório CNPQ. INT, 1993.

SANTOS, A. C. "Noções de hidroquímica". *In*: FEITOSA, F. A. C.; FORTALEZA, J. M. F. (orgs.). **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

SILVA, M. M. *et al*. "Aspectos da qualidade das águas do Rio Boa Esperança, em Lumiar, Rio de Janeiro, Brasil". **Anais do Congresso Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Curitiba: SBGFA, 1997.

SOARES, D. M. **Terra friburguense**. Rio de Janeiro: Nova Friburgo, 1960.

YOKOYAMA, L. **Estudo de interconversão de iodo em água do mar** (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1999.

CAPÍTULO 4

Erosão e Conservação dos Solos na APA Macaé de Cima: Estudos de Caso nas Sub-Bacias do Rio das Flores e do Rio Boa Esperança

EROSÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NA APA MACAÉ DE CIMA: ESTUDOS DE CASO NAS SUB-BACIAS DO RIO DAS FLORES E DO RIO BOA ESPERANÇA[11]

Hugo Alves Soares Loureiro

Luana Balbino dos Santos

Fábio da Silva Lima

Antonio José Teixeira Guerra

O presente capítulo é produto de pesquisas realizadas no âmbito do projeto "Caracterização e análise espaço-temporal do uso e ocupação da terra na Área de Proteção Ambiental (APA) de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ, com ênfase nos processos geomorfológicos erosivos e deposicionais nas encostas". Esteve em vigor entre os anos de 2009 e 2011, com financiamento do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Seu principal objetivo era analisar a problemática advinda das mudanças de uso e ocupação da terra, considerando os processos geomorfológicos de erosão e deposição. Seus estudos envolveram análises integradas de geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal, uso da terra e clima, enquanto fontes básicas de informação para o diagnóstico e avaliação dos processos de degradação das encostas nas bacias hidrográficas inseridas na APAMC, que correspondem ao alto curso da bacia hidrográfica do rio Macaé, ou seja, suas nascentes. Por se tratar de projeto do laboratório como um todo, cada pesquisador (de mestrado e iniciação científica) adotou o

[11] Agradecimentos às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPERJ pelo financiamento de bolsas e projetos de pesquisa. Aos então membros do LAGESOLOS que participaram deste projeto na época de sua realização.

recorte espacial mais apropriado ao desenvolvimento de seus trabalhos, considerando o tempo de pesquisa disponível e seus diferentes objetivos. Os recortes adotados foram: a própria APAMC, incluída a questão da sobreposição com outras Unidades de Conservação (UCs); as sub-bacias dos rios Bonito, das Flores, Boa Esperança; São Pedro (no alto curso da bacia, no distrito de São Pedro da Serra); e São Romão.

O referido projeto fez parte de um período de pesquisas realizadas nas encostas da bacia do rio Macaé (entre os anos de 2006 a 2013), pelo LAGESOLOS-UFRJ. Diretamente de seus estudos foram desenvolvidas, uma monografia (trabalho de conclusão de curso – TCC) (LOUREIRO, 2010), um resumo expandido (BRIZZI *et al.*, 2012) e cinco trabalhos completos em eventos científicos nacionais (MENDES *et al.*, 2009; LOUREIRO *et al*., 2010; SANTOS *et al*., 2010; NEVES *et al*., 2011; SANTOS, *et al*., 2011), três dissertações de mestrado (LIMA, 2010; MENDES, 2010; SANTOS, 2011) e um artigo na Revista Brasileira de Geografia Física, já no ano de 2015 (SANTOS; GUERRA, 2015), além de algumas jornadas de iniciação científica da UFRJ. Contribuiu indiretamente para outros projetos, no médio e no baixo cursos da bacia do rio Macaé, portanto fora da APAMC, que resultaram em mais duas monografias (NEVES, 2011; SILVA, 2012), uma dissertação (LOUREIRO, 2013) e dois artigos em periódicos científicos (CASTRO *et al*., 2010; SILVA *et al*., 2012).

Neste capítulo, a questão central é o contexto de degradação versus a conservação presente na APAMC, em que o uso e cobertura do solo nas encostas e a conservação da Mata Atlântica possuem relação direta perante os processos erosivos e a estrutura florestal, refletindo na fragilidade ambiental da área. Por ser uma Unidade de Conservação de uso sustentável, o equilíbrio entre as atividades econômicas e a proteção da natureza é fundamental.

A Mata Atlântica é detentora de uma das maiores biodiversidades e de alto endemismo de espécies, e ao mesmo tempo um dos biomas mais ameaçados do mundo. Este bioma possui alguns de seus principais remanescentes localizados na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde situa-se a área de estudo, e sua conservação e preservação são muito importantes (MENDES, 2010; SANTOS; GUERRA, 2015).

À época dos estudos, a APAMC era relativamente nova – criada pelo decreto 29.213 de 14 de setembro de 2001, de acordo com o site do Instituto Estadual do Ambiente (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2001). Passava, ainda, pela formulação de seu plano de manejo, que viria a ser aprovado anos depois, pela Resolução INEA n° 101, de 19 de novembro de 2014. Além disso, conforme apontaram Mendes *et al*. (2009), a sobreposição com outras UCs, era um fator que poderia gerar conflitos de gestão.

Portanto, é imprescindível compreender o comportamento do solo frente à dinâmica de modificação de uso e cobertura. A erosão dos solos é um processo geomorfológico natural de evolução das encostas, mas as atividades humanas sobre o relevo, transformando paisagens, como agricultura, pecuária, lazer e ocupação respondem pela aceleração de processos erosivos. Estes, por sua vez, podem gerar impactos negativos ao meio físico e riscos a atividades e vidas (MORGAN, 2005; GUERRA, 2016; GOUDIE, 2020; GUERRA *et al*., 2020).

Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo principal analisar os efeitos dos usos e coberturas do solo na sua suscetibilidade à erosão, a fim de verificar o quadro de degradação, ou conservação, em diferentes ambientes da APAMC. Para tal, foram estabelecidos como objetivos específicos a análise da estrutura florestal e da erodibilidade dos solos, além da classificação de áreas quanto à fragilidade ambiental.

O capítulo fica, então, estruturado da seguinte maneira: na seção 2, a fundamentação teórica-metodológica do desenvolvimento da pesquisa, de forma pertinentemente resumida, bem como breve apresentação das áreas estudadas; na seção 3, a apresentação e discussão dos resultados da pesquisa, subdivididos em (a) análise da erodibilidade dos solos, (b) análise da estrutura florestal e de serrapilheira, e (c) mapeamento da fragilidade ambiental; e na seção 4, as considerações finais, retomando o objetivo principal do estudo.

ABORDAGENS NA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS SOLOS FRENTE À EROSÃO

Este estudo trabalha três abordagens com intuito de avaliar as condições de conservação e degradação dos solos na APAMC, em relação à erosão: a erodibilidade do solo, a fragmentação florestal e seu estoque de serrapilheira, e o mapeamento da fragilidade ambiental.

O processo erosivo hídrico possui condicionantes que interagem entre si e de diferentes formas respondem por determinadas taxas erosivas, o que leva à necessidade de seu estudo e compreensão em detalhe, quanto a como, onde e por quê ocorrem (MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; WANG *et al*., 2019; GUERRA *et al*., 2020). Os fatores controladores mais comuns de serem analisados são as propriedades físicas e químicas dos solos (erodibilidade), a erosividade das chuvas, as características das encostas, a cobertura vegetal ou o uso e cobertura da terra (GUERRA, 2007; LIMA *et al*., 2008; DENG, *et al.*, 2019).

A erodibilidade significa a maior ou menor resistência do solo quanto à remoção e ao transporte, em resposta às interações entre as propriedades do solo, que variam no tempo e espaço, cuja dinâmica com os demais fatores controladores e as modificações nos

usos e manejos do solo e forças exógenas atuantes vão indicar a suscetibilidade à erosão (MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; IBGE, 2009; WANG *et al*., 2019).

De maneira geral, indicadores de maior estabilidade para os solos frente a sua erodibilidade são, por exemplo, possuírem texturas mais argilosas, com menores teores de areia fina e silte, teores de matéria orgânica (MOS) acima de 3,5%, densidade do solo menor que 1,0g/cm³ e porosidade total superior a 50%. Ou seja, a argila em combinação com maiores quantidades de MOS, conferem ao solo maior cimentação e, por conseguinte, maior estabilidade, enquanto que areia fina e silte são as frações de mais fácil remoção, logo sua maior combinação eleva a erodibilidade. Já a densidade do solo e a porosidade total refletem o seu grau de compactação, influenciando diretamente a infiltração e a geração de escoamento superficial. Assim, solos com maior densidade e menor porosidade dificultam a infiltração, favorecendo o escoamento, aumentando a erosão (FULLEN; CATT, 2004; MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; LIMA, 2008; LOUREIRO, 2013; 2019; RANGEL; GUERRA, 2018; GUERRA *et al*., 2020).

A fragmentação florestal ocorre pela subdivisão de um ecossistema, seja por causas naturais ou ações humanas, resultando numa paisagem que apresenta a permanência dos fragmentos da cobertura original, em meio a uma matriz de características completamente diferentes (SANTOS, 2011; SANTOS; GUERRA, 2015). Ou seja, estabelece um grau de ruptura para uma unidade de paisagem anteriormente contínua (METZGER, 2003), o que torna a conservação do bioma e sua biodiversidade mais difícil (ZAÚ, 1998; PÁDUA, 2002).

Como efeito desta mudança, altera-se o regime hídrico e as dinâmicas internas da comunidade biótica, a exemplo do aumento das trepadeiras (SAUNDERS *et al*., 1991). Ou, ainda, a invasão de espécies alóctones, bem como a ampliação do efeito de borda e

consequente perda de biodiversidade, que pode levar à homogeneização biótica dos fragmentos (TURNER, 1996; OLIVEIRA *et al*., 2004).

A constante ameaça das ações antrópicas sobre os remanescentes florestais leva-os a diferentes estágios de sucessão ecológica, o que os coloca com diferenças em estrutura, composição florística, ciclagem de nutrientes e propriedades físicas e químicas do solo, que vão indicar o grau de interferência (degradação ou conservação) da área florestada (SANTOS, 2011).

A fragilidade ambiental é conceituada com base na teoria geral dos sistemas e nas concepções de Tricart (1977) sobre unidades ecodinâmica e ecossistema, de onde Ross (2011) constrói a metodologia de análise da fragilidade dos ambientes (FIERZ, 2008; AMARAL; ROSS, 2009; GAYOSO, 2014; MOROZ-CACCIA GOUVEIA; ROSS, 2019; SOUZA *et al*., 2020). A fragilidade se traduziria, então, como o grau de facilidade com que o relevo é alterado por fatores naturais ou antrópicos, a partir de seu momento de equilíbrio, ou ainda, como a resistência do sistema às alterações, ou seja, sua propensão a ser desmantelado (FIERZ, 2008; GAYOSO, 2014). Este último autor reforça, também, a ideia de que cada sistema possui suas próprias características dinâmicas, com distintos níveis de fragilidade, podendo ser avaliados quanto a seu momento clímax e possibilidades de alterações funcionais e morfológicas.

Ross (2011) estabelece a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais, ou dos ambientes sob forte influência antrópica. Sua análise compreende a fragilidade potencial, que relaciona os fatores naturais da paisagem e a fragilidade emergente. Há o exemplo da relação de fragilidade potencial, quando se associa a cobertura do solo e as intervenções antrópicas.

Em termos metodológicos, a fragilidade ambiental representa, portanto, uma hierarquização de áreas, conforme seus

diferentes níveis de suscetibilidade à degradação, permitindo apontar áreas mais e menos frágeis a determinados usos e as ações necessárias em termos de nível de cautela e quais podem ser os níveis de impactos causados (FRANCO, 2008; LIMA, 2010).

O conceito de fragilidade ambiental pode ser analisado conjuntamente aos de vulnerabilidade, suscetibilidade, sensibilidade da paisagem e impacto ambiental. Neste sentido, indicamos o trabalho de Lima (2010) para maiores detalhes. Este autor indica que há aqueles que consideram semelhantes vulnerabilidade e suscetibilidade, mas que há diferenças significativas para o entendimento de processos erosivos. Pois, certo solo, dadas suas características, pode ser mais suscetível à erosão, mas se possuir vegetação adequada à sua proteção, não estará vulnerável, quer dizer, exposto ao fenômeno (CUTTER, 1996; SANTOS, 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida nas sub-bacias do rio das Flores e do rio Boa Esperança, no município de Nova Friburgo (RJ). A análise da erodibilidade dos solos foi realizada em ambas, enquanto a análise da estrutura florestal e estoque de serrapilheira e o mapeamento da fragilidade ambiental foram realizados na segunda.

A sub-bacia do rio das Flores situa-se entre Macaé de Cima e Rio Bonito de Lumiar, no distrito de Lumiar (Nova Friburgo-RJ), com área de 17,15 Km². O rio das Flores possui 11,84 Km de extensão, percorrendo aproximados 800 metros de amplitude altimétrica, com o ponto mais alto da bacia a 1.720 metros acima do nível do mar (NEVES *et al*., 2011). Como área de importante remanescente da Mata Atlântica, possui matas nativas preservadas, pelas características do relevo e o histórico de ocupação da região (MENDES, 2010). Há tanto florestas clímax quanto em estágios

médio e avançado de regeneração (BOHRER *et al*., 2005; MENDES, 2010). Há, ainda, áreas de pasto com reduzida utilização e pastos abandonados, marcadas pelos terracetes de pisoteio de gado e presença de formigas. Predominam Cambissolos e a pluviosidade registra médias anuais acima de 2000 mm na região (LIMA, 2008; MENDES, 2010).

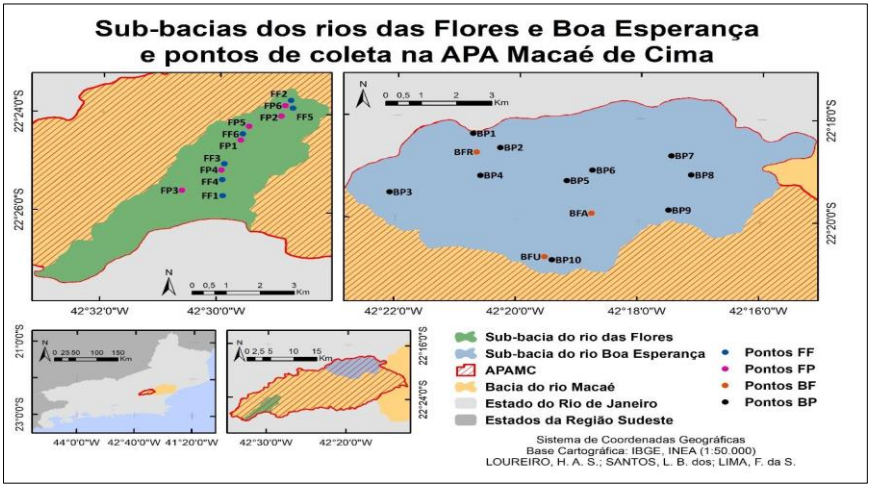
A sub-bacia do rio Boa Esperança possui 52,7 Km² de área, abrangendo os distritos de São Pedro da Serra e Lumiar, sendo os principais cursos d'água os rios São Pedro e Boa Esperança, com 7,3 e 8,7 km de extensão, respectivamente. Que percorrem, também, elevado gradiente topográfico entre a confluência com o rio Macaé e o ponto mais alto de seus divisores, superior a 1000 metros (LIMA, 2010; SANTOS; GUERRA, 2015). Isto caracteriza a presença de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos rochosos (DANTAS, 2000). O uso do solo na sub-bacia se dá principalmente para a agropecuária e voltado a atividades turísticas. Tal uso ameaça os remanescentes florestais, com desmatamento para aumento de áreas e ocupação crescente, que intensifica os processos de erosão na área (BOHRER; BARROS, 2006; SANTOS; GUERRA, 2015).

Para avaliar a erodibilidade dos solos foram coletadas amostras volumétricas (indeformadas), com coletor volumétrico de Kopeck, para análise da Densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) – na profundidade de 0 a 10 cm – e amostras deformadas, com trado holandês, para análise granulométrica, do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e pH.

Como resultados para este capítulo são apresentadas as médias dos valores das análises de cada amostra de solo de cada fragmento florestal da Bacia do rio Boa Esperança e os valores de 0 a 20 cm para as coletas nas encostas da mesma bacia e da bacia do rio das Flores. Os pontos na bacia do rio das Flores se dividem em **FF** (Flores Floresta) e **FP** (Flores Pasto), enquanto na bacia do rio Boa Esperança foram nomeados como **BP** (Boa Esperança Pasto) e

BF (Boa Esperança Fragmentos Florestais), apresentados na figura 1. Para verificar as análises na profundidade de 20 a 40 cm indicamos os trabalhos de Lima (2010), Loureiro *et al*. (2010) e Neves *et al*. (2011). Já para detalhes das análises das 7 amostras em duplicata de cada fragmento, feitas a cada 10 metros, através de um transecto de 60 m de comprimento e 5 m de largura, recomenda-se a leitura de Santos (2011) ou Santos e Guerra (2015).

Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudos



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Mapa de localização das áreas de estudos, com detalhamento dos respectivos pontos de coletas de amostras de solos, por tipo de uso da terra como floresta, fragmento florestal e pasto.

As análises de laboratório para as propriedades físicas (granulometria, DS e PT) e pH seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (DONAGEMA, 2011). Já as análises de MOS – que à época do projeto não puderam ser realizadas para a bacia do Rio das Flores – seguiram duas metodologias distintas. Para as encostas dos fragmentos florestais a MOS foi estimada pelo

método de Análise do Carbono Orgânico (DONAGEMA, 2011), com a oxidação da matéria orgânica em via úmida. Enquanto que para as demais encostas, em áreas de gramíneas (pastagens), foi realizada a queima da MOS, há 500°C, segundo o Manual de Pedologia do IBGE (2007). A primeira técnica é um método indireto e a segunda, um método direto, sendo que ambas apresentam limitações. Normalmente os valores de MOS são subestimados no primeiro método e superestimados no segundo. Para maior detalhamento sobre essas diferenças, consulte a pesquisa de Loureiro (2013).

Para responder ao objetivo de análise da estrutura florestal, foi caracterizada a dinâmica das relações entre a estrutura da vegetação e o estoque de serrapilheira, somada às propriedades do solo, para entender como a fragmentação florestal na APAMC põe em risco os sistemas florestais.

Para tanto, foram analisados três fragmentos florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança. Um fragmento isolado menor (cerca de 64 ha), inserido numa matriz de núcleo urbano (**BFU**), no centro de Lumiar; um fragmento isolado maior (cerca de 167 ha), cercado por área agrícola (**BFA**), ao longo da estrada que conecta os distritos de São Pedro da Serra e Boa Esperança; e um fragmento florestal conectado à remanescente florestal de mata atlântica (**BFR**), ao norte da sub-bacia.

Para caracterizar a vegetação foi feita amostragem em campo do maior número possível de árvores na área dos transectos de coleta de amostras de solo, utilizando os seguintes indicadores de estágios de sucessão e/ou grau de integridade da floresta: (a) altura média das árvores; (b) altura do fuste (entre o solo e a copa, a parte principal do caule da árvore), medido com uma régua; (c) o diâmetro a altura do peito (DAP), medido com fita métrica a 1,30 m do solo; além de anotações de campo quanto à abertura do dossel, presença de estrato arbustivo, epífitas, árvores mortas, bambuzais, evidências de corte e

trilhas dentro dos fragmentos. Foram 84 árvores medidas em **BFU** e **BFR**, e 79 em **BFA**.

A serrapilheira foi coletada no horizonte holorgânico do solo, dada sua relação com o funcionamento dos remanescentes, utilizando-se uma superfície amostral conhecida de **50 cm x 50 cm**, para descrição em laboratório. Neste, após secagem em estufa, o material foi separado e pesado por diferentes frações, conforme suas camadas, seguindo os trabalhos de Babel (1975) e Garay e Silva (1995). Com 14 amostras em cada fragmento, foram 42 amostras de serrapilheira no total. Mais detalhes podem ser consultados em Santos (2011).

A classificação da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança segundo sua fragilidade ambiental foi realizada pela análise e combinação de diversos elementos, através de diferentes produtos cartográficos. As bases para gerar o mapa síntese da fragilidade ambiental foram os mapeamentos de suscetibilidade do solo à erosão, de vulnerabilidade do solo (a partir do uso e cobertura da terra), e dos mapas de características das encostas (declividade, curvatura/forma e orientação das encostas). Para sua elaboração foram utilizados: (a) análises de amostras de solo (10 pontos de coleta, de BP1 a BP10); (b) *shapefiles* da carta topográfica (Quartéis, escala 1:50.000) do IBGE; (c) fotografias aéreas (ortofotomosaico, escala 1:25.000) do IBGE (2008); (d) imagens de satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor AVNIR-2, de 2009.

Através do georreferenciamento e da modelagem, foram produzidos mapas de uso da terra, grau de declividade, forma das encostas (convergência e divergência de fluxos), orientação de encostas, vulnerabilidade do solo, suscetibilidade do solo à erosão e, por fim, o mapa de fragilidade ambiental da área estudada. Cabe mencionar que estes seguiram os critérios cartográficos de precisão adequados à época dos estudos, que podem ser verificados em detalhe no trabalho de Lima (2010).

Os resultados das análises de textura, porosidade e matéria orgânica de BP1 a BP10 foram representados por seus respectivos mapas temáticos. Estes compuseram o mapa síntese de suscetibilidade do solo, todos gerados no *software* ArcGIS 9.3. Já o mapa de uso e cobertura da terra serviu de base para produzir o mapa que classificou as áreas da bacia quanto à vulnerabilidade do solo. Além desses, foram elaborados mapas de declividade, forma e orientação das encostas, por meio da geração de Modelos Numéricos de Terreno (MNT).

Ainda que mais detalhes metodológicos possam ser verificados em Lima (2010), cabe destacar algumas etapas: (1) o georreferenciamento das fotografias aéreas do ortofotomosaico do Rio de Janeiro (ano de 2005), IBGE (2008) e das imagens ALOS (AVNIR-2) foi realizado por meio de trabalho de campo, com obtenção precisa de coordenadas com dois aparelhos de DGPS (*Differential Global Positioning System*), segundo Fernandes (2004), Huerta *et al.* (2005) e Reis (2008); (2) nas fotografias aéreas foi realizada a vetorização, por classificação manual, no *software* ArcGIS 9.3; (3) nas imagens de satélite foi feita a classificação supervisionada (semiautomática), no *software* Spring 5.1, segundo Burrough e Mcdonell (1998), Fernandes (2004) e Reis (2008).

Assim, para elaboração do mapa de fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Boa Esperança, foram atribuídas notas (pesos) para cada fator, quais sejam: fator solo (suscetibilidade à erosão) com 30%; fator uso da terra (vulnerabilidade do solo) com 30%; fator topográfico (inclinação, forma e orientação da encosta), com 40%. A pluviosidade acabou sendo considerada uma constante por só haver uma estação pluviométrica na sub-bacia.

RESULTADOS

Cada seção a seguir traz os resultados de diferentes análises, que convergem para a verificação do quadro de conservação x degradação da APA Macaé de Cima, correlacionando-se entre si.

A erodibilidade dos solos

Os resultados da granulometria indicam solos de textura média nas sub-bacias dos rios das Flores e Boa Esperança, se considerarmos o triângulo textural simplificado, conforme Lepsch (2011). Mais especificamente, são solos com texturas franca, franco siltosa, franco arenosa e franco argilo-arenosa, como pode ser verificado na tabela 1.

A classificação textural é um importante indicador para a erodibilidade dos solos, pois classes médias de textura, principalmente franco arenosa, arenosa e as com maiores teores de silte, estão entre as de maior propensão à erosão (FULLEN; CATT, 2004; GUERRA, 2016; POESEN, 2018). Logo, é possível dizer que, a depender de outros fatores controladores do processo erosivo, os solos nas sub-bacias integrantes da APAMC são mais suscetíveis à erosão.

Nesse sentido, cabe frisar, que uma combinação de areia fina e silte a partir dos 400g/kg (40%) da amostra de solo, corresponde a solos mais vulneráveis aos processos erosivos, como apontam inúmeros autores (FULLEN; CATT, 2004; MORGAN, 2005; LOUREIRO, 2019).

Tabela 1 – Resultados das análises em laboratório das propriedades físicas dos solos das sub-bacias do rio das Flores e do rio Boa Esperança

Amostras (0-20 cm)	Granulometria (g/Kg)						DS (g/cm³)	PT (%)	MOS* (%)	pH	Classe Textural
	AF	AG	AT	SIL	ARG	AF + SIL					
FF1	122	351	472	383	145	505	0,86	64,6	n.d.	3,78	Franca
FF2	164	467	631	237	132	401	1,10	56,1	n.d.	4,19	Franco arenosa
FF3	103	335	438	192	370	295	0,91	63,2	n.d.	4,08	Franca
FF4	101	409	510	138	352	239	0,48	78,7	n.d.	4,06	Franca
FF5	129	434	563	192	245	321	1,14	53,1	n.d.	4,23	Franco argilo-arenosa
FF6	225	410	635	261	104	486	1,07	58,0	n.d.	4,26	Franco arenosa
FP1	98	453	551	219	230	317	1,10	53,3	n.d.	4,15	Franco argilo-arenosa
FP2	174	353	526	284	190	458	1,27	57,5	n.d.	4,26	Franco arenosa
FP3	280	321	601	267	132	547	1,29	49,2	n.d.	4,34	Franco arenosa
FP4	138	327	465	329	206	467	1,09	56,1	n.d.	4,22	Franca
FP5	125	343	468	293	239	418	1,04	58,9	n.d.	4,26	Franco argilo-arenosa
FP6	111	442	553	171	276	282	1,08	57,4	n.d.	4,08	Franco argilo-arenosa
BFU1	n.d.	n.d.	573	218	209	n.d.	1,14	50,8	2,17	3,87	Franco argilo-arenosa
BFU2	n.d.	n.d.	517	274	209	n.d.	1,22	53,6	2,77	3,86	Franco argilo-arenosa
BFR1	n.d.	n.d.	447	302	250	n.d.	0.93	60,1	4,70	3,80	Franca
BFR2	n.d.	n.d.	432	317	251	n.d.	0,99	62,6	4,93	3,90	Franca
BFA1	n.d.	n.d.	629	220	151	n.d.	1,13	52,8	2,78	3,84	Franco arenosa
BFA2	n.d.	n.d.	640	226	134	n.d.	1,16	53,8	3,17	3,88	Franco arenosa
BP1	69	256	325	577	98	646	0.98	59,8	6,70	n.d.	Franco siltosa
BP2	194	245	439	431	130	625	1,33	46,2	8,70	n.d.	Franca
BP3	185	355	540	312	148	497	1,39	54,7	8,00	n.d.	Franco arenosa
BP4	191	232	423	516	61	707	0,92	62,4	4,90	n.d.	Franco siltosa
BP5	188	293	481	390	129	578	1,23	50,0	4,50	n.d.	Franca
BP6	161	158	319	575	106	736	1,05	56,0	5,80	n.d.	Franco siltosa
BP7	169	192	361	541	98	710	1,21	51,2	4,30	n.d.	Franco siltosa
BP8	141	240	381	475	144	616	1,08	55,8	8,30	n.d.	Franca
BP9	128	234	362	587	51	715	1,15	55,0	3,10	n.d.	Franco siltosa
BP10	153	232	385	458	157	611	1,29	47,8	4,00	n.d.	Franca

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Resultados das análises em laboratório das propriedades físicas (granulometria, densidade e porosidade) e químicas (matéria orgânica e pH) dos solos das sub-bacias do rio das Flores e do rio Boa Esperança, inseridas na APA Macaé de Cima (Nova Friburgo-RJ). Onde, AF – areia fina; AG – areia grossa; AT – areia total; SIL – silte; ARG – argila; AF+SIL – soma de areia fina e silte; DS – densidade do solo; PT – porosidade total; MOS – matéria orgânica do solo; FF – Flores Floresta; FP – Flores Pasto; BFU – Boa Esperança Fragmento Urbano; BFR – Boa Esperança Fragmento Remanescente; BFA – Boa Esperança Fragmento Agrícola; BP – Boa Esperança Pasto; n.d. – não há dados.

Este valor foi superado nas amostras **FF1**, **FF2** e **FF6**, com cobertura florestal, e **FP2** a **FP5**, com cobertura de pastos e pastos abandonados, na sub-bacia do rio das Flores; e em todas as amostras **BP** (1 a 10), em áreas não florestadas, geralmente pastagens, na sub-bacia do rio Boa Esperança, chegando a valores acima de 600g/kg a até 736g/kg, em **BP6** (tabela 1). Ou seja, se as frações silte e areia fina são, nesta ordem, as de mais fácil remoção, os locais representados por cada uma dessas amostras devem ser considerados como mais suscetíveis.

Porém, essa suscetibilidade é alterada, por exemplo, pelo uso e cobertura da terra. Assim, na sub-bacia do rio das Flores, a vegetação de floresta em **FF1**, **FF2** e **FF6** protege melhor o solo dos agentes erosivos. Destaca-se que, na sub-bacia do rio Boa Esperança, as amostras **BP** apresentaram elevados somatórios de areia fina e silte, indicando sua maior fragilidade ambiental, dado o uso e cobertura.

As amostras dos fragmentos florestais não tiveram a areia fina determinada, mas é possível analisar a partir do teor de silte. Lima (2008) avaliou a suscetibilidade dos solos no alto e médio curso da bacia do rio Macaé, portanto, na APAMC, e considerou que teores de silte de cerca de 350g/kg são expressivos, indicando moderada a alta suscetibilidade erosiva. Já Rangel e Guerra (2018) indicam que para teores de areia fina maiores de 90g/kg, de argila menores que 50g/kg e MOS menor que 1%, teores de silte acima de 200g/kg sejam já elevados, caracterizando alta suscetibilidade à erosão.

Sendo assim, **BFR1** e **BFR2** apresentam mais de 300g/kg da fração silte. Porém, outros fatores reduzem sua suscetibilidade. O fragmento **BFR** está conectado a remanescente de Mata Atlântica, melhor preservado, junto aos divisores da bacia do rio Macaé, ao norte. A DS registada estava abaixo de 1g/cm³, a porosidade acima de 60%, e a MOS acima de 4,5%. Além disso, o teor de areia total

abaixo de 50% e de argila em torno de 25%. Todos estes indicadores são positivos, representativos de um solo resistente à erosão. Ocorre semelhante com a amostra **FF1**, coletada na maior e mais densa área de floresta na sub-bacia do rio das Flores, com a 2ª melhor DS (0,86g/cm³) e PT (64,6%) da pesquisa.

Em termos da DS, é interessante observar que os valores de **BFU**, **BFR** e **BFA** (que são de florestas) são semelhantes aos **FP** (que são de pastos, alguns abandonados). Há uma correlação de conservação e degradação entre as áreas. Exceto **FP2** e **FP3**, que tiveram DS maiores. Ainda assim, as maiores DS de todo o estudo foram encontradas em **BP2** e **BP3** (pastagens), com 1,33 e 1,39g/cm³. Isto significa que os maiores valores de DS neste estudo são indicativos de baixa DS. Morgan (2005) estabeleceu que 1,50g/cm³ é o valor que delimita alta e baixa densidade do solo. Baixa DS indica menor compactação do solo e maior porosidade. Mas outros valores podem, também, ser considerados. Rangel e Guerra (2018) mencionam dependência quanto ao tipo de solo e classe textural, tendo classificado a DS como crítica para amostras com 1,4 e 1,5g/cm³ e de textura franco arenosa.

Para Reichert *et al*. (2003), solos de textura média (20 a 55% de argila) com DS de 1,40 a 1,50g/cm³ e solos arenosos (argila inferior a 20%) com DS de 1,70 a 1,80g/cm³ seriam valores de DS considerados críticos, em relação à textura. Fullen e Catt (2004) especificam que DS entre 1,0 e 1,4g/cm³ indicam baixa à moderada compactação do solo, concordando que com 1,4g/cm³ os solos sejam considerados compactados.

Significa, portanto, que todas as amostras desta pesquisa apresentaram DS inferior a 1,40g/cm³, mesmo nas áreas de pastagem. Porém, os números na tabela 1 deixam clara a diferença entre áreas florestadas e áreas desflorestadas. Com algumas exceções, confirma-se o papel da vegetação como protetor do solo, conferindo maior porosidade e menor compactação do solo. Assim,

a água infiltra com mais facilidade e a saturação do solo e geração de escoamento superficial demoram mais a acontecer, reduzindo a erodibilidade desses solos.

Com relação aos valores do teor de MOS, embora não seja possível a comparação direta entre os resultados dos fragmentos e das áreas de pastagem, na sub-bacia do rio Boa Esperança, em função dos métodos diferentes, a importância de sua análise permanece. **BFU**, **BFR** e **BFA** foram analisadas quimicamente, por método que pode subestimar seus valores. **BP1** a **BP10** foram processadas por ignição, o que pode superestimá-los.

Nota-se que os menores valores de MOS estão nos fragmentos florestais, onde, pela decomposição de grande quantidade de serrapilheira, espera-se o oposto. Sendo que, dentre eles, o fragmento florestal próximo do núcleo urbano (**BFU**), o menor e mais recortado dos três, apresentou as taxas mais baixas, com 2,17 e 2,77%. Portanto, suas características acabam explicando esses valores. Na próxima seção o teor de MOS dos fragmentos é relacionado também com a estrutura florestal e estoque de serrapilheira.

Para entender melhor os teores de MOS nas amostras **BP1** a **BP10**, é possível compará-los com resultados obtidos também através da queima. Neves (2011), na sub-bacia do rio São Pedro, tributária no baixo curso da bacia do rio Macaé, encontrou variações de 4,23 a 5,39% em áreas de floresta e 1,72 a 4,62% em áreas degradadas por pastagens. Jorge (2017), ao analisar erosão em trilhas de Ubatuba (SP), verificou médias de MOS entre 2,44 e 8,55%.

Já Santos (2017), avaliando a erosão em bacia no município de Paraty (RJ), obteve valores de MOS acima de 7% em florestas secundárias e valores que variaram de 3,85 a 6,82%, além de um *outlier* de 14,35%, para áreas de pasto. O referido autor atribuiu os elevados valores à cobertura de gramíneas, geradoras de aporte de

matéria orgânica ao morrerem e se decomporem no local, além da contribuição dos excrementos bovinos. Loureiro (2019) corrobora esta última hipótese, ao encontrar MOS de 8,76% em amostra que, durante coleta em campo e análise em laboratório, apresentou odores característicos, tendo sido coletada em pastagens ativas.

Já a verificação do pH do solo indica solos mais ácidos para **BFU**, **BFR** e **BFA**, em comparação com as amostras na sub-bacia do rio das Flores, seja em floresta ou pasto. Sem dúvida, é mais um elemento que indica o grau de conservação mais elevado desta última, em comparação com as áreas florestadas da sub-bacia do rio Boa Esperança. Em cada uma das sub-bacias, as diferenças nos valores não são significativas.

Mas cabe a comparação de que a maior acidez pode representar maior erodibilidade, por quanto mais ácido pior para a formação e estabilidade de agregados do solo e para a sua fertilidade e, consequentemente, o crescimento da vegetação. O pH ácido pode, também, ser indício do manejo inadequado do solo, ainda que seja comum em áreas com elevada precipitação, pela possibilidade de lixiviar bases, como cálcio e magnésio (ALLISON, 1973 *apud* GUERRA, 2007; BRADY, 1989; SANTOS, 2011).

A estrutura florestal e o estoque de serrapilheira

Os valores de MOS (e Carbono Orgânico), conforme apresentados, influenciam diretamente a análise da estrutura florestal e estoque de serrapilheira. Nos fragmentos isolados, a média desses valores ficaram próximos a 3%, que de acordo com Selby (1982), Lepsch (2002) e Morgan (2005) são valores que proporcionam boa estabilidade aos agregados do solo. Ao comparar estatisticamente os valores médios de matéria orgânica encontrados no inverno com os valores encontrados no verão para um mesmo fragmento observou-

se que no fragmento menor e mais isolado (**BFU**) houve uma diferença significativa entre os valores do inverno e do verão.

A quantidade de matéria orgânica no solo é resultado de processos químicos, físicos e biológicos, reflete a disponibilidade de nutrientes e fornece informações sobre a atividade microbiana no solo, sendo, portanto, um fator que pode ser facilmente alterado ao longo do tempo (GARAY; SILVA, 1995; GUERRA, 2005; MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; CUNHA *et al.* 2015). Esperava-se encontrar diferenças mais expressivas entre os dois períodos (inverno e verão) de coleta, porém a diferença observada no fragmento **BFU**, provavelmente está relacionada ao dossel mais aberto, e mais vulnerável às mudanças microclimáticas que podem afetar a decomposição. No remanescente florestal (**BFR**) conectado à floresta, a diferença nos valores de matéria orgânica pode estar relacionada com o seu melhor estado de conservação, o que ocasiona uma ciclagem de nutrientes mais eficiente, reflexo de um ambiente mais estável e equilibrado.

Quanto à estrutura da vegetação, o fragmento com o maior valor de DAP médio foi o fragmento **BFU**, menor e mais recortado. Em relação à altura das árvores nos fragmentos estudados, o maior valor foi atribuído ao remanescente florestal conectado (**BFR**), que teve altura média de suas árvores de 6,12 m, enquanto os fragmentos isolados tiveram valores muito próximos, 4,85 m (**BFU**) e 4,72 m (**BFA**). Os valores de DAP e de altura revelam informações sobre o estágio sucessional ao qual se encontra a floresta, além de indicar a possibilidade de alterações recentes em sua estrutura, como a retirada de árvores, por razões naturais ou antrópicas.

Em relação à serrapilheira, diferenças foram observadas entre os fragmentos e entre as estações do ano. Ao analisar o estoque total de serrapilheira nos fragmentos, no inverno, o maior estoque foi encontrado em **BFU**, que apresentou o valor de 3,794 kg (coletas em superfície amostral de 0,5 m²), enquanto no verão, o maior estoque

foi em **BFA**, com 3,533 kg. Na soma dos estoques de serrapilheira nas duas coletas realizadas (inverno e verão), **BFU** também apresentou o maior valor, de 7,253 kg.

Isto pode ser indício de uma floresta onde o sistema de decomposição encontra-se comprometido, ou ainda, ser resultado das perturbações no entorno e dentro deste fragmento. Pois, de acordo com autores como Facelli e Pickett (1991), Delitti (1995) e Campos *et al.* (2008), o padrão de acúmulo e decomposição de serrapilheira reflete as características da comunidade vegetal e do estágio sucessional, sendo maior o estoque de serrapilheira em florestas em estágios sucessionais iniciais ou em regeneração, onde há maior proporção de espécies pioneiras e que investem em biomassa.

Em relação à estação do ano, o maior estoque total de serrapilheira, para os três fragmentos ocorreu durante o verão. No inverno, ao somar toda serrapilheira coletada nos três fragmentos temos 9,421 kg, enquanto no verão temos 9,988 kg. Este maior valor, principalmente para os fragmentos isolados (**BFU** e **BFA**), pode estar relacionado às tempestades de verão e a maior exposição da vegetação, com dossel mais aberto e maior relação borda-área. Além disso, as diferenças no estoque de serrapilheira em um mesmo fragmento, nas duas estações do ano, podem estar relacionadas a fatores de microsítio, como disponibilidade de água e aeração do solo, que afetam a comunidade biológica, grande responsável pela decomposição.

Para Begon *et al.* (1996) são menores os níveis de atividade dos decompositores quando é menor a temperatura, menor a aeração e a disponibilidade de água. Ao se analisar a proporção de cada camada de serrapilheira (*camadas L, F e H*), notamos que em todos os fragmentos a *camada F* foi a mais expressiva, nas duas estações do ano. Além disso, a *camada L* apresentou as menores proporções, em todos os fragmentos, que evidencia não haver acúmulo intenso

de matéria orgânica amorfa sobre o horizonte A1 do solo, e que a decomposição e o consequente retorno dos nutrientes para as plantas não é deficiente nesses sistemas.

No fragmento menor (**BFU**), onde houve o maior estoque total de serrapilheira, a *camada F* corresponde em média a 68,61% do estoque de serrapilheira no verão e em média 55,97% do estoque no inverno. No remanescente conectado à mata atlântica (**BFR**), com o menor estoque de serrapilheira em ambas as estações do ano, ao comparar com os outros fragmentos, a *camada F* foi, ainda, mais expressiva, com médias de 81,63% para o verão e 65,49% para o inverno. Em relação a **BFA**, a *camada F* representou média de 79,69% no verão e 53,86 % no inverno.

Ao compararmos os fragmentos entre si, notamos que cada um apresenta características que tornam seus solos mais ou menos suscetíveis à erosão e que levantam questionamentos sobre o grau de integridade de tais sistemas florestais. **BFU**, mais isolado e recortado, próximo ao núcleo urbano, existem clareiras, evidências de cortes e retiradas de árvores. Isto aponta a presença de atividade antrópica no interior da floresta. Em relação à vegetação, este fragmento foi o que apresentou o maior DAP médio, porém, em campo, verificou-se a presença de árvores aparentemente muito antigas (DAP = 2 m) e na mesma área árvores mais jovens, em fase de crescimento, o que pode ser resultado da retirada da vegetação por atividade humana ou por perturbações naturais, como clareiras abertas por tempestades e quedas de árvores.

Na observação da vegetação, em ambos os períodos (inverno e verão), nota-se a ocorrência de muitos galhos secos, ausência de epífitas, lianas e bromélias, o que indica ser um ambiente mais seco e aberto, em que a luz chega aos estratos mais próximos do solo, devido às clareiras. Além disso, geralmente o acúmulo de serrapilheira tende a ser maior em ambientes mais secos, pela menor atividade de decomposição.

Contudo, a quantidade de serrapilheira produzida é variável em função das perturbações. Ocorre maior produção quando o ambiente é constantemente impactado, tem maior quantidade de espécies pioneiras, estas investindo em biomassa para o crescimento, o que leva a mais serrapilheira chegando ao solo. A sua decomposição tem relação intrínseca com os valores de MOS, logo valores mais baixos encontrados neste fragmento estão, provavelmente, ligados à uma decomposição mais lenta. Isso também influi no pH ácido do solo, que reduz a atividade microbiana e, consequentemente, afeta a decomposição.

BFR, não isolado, por situar-se em área mais reservada, não teve os maiores valores de DAP. Ainda assim, apresentou a maior altura das árvores. Nesta floresta, não foram observadas epífitas e bromélias de forma expressiva, sendo verificados muitos galhos secos, destacadamente no inverno. Apesar de aparentemente mais protegido de interferências humanas e sem muitas clareiras, seu dossel era mais aberto, dados os muitos troncos derrubados e às palmeiras. A queda de árvores neste fragmento estaria associada à elevada declividade de sua encosta, de até 35°. Quanto à serrapilheira, **BFR** registrou o menor estoque e a maior porcentagem de *camada F*, evidenciando melhor estágio de preservação e, por conseguinte, melhor ciclagem de nutrientes, também expressa no maior valor encontrado de MOS.

As análises de **BFA**, isolado e maior, de formato mais regular, próximo a estrada para Boa Esperança, registraram os menores valores médios de DAP e de altura, comparado aos demais fragmentos. Além de maior umidade, pela presença de grande quantidade fungos, nos troncos de árvores e rochas, e a mais expressiva camada de malha fina (*camada H* de serrapilheira) depositada sobre o primeiro horizonte do solo, significando uma decomposição mais acelerada.

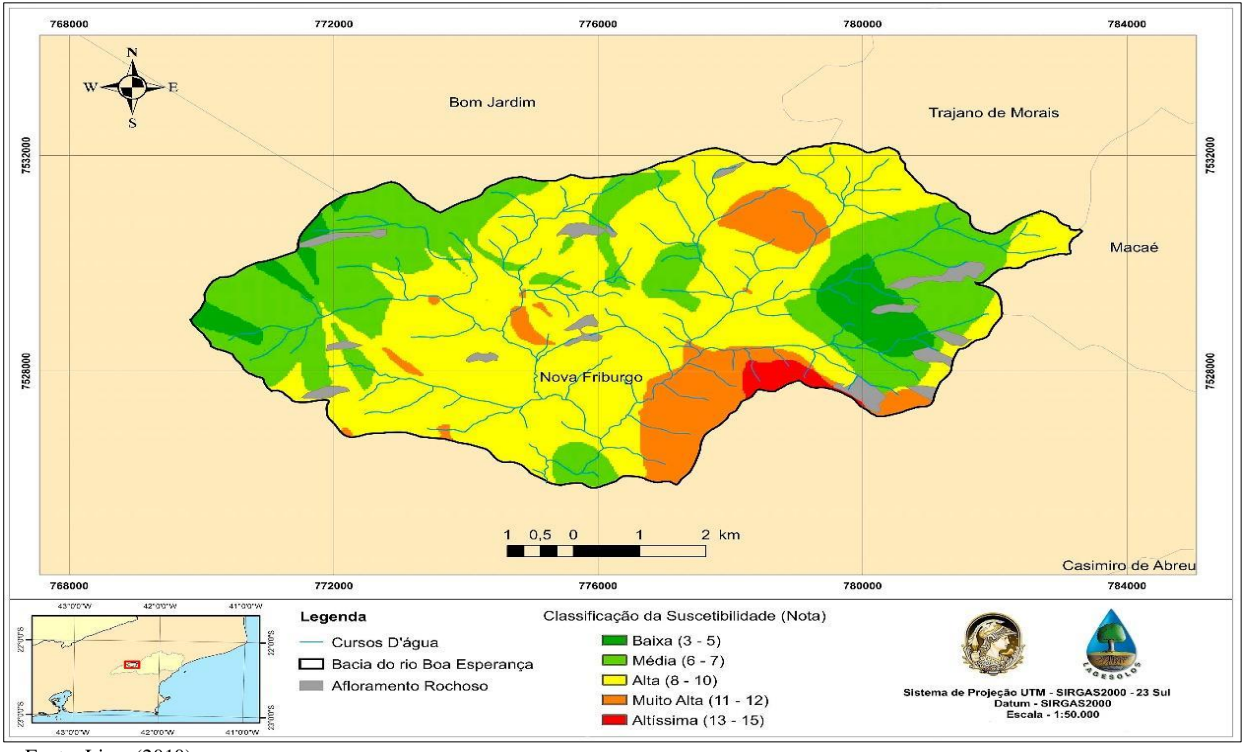
Neste fragmento as árvores de grande porte se destacam em meio a árvores mais jovens e de menor porte. Isto altera a homogeneidade das copas e compromete a proteção do solo frente à erosão, com dossel mais aberto e, portanto, maiores taxas de erosão por salpicamento (*splash*) e escoamento superficial. A erosão pode ser favorecida, ainda, pela decomposição mais rápida da serrapilheira, confirmada pela maior expressividade da *camada H* e de um ambiente mais úmido, que não protege o solo do impacto das gotas de chuva e da geração do escoamento. Este é responsável, também, pela retirada das partículas mais finas do solo e o predomínio das mais grosseiras, o que ocorre em BFA, de textura franco arenosa, e mais de 60% de areia.

A fragilidade ambiental

Esta etapa do estudo buscou classificar, hierarquicamente, as áreas da sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança, segundo os critérios estabelecidos para fragilidade ambiental. De acordo com Ross (2011) e Spörl (2001), a contribuição desta abordagem é proporcionar maior agilidade no processo de tomada de decisões, servindo como subsídio para a gestão do território de modo planejado e sustentável, para evitar problemas relacionados à ocupação desordenada. Ainda que represente uma interpretação do mundo real, a aplicação de pesos para classificação constitui uma avaliação, em certa medida, de caráter subjetivo (LIMA, 2010).

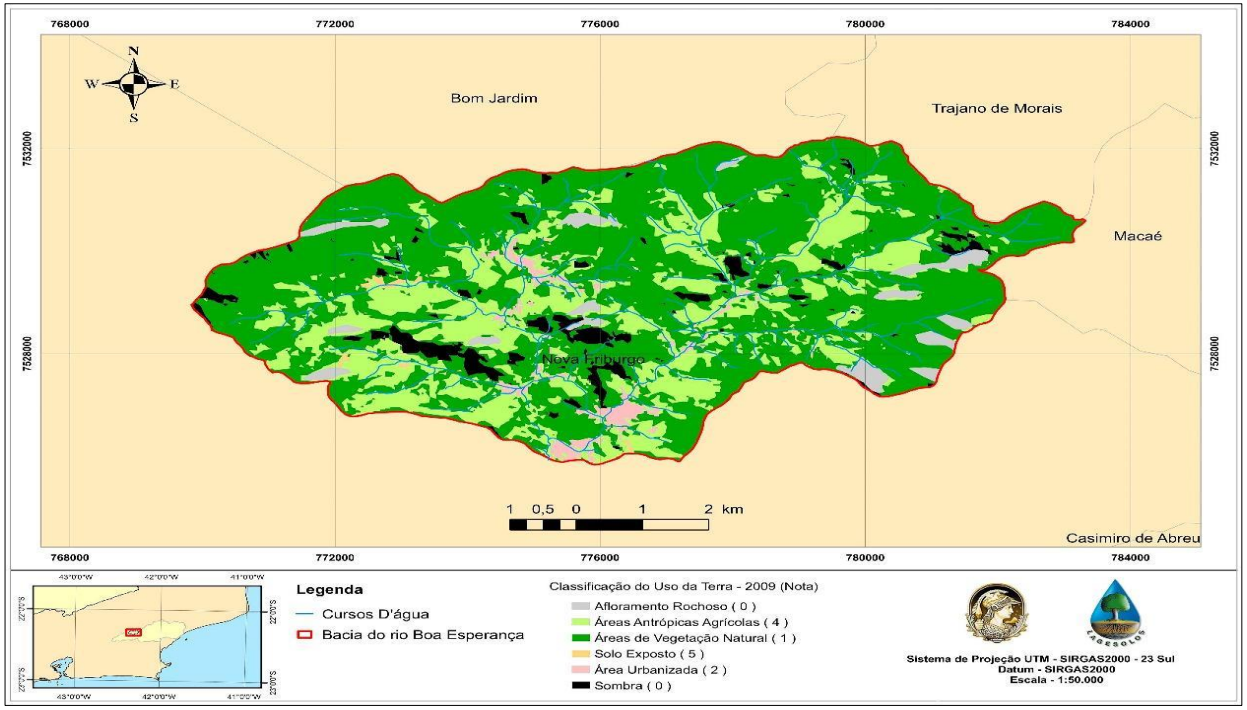
O mapeamento da suscetibilidade do solo à erosão (figura 2) apontou que 52,9% da sub-bacia apresenta alta suscetibilidade, enquanto muito alta ou altíssima correspondem a 10,6% e média suscetibilidade registrou 28,6%. Ou seja, a partir da classe "alta", são 63,5% da área analisada, indicando que a conservação da vegetação tem papel fundamental para a área de estudo.

Figura 2 – Mapa síntese de suscetibilidade do solo à erosão da sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança



Fonte: Lima (2010).

Figura 3 – Mapa síntese de uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança para o ano de 2009, a partir de imagens do sensor AVNIR-2, do satélite ALOS



Fonte: Lima (2010).

O mapa de uso e cobertura da terra é, então, instrumento pertinente na composição da análise. Os resultados obtidos da interpretação das fotografias aéreas, do ano de 2005, caracterizam que 62,5% da sub-bacia do rio Boa Esperança apresenta áreas de vegetação natural, 30,7% são de áreas agropecuárias e somente 0,5% correspondem a solo exposto. Já os resultados oriundos da interpretação da imagem ALOS (AVNIR-2), indicam 62,9% de cobertura vegetal natural, 27,4% de áreas agrícolas e pecuárias, e 0,4% de solo exposto (figura 3).

A partir deste, o mapa de vulnerabilidade (figura 4) classificou áreas da sub-bacia como vulnerabilidade muito baixa (63,5%), moderada (1,9%), alta (27,4%) e muito alta (0,4%). As correlações diretas entre os dois mapas são:

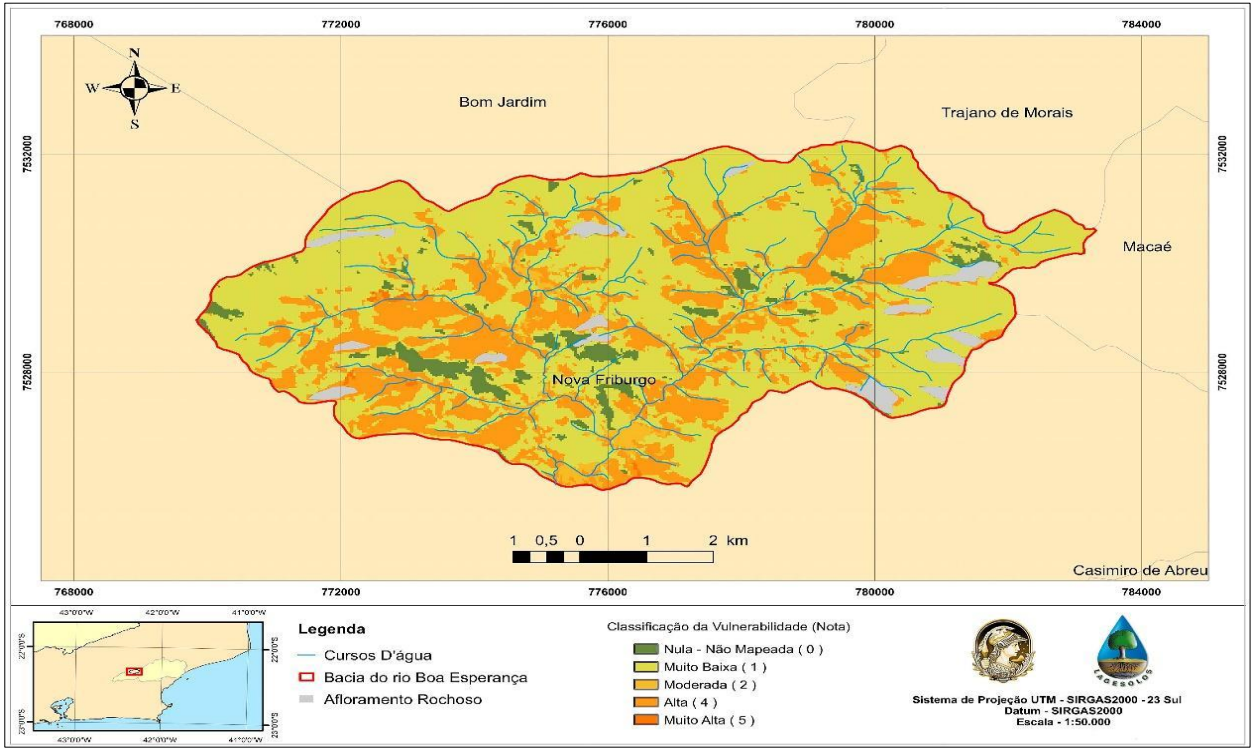
a) áreas com cobertura natural de vegetação apresentam muito baixa vulnerabilidade, uma vez que a presença de remanescentes florestais protege o solo dos processos erosivos hídricos;

b) áreas antrópicas com uso agropecuário representam alta vulnerabilidade à erosão, tanto pela retirada de cobertura original, quanto pelo revolvimento do solo para o plantio e o pisoteio do gado sobre o solo, compactando-o, o que coloca tais áreas em maior possibilidade perante agentes erosivos;

c) a área urbanizada corresponde a vulnerabilidade moderada, pois, ainda que a impermeabilização do solo favoreça o escoamento da água, os processos erosivos encontram aí barreiras para sua ação;

d) áreas com solo exposto correspondem a vulnerabilidade muito alta, uma vez que o solo desprovido de quaisquer coberturas, sejam elas de floresta, gramíneas, cultivos agrícolas e de pavimentação urbana, está totalmente vulnerável a ação da água da chuva e, consequentemente, a remoção de suas partículas.

Figura 4 – Mapa de vulnerabilidade da sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança, classificada a partir do mapa de uso e cobertura da terra de 2009



Fonte: Lima (2010).

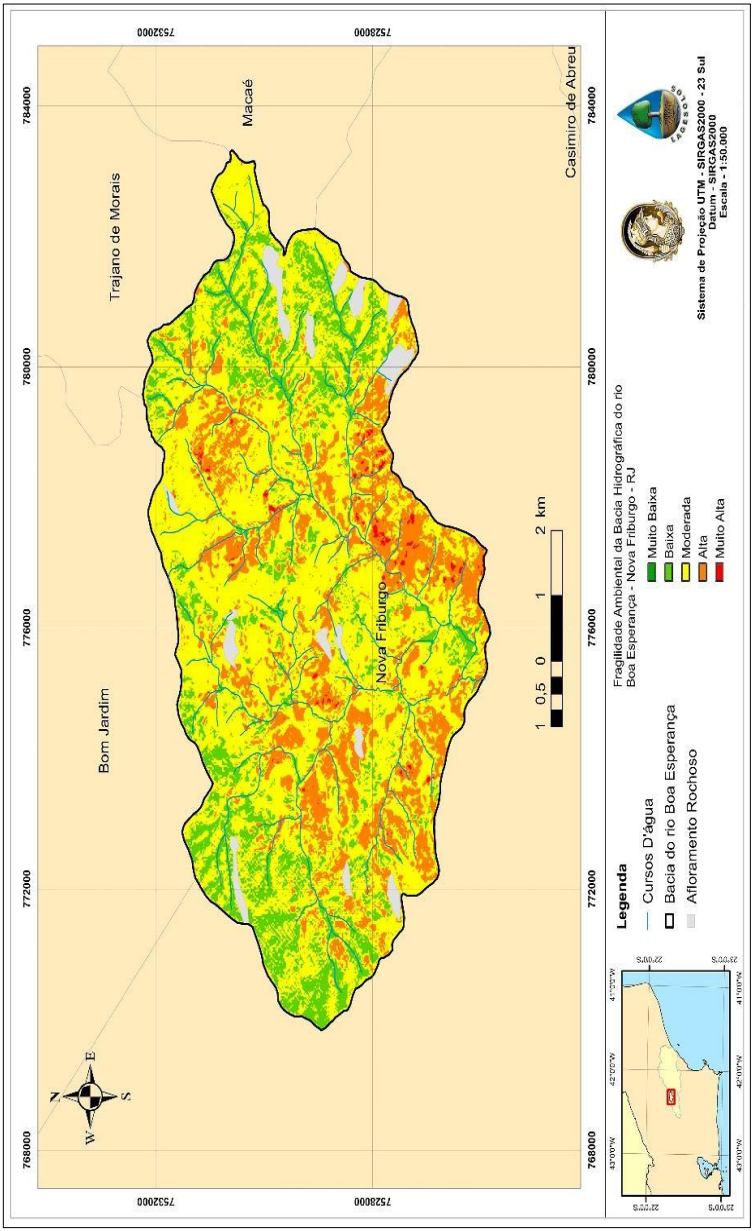
As áreas de sombreamento, que constituem principais problemas nesse tipo de mapeamento, corresponderam a 0,9% no mapa de uso de 2005, feito a partir das fotografias aéreas, e 7,1% no mapa de 2009, baseado nas imagens ALOS AVNIR-2. A utilização das imagens PRISM do satélite ALOS permitiu confirmar os usos como áreas de vegetação natural, reduzindo a 4% essa nulidade de dados pelo sombreamento.

Os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade, correspondentes a 60% do peso atribuído na geração do mapa de fragilidade ambiental. Os 40% restantes são resultado dos mapeamentos do fator topográfico, formado pelos mapas de declividade, curvatura e orientação das encostas.

A declividade, que indica o ângulo de inclinação das encostas, foi caracterizada como 53,9% entre 20 e 45°. Esta angulação é responsável por influir fortemente na erosão. Outros 27,3% apresentam declividade entre 8 e 20°, significando influência moderada nos processos erosivos. Enquanto que 9,7% da área possui menos de três graus, influindo pouco para a erosão, mas sendo áreas de deposição de sedimentos. Os 4,9% restantes têm declividades superiores a 45°, conhecidas na legislação como Áreas de Preservação Permanente (APP), possuindo influência muito forte em processos erosivos.

O mapa de curvatura (forma) das encostas apresenta 47,1% de encostas convexas, divergentes de fluxos superficiais, menos influentes na erosão durante o escoamento superficial. Porém, 43,2% são áreas côncavas, convergentes de fluxos superficiais, elevando o potencial de erosividade e transporte de sedimentos. Encostas retilíneas ou planas são 6,7% da área. Outros 3% são afloramentos rochosos, influenciados pelo intemperismo e não pela erosão do solo.

Figura 5 – Mapa síntese de Fragilidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Boa Esperança



Fonte: Lima (2010).

Quanto à orientação das encostas, 53,6% estão direcionadas para leste, sudeste, sul e sudoeste, recebendo maiores índices de pluviosidade orogênica e, principalmente, em função de frentes frias. Outras 40,4% são orientadas para norte, nordeste, noroeste e oeste, com menores índices pluviométricos. Apenas 6% da área são planas ou classificadas como afloramentos de rochas.

Estes resultados levam ao mapa fragilidade ambiental (figura 5). Alta e muito alta fragilidade erosiva são 21,2% da sub-bacia do rio Boa Esperança. Nelas há perigo para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, ocupação e/ou urbanização. As áreas com fragilidade moderada, 58,8%, também demandam atenção quanto à erosão hídrica, pois é preciso um planejamento adequado, bem como medidas preventivas, de acordo com os usos, coberturas e manejo do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes abordagens de análise trazidas neste capítulo mostram as mesmas preocupações e convergem para as mesmas conclusões. Em primeiro lugar, há diferenciação quanto à conservação e degradação nos diferentes ambientes da APA Macaé de Cima. Obviamente isto não poderia ser diferente, tanto porque uma APA é unidade de conservação de uso sustentável, que terá usos e conflitos variados, quanto pelas características naturais distintas, uma vez que corresponde ao alto e parte do médio curso de uma bacia hidrográfica de paisagens diversificadas.

Em segundo lugar, as abordagens são pautadas pela preocupação com os processos erosivos e, por isso, se relacionam diretamente, já que a estrutura da vegetação, o estoque de serrapilheira, a erodibilidade dos solos e as condições de

suscetibilidade, vulnerabilidade e fragilidade ambiental se integram ao pensarem o solo, a vegetação e os usos feitos deles.

Por fim, seus resultados expõem que nas áreas florestadas onde a erodibilidade dos solos é maior, sua suscetibilidade erosiva é menor em função dessa camada protetora verde. Isto dificulta o início do processo erosivo, pelo salpicamento das gotas de chuva. Soma-se a isso que, em função da aeração do solo, mais poroso em condição de floresta, a produção do escoamento superficial é dificultada e, consequentemente, dificulta a erosão laminar.

Por outro lado, áreas mais próximas dos divisores e, portanto, a sub-bacia do rio das Flores é um exemplo, são as mais preservadas, pela dificuldade de acesso e ocupação. Porém, a sub-bacia do rio Boa Esperança, que apresenta áreas frágeis ambientalmente, não apresenta processos extremos de degradação, apenas não tão conservada quanto a do rio das Flores.

Em especial sobre os fragmentos florestais, tão importantes do ponto de vista da conectividade de corredores ecológicos, quanto menores e mais isolados, mais sujeitos à ação antrópica e, consequentemente, a processos erosivos. BFR, conectado a remanescente de Mata Atlântica apresentou indicadores de estar em melhor grau de conservação. Assim como as áreas de floresta FF1 a FF6.

Assim, estas áreas apresentam condições ambientais mais equilibradas. Mesmo próximos, uns dos outros, por estarem na mesma sub-bacia (rio Boa Esperança), os fragmentos apresentaram características e graus de integridade distintos. Variáveis devido a condição a que cada um está submetido localmente.

O projeto que conduziu as pesquisas na APA Macaé de Cima segmentou seus estudos de acordo com algumas sub-bacias hidrográficas, principalmente as analisadas neste capítulo. Sugere-se que novos projetos possam ser desenvolvidos, de modo que cada

sub-bacia componente da APAMC seja contemplada em igualdade, de modo a atualizar os resultados trazidos aqui. Tanto à luz dos processos ocorridos nos últimos anos, quanto de novas geotecnologias disponíveis hoje em dia.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. "As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP". **GEOUSP – Espaço e Tempo**, n. 26, 2009.

BABEL, U. "Micromorphology of soil organic matter". *In*: GIESEKING, J. E. **Soil Component**. Berlin: Springer-Verlag, 1975.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWSEND, C. R. **Ecology**: individuals, populations and communities. Oxford: Oxford Library Blackwell, 1996.

BOHRER, C. B. A.; BARROS, F. A. **Proteção e restauração da área do entorno do Parque Estadual dos Três Picos**. Nova Friburgo: REBRAF, 2006.

BOHRER, C. B. A.; FREITAS, S. R.; FARIA, C. P.; DANTAS, H. G. R.; SOUZA, P. A. V.; BARROS, F. A.; MATA, A.; MELLO, M C. S. "Unidades de paisagem e fragmentação florestal: aplicação de conceitos e métodos na análise da estrutura e dinâmica de paisagens (Mata Atlântica, Amazônia Legal)". **Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil**. São Paulo: USP, 2005.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. São Paulo: Freitas Bastos, 1989.

BRIZZI, R. R.; GUERRA, A. J. T.; SOUZA, A. P. "Análise da suscetibilidade dos solos à erosão em três tipos de uso na sub-bacia do rio São Romão, Nova Friburgo – RJ". **Anais do** II **Seminário de Geografia: Dinâmica das paisagens**. Niterói: UFF, 2012.

BURROUGH, P. A.; McDONELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press, 1998.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G. S. S. C.; RODRIGUES, S. C. "Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e cerrado stricto senso em Uberlândia-MG". **Sociedade & Natureza**, vol. 1, n. 20, 2008.

CASTRO, U. N.; NEVES, S. R. A.; SILVA, L. F. T. C.; MENDES, S. P.; GUERRA, A. J. T. "Mapeamento de feições erosivas e cicatrizes de escorregamento por unidades do relevo na sub-bacia hidrográfica do rio Sana (Macaé – RJ)". **Revista de Geografia**, vol. 27, n. 3, 2010.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. "Matéria orgânica do solo". *In*: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (orgs.). **Recurso solo**: propriedades e usos. São Carlos: Cubo, 2015.

CUTTER, S. L. "Vulnerability to environmental hazards". **Progress in Human Geography**, vol. 20, n. 4, 1996.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro** - Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2000.

DELITTI, W. B. C. "Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres". **Oecologia Brasiliensis**, vol. 1, 1995.

DENG, Y.; SHEN, X.; XIA, D.; CAI, C.; DING, S.; WANG, T. "Soil erodibility and physicochemical properties of collapsing gully alluvial fans in Southern China". **Pedosphere**, vol. 29, n. 1, 2019.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (orgs.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. "Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure". **The Botanical Review**, n. 57, 1991.

FERNANDES, M. C. **Desenvolvimento de rotina de obtenção de observações em superfície real**: uma aplicação em análises geoecológicas (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.

FIERZ, M. S. M. **As abordagens sistêmicas e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo**: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras (Tese de Doutorado em Geografia Física). São Paulo: USP, 2008.

FRANCO, R. **Diagnóstico da fragilidade ambiental e análise de práticas de manejo agrícola em unidades de produção familiar do município de Coronel Vivida/PR** (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo). Curitiba: UFPR, 2008.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. **Soil management**: problems and solutions. London: Arnold, 2004.

GARAY, I.; SILVA, B. A. O. "Húmus vegetais: síntese e diagnóstico das relações vegetação-solo". **Oecologia Brasiliensis**, n. 1, 1995.

GAYOSO, R. C. **Fragilidade ambiental e vulnerabilidade social para análise integrada do espaço geográfico**: bacia hidrográfica no Jardim Ângela (São Paulo/SP) (Dissertação de Mestrado em Geografia Física) São Paulo: USP, 2014.

GOUDIE, A. S. "Human impact". *In*: GOUDIE, A.; MIGÓN, P. (eds.). "Landscape and landforms of England and Wales". **World Geomorphological Landscapes**. Springer Nature Switzerland AG, 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto Estadual n° 29.213, de 14 de setembro de 2001**. Cria a Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima (APA de Macaé de Cima), no município de Nova Friburgo. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2001.

GUERRA, A. J. T. "O início do processo erosivo". *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T. "Processos erosivos nas encostas". *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia** – uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2007.

GUERRA, A. J. T. **Erosão dos solos e movimentos de massa**: abordagens geográficas. Curitiba: CRV, 2016.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. N. "Soil erosion, different approaches and techniques applied to gullies and trail erosion". **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, vol. 1. n. 1, 2020.

HUERTA, E.; MANGIATERRA, A.; NOGUEIRA, G. **GPS**: posicionamento satelital. Rosario: Editora da Universidad Nacional de Rosario (UNR), 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ortofotomosaico da imagem 2717-3-NE**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

JORGE, M. C. O. **Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba-SP** (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2002.

LIMA, F. S. **Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Boa Esperança – Nova Friburgo (RJ)** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

LIMA, L. D. M. **Suscetibilidade à erosão dos solos nas sub-bacias dos médio e alto cursos da bacia do rio Macaé / RJ** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

LIMA, L. D. M.; SILVEIRA, P. G.; SILVA, F. F.; LOUREIRO, H. A. S. "Estudo dos processos erosivos nos médio e alto cursos da bacia hidrográfica do rio Macaé, Macaé/RJ". **Geografia, Ensino & Pesquisa (UFSM)**, vol. 12, 2008.

LOUREIRO, H. A. S. **Diagnóstico de erosão por voçorocas: experimentos com geotecnologias e solos na bacia do Alto rio Piraí – Rio Claro-RJ** (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

LOUREIRO, H. A. S. **Monitoramento e diagnóstico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ)**: estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotêxteis de fibra de bananeira (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

LOUREIRO, H. A. S. **Suscetibilidade dos solos à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio das Flores – Nova Friburgo/RJ** (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T.; MENDES, S. P. "Suscetibilidade dos solos à erosão na sub-bacia do rio das Flores – Nova Friburgo/RJ". **Anais do VIII SINAGEO – Simpósio nacional de geomorfologia**. Recife: UFPE, 2010.

MENDES, S. P. **Identificação e avaliação da paisagem da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima (RJ)** (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

MENDES, S. P.; LOUREIRO, H. A. S.; NEVES, S. R. A.; GUERRA, A. J. T. "Caracterização da estrutura e funcionalidade florestal da APA Municipal de Macaé de Cima, Nova Friburgo (RJ)". **Anais do XIII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada**. Viçosa: UFV, 2009.

METZGER, J. P. W. "Estrutura da paisagem: o uso inadequado de métricas". *In*: JÚNIOR, L. C.; PÁDUA, C. V.; RUDRAN, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003.

MIRANDA, J. P. L. **Propriedades físico-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano – Bom Jardim (RJ)** (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. London: Blackwell Publishing, 2005.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; ROSS, J. L. S. "Fragilidade Ambiental: uma proposta de aplicação de Geomorphons para a variável relevo". **Revista do Departamento de Geografia**, vol. 37, 2019.

NEVES, S. R. A. **Diagnóstico de degradação dos solos por erosão no médio curso da sub-bacia do rio São Pedro – Macaé (RJ)** (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

NEVES, S. R. A.; LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. "Erosão dos solos na bacia do rio Macaé: os casos das sub-bacias do rio das Flores e do rio São Pedro – RJ". **Anais do Simpósio brasileiro de geografia física aplicada**. Dourados: UFGD, 2011.

OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A. S.; TABARELLI, M. "Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages". **Oryx**, vol. 38, 2004.

PÁDUA, J. A. **Um sopro de destruição: política e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888)**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

POESEN, J. "Soil erosion in the Anthropocene: research needs". **Earth Surface Processes and Landforms**, vol. 43, 2018.

RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. "Caracterização de atributos do solo de trilhas ecoturísticas em unidades de conservação do município de Paraty (RJ)". **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol. 19, n. 1, 2018.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. "Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas". **Portal Eletrônico Física do Solo - Ciência e Ambiente** [2003]. Disponível em: <http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br>. Acesso em: 03/10/2020.

REIS, R. B. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) como subsídio à elaboração de estratégias de conservação e recuperação – estudo de caso na APA do rio São João / Mico-Leão-Dourado** (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

ROSS, J. L. S. "Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados". **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, 2011.

SANTOS, I. M.; LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. "Avaliação de influência de diferentes usos do solo sobre a

estabilidade de agregados em encostas na sub-bacia do rio São Pedro, Nova Friburgo – RJ". **Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Dourados: UFGD, 2011.

SANTOS, L. B. **Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira em remanescentes florestais da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ** (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

SANTOS, L. B.; CASIMIRO, P. H. M.; GUERRA, A. J. T. "Influência da estrutura da floresta nas características físico-químicas do solo e no aporte de serrapilheira em remanescentes florestais da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima – Nova Friburgo – RJ". **Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO**. Recife: UFPE, 2010.

SANTOS, L. B.; GUERRA, A. J. T. "Influência da estrutura florestal nas características físico-químicas do solo e no estoque de serrapilheira". **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 8, n. 3, 2015.

SANTOS, R. C. **Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Pequeno, Paraty – RJ** (Dissertação de Mestrado em Geografia) Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. "Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review". **Conservation Biology**, vol. 5, 1991

SELBY, M. J. **Hillslope**: materials and processes. Oxford: Oxford University Press, 1982.

SILVA, L. F. T. C. **Implicações da mudança na cobertura vegetal em relação à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio São Pedro – RJ** (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

SILVA, L. F. T. C.; BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T. "Implicações da mudança na cobertura vegetal em relação à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio São Pedro – RJ". **Revista GeoNorte**, vol. 3, n. 10, 2012.

SOUZA, D. S. L.; DELLARGINE, F. L.; MIRA, I. R. C.; SILVA, G. T. G.; SILVA, M. L. "Análise e mapeamento da fragilidade ambiental no município de Inconfidentes – MG". **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 13, n. 5, 2020.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, ribeirão do Quartel e ribeirão da Prata** (Dissertação de Mestrado em Geografia). São Paulo: USP, 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TURNER, I. M. "Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence". **Journal of Applied Ecology**, vol. 33, 1996.

WANG, H.; ZHANG, G.; LI, N.; ZHANG, B.; YANG, H. "Variation in soil erodibility under five typical land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China". **Catena**, vol. 174, 2019.

ZAÚ, A. S. "Fragmentação de Mata Atlântica: aspectos teóricos". **Floresta e Ambiente**, vol. 1, 1998.

CAPÍTULO 5

Repercussões da Agricultura de Corte e Queima na Hidrologia e na Erosão – São Pedro da Serra /Nova Friburgo (RJ)

REPERCUSSÕES DA AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NA HIDROLOGIA E NA EROSÃO – SÃO PEDRO DA SERRA /NOVA FRIBURGO (RJ)[12]

Ana Valéria Freire Allemão Bertolino

O capítulo ora apresentado é parte de uma linha de trabalho que se iniciou em 1998, com a definição de um projeto de Doutorado em Geografia Física. O Projeto tinha como meta o entendimento da influência do manejo na hidrologia de solos agrícolas e sua relação com a erosão em ambiente de Mata Atlântica. Após o Doutorado o trabalho foi ampliado para outras áreas, especificamente em São Pedro da Serra, a partir de 2005. A partir de projetos financiados por agências de fomento (CNPq e FAPERJ) foi possível construir novos olhares para a região. Em 2014 foi realizado um Pós-doutorado na Universidade de Coimbra tendo sido desenvolvido o projeto "Hidrologia, erosão, e manejo de solos no Brasil e em Portugal", tendo sido de grande importância, pois o Departamento de Geografia de Coimbra apresenta uma larga experiência nas discussões a respeito do papel do fogo no solo.

Até o presente existem poucos estudos desenvolvidos em áreas agrícolas, com declividades acentuadas (25%) em bioma de Mata Atlântica, tal como em São Pedro da Serra, o que torna relevante um estudo detalhado da funcionalidade hidrológica e erosiva associada a diferentes técnicas de manejo (convencional e pousio) adotado por agricultores da região.

[12] Agradecimentos à UERJ/FFP/DGEO e a todos os alunos, bem como aos agricultores Geraldo V. Neves, Hil C. Schimidt, Idineia M. F. Schimidt, Jorge Boy, Jovenir Boy (*in memoriam*), Maria A. C. Fréz, Patrícia F. Schimidt, e Sérgio Boy que participaram.

Há muito tempo, a agricultura de corte e queima é utilizada na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, principalmente na área de Nova Friburgo. Entretanto, existe ainda uma série de questionamentos a respeito das repercussões ambientais que uma agricultura de corte e queima pode provocar em áreas com presença de remanescentes florestais.

Assim, busca-se entender dentre vários questionamentos: Quais são as modificações provocadas no ambiente a partir do manejo de pousio e coivara? Quais são as modificações causadas na dinâmica hídrica? Quais as propriedades do solo mais afetadas pela utilização do fogo? Como o manejo afeta a erosão hídrica?

A agricultura de corte e queima é praticada principalmente nas regiões tropicais (DEAN, 1996). Sua prática envolve uma gama de técnicas que denotam seu caráter diversificado e itinerante, aproveitando o capital energético da floresta em recomposição (PEDROSO JÚNIOR; MURRIETA; ADAMS, 2008).

Apesar de alguns autores demonstrarem a importância da agricultura itinerante, não existe uma visão hegemônica acerca do assunto. Pelo contrário, existem visões extremamente antagônicas, tendo maior ou menor impacto, dependendo do cenário político e acadêmico.

Assim, o objetivo principal da pesquisa é tentar entender, explicar e discutir os processos de construção e modificação das áreas com presença de agricultura de corte e queima.

AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA: AS DIFERENTES ABORDAGENS

Os agricultores de São Pedro da Serra - 7 Distrito de Nova Friburgo têm uma tradição de praticar a agricultura de corte e

queima. Esse tipo de agricultura tem uma grande importância no Brasil e em outras localidades da América Latina, África, entre outras regiões. Segundo Valverde (1968), este tipo de agricultura apresenta especificidades regionais, bem como nomes distintos dependendo da região em que são praticadas. A agricultura de corte e queima está associada a um sistema agrícola no qual ocorre a retirada da vegetação e utilização de fogo. A área desmatada é utilizada por períodos curtos para plantio e, após o uso, há um período de descanso do solo para a regeneração do sistema.

Diversas discussões estão atreladas a esse tipo de agricultura, principalmente no que diz respeito aos efeitos negativos para os solos. Devido a isto, a agricultura de corte e queima será discutida neste trabalho a partir de três questões centrais: o tempo de pousio do solo, o tipo de fogo utilizado (fogo de baixa e alta intensidade), a resposta hidrológica e erosiva a partir do corte da cobertura vegetal.

A agricultura de corte e queima é o sistema agrícola mais extensivo do mundo. Não é privilégio das áreas de baixa latitude, mas ocorre predominantemente nestes locais e tem grande importância na subsistência de cerca de 250 a 500 milhões de pessoas ao redor do mundo (FAO, 1985; BRADY, 1989). O sistema de *shifting agriculture* ou *slash-and-burn* é praticado nas áreas florestadas do planeta, principalmente nas regiões tropicais (CONKLIN, 1957; VALVERDE, 1968; MCGRATH, 1987; MERTZ *et al.,* 2009; BERTOLINO; BERTOLINO, 2010; GROGAN; LALNUNMAWIA; TRIPATHI, 2012; VLIET *et al*., 2012; THOMAZ, 2013; BERTOLINO; SOARES; CUNHA, 2015; COSTA; BERTOLINO; BARROS, 2021) e provavelmente é a forma mais antiga da agricultura nas Américas (BARKER, 2006; MAZOYER; ROUDART, 2010).

De acordo com Mazoyer e Roudart (2010), o sistema *slash-and-burn* origina-se no período Neolítico, sendo praticados em distintos meios arbóreos: floresta densa, floresta secundária,

capoeira, savana arborizada etc. Entender o pousio como uma das etapas na agricultura de corte e queima é fundamental. O conceito de pousio é definido por Silva (1996) como forma de agricultura marcada pela rotação de pequenas áreas de cultivos (3 a 5 ha), períodos curtos (2 a 4 anos), alternados com longos períodos de descanso (10 a 12 anos). Uma das principais características do sistema de pousio refere-se ao manejo da matéria orgânica no solo e dos nutrientes contidos na fitomassa da capoeira na fase de pousio, o que garante a manutenção da sua produtividade sem adição de nutrientes externos ao sistema. A base da capoeira encontra-se na eficiência em capturar nutrientes, o que é feito por meio da serrapilheira, raízes superficiais da capoeira na fase de pousio. É a partir do pousio que há a incorporação de matéria orgânica e nutrientes no solo. Neste estágio, há o crescimento da cobertura vegetal que irá interferir tanto no processo de interceptação quanto no desenvolvimento da serrapilheira. Alguns pesquisadores acreditam que o sistema de *slash-and-burn* não é sustentável se o tempo de pousio for reduzido (BORGGAARD; GAFUR; PETERSEN, 2003; STYGER *et al*., 2007). Segundo Ziegler *et al*. (2009), nas áreas em que houve redução do tempo de pousio, houve aumento da degradação e da erosão do solo, acompanhado de um decréscimo da estabilidade dos agregados e da diminuição dos nutrientes.

O papel central na utilização do pousio na agricultura de corte e queima é atuar na recuperação da qualidade do solo. Este sistema auxilia no retorno da matéria orgânica e de nutriente através de folhas, galhos e raízes (OLIVEIRA, 1999; ALTIERI, 2002). Além disso, auxilia na minimização dos processos erosivos, pois, a partir da presença de serrapilheira, o impacto das gotas da chuva diminui.

Segundo Freitas (1998), a prática de pousio auxilia na formação de comunidades vegetais com estruturas distintas (diâmetro altura do peito e altura) que terão funcionalidades

específicas. Segundo o autor, podem-se ter, associados ao pousio, estágios sucessionais diferenciados. O estágio inicial é denominado de campo sujo, onde há uma presença maior de herbáceas. No segundo momento, há a formação de uma macega que está atrelada a um desenvolvimento médio de 2 anos. Neste estágio, observa-se o adensamento de arbustos com presença de uma serrapilheira mais desenvolvida. O estágio seguinte é denominado capoeira e está associado a um tempo médio de 5 a 7 anos. Neste estágio, pode-se fazer uma comparação com a floresta em estágio sucessional pouco avançado, pois há a presença de serrapilheira e os indivíduos já se encontram estratificados (herbáceo, arbustivo e arbóreo). Por fim, o último estágio é a mata, onde o adensamento de indivíduos é maior.

O fogo é um elemento utilizado na agricultura de corte e queima. Estudos realizados por Valverde (1968), Mataix-Solera *et al.* (2002), Certini (2005), Mataix-Solera e Guerrero (2007), Keeley (2009), dentre outros, demonstram que o problema não é o fogo em si, mas sim o grau de sua severidade e intensidade. Ou seja, os efeitos do fogo sobre as paisagens e os elementos nelas inseridos derivam de sua energia de combustão e grau de degradação.

Mataix-Solera e Guerrero (2007) apontam que o fogo pode ser classificado como de baixa intensidade, em que as temperaturas não ultrapassam os 200ºC, caracterizando as queimadas, e de alta intensidade, quando, além de superarem este valor térmico, as chamas têm altura elevada, caracterizando os incêndios.

Dois parâmetros fundamentais para diagnosticar os efeitos do fogo são a intensidade e severidade. A intensidade equivale à velocidade com que a energia é liberada, ao passo que a severidade consiste nas consequências geradas pelo fogo ao meio ambiente (PAUSAS, 2012). A correlação entre intensidade e severidade permite compreender a magnitude do fogo (KEELEY, 2009).

Os incêndios, fogo de alta intensidade, estão atrelados a alguns impactos negativos, tais como: modificações da cobertura vegetal, ao aumento da perda de solo, mudanças na densidade e porosidade do solo, encrostamento e escoamento superficial (SHAKESBY; DOERR, 2006; ÚBEDA; OUTEIRO, 2009), mudanças na qualidade da matéria orgânica (GONZÁLEZ-PÉREZ *et al.*, 2004), hidrofobicidade (HERNANDEZ *et al*., 2013) e estabilidade de agregados (MATAIX-SOLERA *et al.*, 2011; THOMAZ; FACHIN, 2014). Este tipo de fogo tende a estar relacionado com o maior aporte de matéria orgânica, com maior poder de liberação energia.

O fogo de baixa intensidade (coivara) resulta no aumento da fertilidade a partir das cinzas disponíveis após a queima (NIGH; DIEMONT, 2013). Segundo Ketterings e Bigham (2000), o fogo de baixa severidade e pequena exposição ao longo do tempo tem somente um efeito temporário nas características biológicas do solo e nas propriedades químicas. Thomaz (2013) verificou que a área com agricultura de corte e queima é estável para pousios acima de cinco anos. Merat (2014) demonstrou que o sistema de coivara apresentou os melhores resultados em relação ao comportamento hidrológico e erosivo quando comparado ao sistema sem cobertura.

Por fim, a cobertura vegetal é um fator importante nas questões hidrológicas e erosivas, pois tem um papel fundamental na interceptação ou no direcionamento da água, como fluxo de atravessamento, fluxo de tronco, infiltração e escoamento superficial. Mudanças no uso do solo podem alterar o comportamento hidrológico e erosivo de uma área. A supressão da cobertura vegetal através do corte ou por meio do fogo, leva ao aumento dos processos erosivos.

Existem alguns fatores controladores que determinam as variações nas taxas de erosão, tais como: erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal, características das encostas

etc. Devido à interação desses fatores, certas áreas erodem mais do que outras. A intervenção humana pode alterar esses fatores e, consequentemente, apressar ou retardar os processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; MORGAN, 1986; entre outros).

Alguns parâmetros da chuva influem na erosividade: a quantidade de chuva (mm), sua intensidade (mm/h), duração (h) e a sua distribuição anual. Hudson (1981) constatou que, em condições de vegetação natural, o fator de maior influência sobre a erosão causada pela água é a média anual de chuva. Em regiões de baixíssimas precipitações pluviométricas, a erosão hídrica é relativamente insignificante. À medida que aumenta a média anual de chuva, aumenta o processo erosivo.

As propriedades do solo podem também influenciar nos processos erosivos. Entre elas, podem-se destacar: textura, estrutura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica e estabilidade dos agregados do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; entre outros). Por seu baixo poder agregante, os solos arenosos são mais suscetíveis à erosão, ao contrário do que acontece com os solos argilosos, que se agregam muito mais, tendo, assim, mais resistência aos processos erosivos.

A cobertura vegetal minimiza o impacto das gotas da chuva, reduzindo a formação de crostas, além de promover a formação de húmus que auxilia a estabilidade dos agregados (DUNNE; LEOPOLD, 1978). Além disso, a vegetação tem um importante papel na infiltração de água no solo, pois as raízes atuam como caminhos preferenciais da entrada de água na matriz do solo (GREENWAY, 1987).

Por fim, as características da encosta (declividade, comprimento e forma) também podem afetar a erosão dos solos, que é praticamente nula se a declividade for zero (e se a área for plana),

desde que se mantenha o solo coberto para se evitar o impacto das gotas da água. O comprimento de rampa não é menos importante do que o declive, pois, à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não apenas as águas vão se avolumando de maneira proporcional, como também a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Bertoni e Lombardi Neto (1999) afirmam que, para uma mesma declividade, a erosão será tanto maior quanto maior for o comprimento de rampa, pois devido a maior concentração de enxurrada nesta área, haverá proporcionalmente uma maior energia de erosão. Segundo os autores, os dados de comprimento de rampa são um dos fatores mais importantes relacionados à erosão dos solos, no entanto quase sempre são muito mal interpretados.

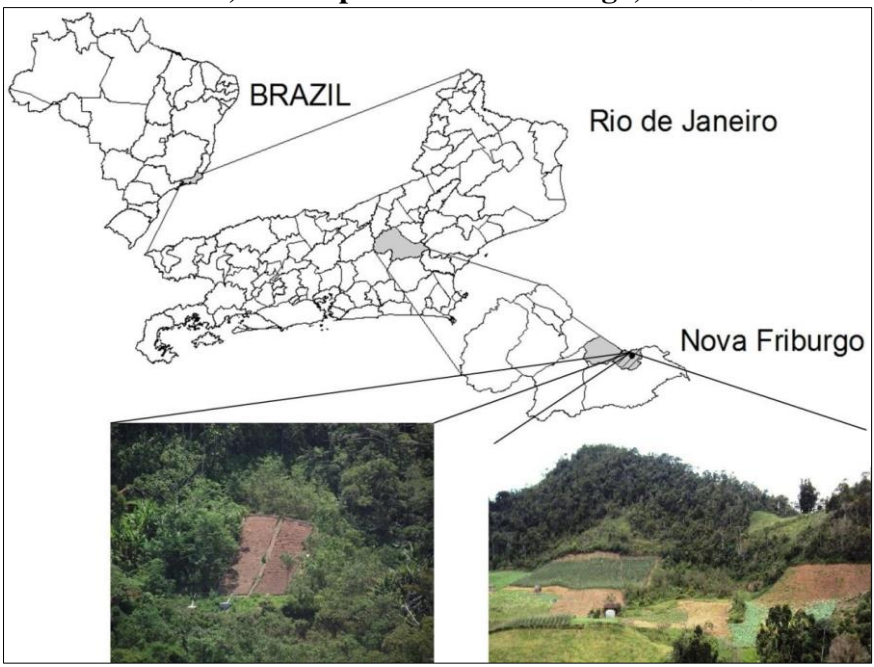
Verifica-se, assim, que o processo erosivo de uma área está associado a diversos fatores, sendo que cada unidade de solo apresenta características próprias (físicas, químicas e morfológicas). A combinação dessas características pode condicionar uma maior ou menor resistência à erosão, o que torna a compreensão das variáveis controles do processo erosivo algo extremamente complexo.

A agricultura de corte e queima vem sendo colocada como possível alternativa para manter a fertilidade e as propriedades físicas do solo, a partir da incorporação de matéria orgânica e modificação das propriedades do solo, o que merece ser investigado. Na década de 1960, o sistema de agricultura de corte e queima foi considerado como uma prática primitiva em relação à agricultura modernizada (GROGAN; LALNUNMAWIA; TRIPATHI, 2012). No entanto, nas últimas décadas, alguns estudos têm demonstrado que os impactos ambientais atribuídos a este sistema foram superestimados (MERTZ *et al*., 2009; ZIEGLER *et al*., 2009; GROGAN; LALNUNMAWIA; TRIPATHI, 2012; VLIET *et al*., 2012; THOMAZ, 2013).

Espera-se, com estes estudos, obter resultados que possam ser utilizados no desenvolvimento de metodologias que visem a contribuir para o conhecimento do agricultor e dos órgãos governamentais no entendimento da funcionalidade hidrológica e erosiva de áreas com sistema abandonado de corte, queima e pousio.

O estudo foi desenvolvido em São Pedro da Serra, distrito de Nova Friburgo, localizado na Serra do Mar e que faz parte da Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima (Figura 1).

Figura 1 - Localização do distrito de São Pedro da Serra, município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Visão geral das Estações Experimentais do distrito São Pedro da Serra. Área Experimental 1 e Área Experimental 2.

A agricultura tradicional de corte/queima/pousio tem sido feita nesta área há mais de 100 anos. Nas últimas décadas, os cultivos mais utilizados são de aipim, batata doce, batata baroa, couve-flor, inhame, feijão, repolho, tomate e pimentão, variando conforme a época do ano. Na sub-bacia do rio São Pedro, onde estão inseridas as Estações Experimentais de Pesquisa de Erosão (EEPE/SPS), há um predomínio da declividade acima de 28% e a elevação encontra-se, em sua maioria, nas cotas entre 880m a 1.210m.

Os solos nas parcelas de erosão consistem em Cambissolos e apresentam uma classe de textura denominada de solo franco, com 46 % de areia, 28 % de argila e 26 % de silte. Os solos são classificados como fortemente ácidos, apresentam um pH que varia de 4,0 a 4,7 com conteúdo de carbono que varia de 16,1 mg/g e 11,1 mg/g, respectivamente.

Desde 2005, o distrito de São Pedro da Serra (Nova Friburgo) vem sendo estudado pelo Laboratório de Geociências da UERJ - São Gonçalo, o qual tem, como meta central, compreender os problemas ambientais da região (SILVA, 2005; BARROS, 2006; GOMES, 2007; CHAVES, 2009; SANTOS, 2009; SALGADO, 2010; BERTOLINO; BERTOLINO, 2010; COSTA, 2012; SILVA, 2012; MERAT, 2014; BERTOLINO; SOARES; CUNHA, 2015; SOARES, 2016; MATTOS, 2018; COSTA; BERTOLINO; BARROS, 2021).

Barros (2006) analisou as propriedades físicas dos solos em área de floresta, plantio convencional e sem cobertura. Verificou que a prática de manejo conservacionistas de pousio, tem a capacidade de regeneração do solo de forma natural e espontânea.

Gomes (2007) avaliou o carbono orgânico do solo. Constatou valores altos de carbono orgânico na profundidade de 0-5 cm nos sistemas de floresta seguido de pousio de 10-12 anos e pousio de 4-7 anos e, por último, na área de plantio convencional.

Santos (2009) trabalhou com perdas de solo em duas parcelas experimentais (Sem Cobertura e Pousio) e correlacionou os resultados com os potenciais matriciais da água no solo. A autora verificou que, no sistema Sem Cobertura, foram determinados os maiores valores de escoamento superficial e erosão.

Chaves (2009) avaliou o processo de interceptação da cobertura vegetal em diferentes estágios sucessionais (Pousio de 4-7 anos e Pousio de 10-12 anos) e área de floresta. O autor demonstrou as diferenças existentes entre as áreas com estágios sucessionais distintos e sua relação com a precipitação interna.

Salgado (2010) analisou as repercussões hidrológicas e erosivas em área sem cobertura e Pousio de 4-7 anos. Verificou na área Sem Cobertura um percentual significativo de perdas por escoamento superficial e erosão. Já a parcela de Pousio de 4-7 anos não apresentou perdas significativas.

Bertolino e Bertolino (2010) avaliaram a agricultura de corte e queima a partir do entendimento das modificações na estrutura da vegetação, nas propriedades físicas e químicas do solo em áreas com diferentes pousio (Pousio de 4-7 anos e de 10-12 anos), Plantio convencional e Área de Floresta) e suas repercussões hidrológicas.

Costa (2012), a partir de resultados de fitossociologia de áreas com estágios distintos de pousio (Pousio de 4-7 anos e de 10-12 anos) e presença de floresta, demonstrou que há uma tendência de um estágio sucessional pouco avançado e com baixa diversidade na área de 4-7 anos. Já na área de Floresta, foram encontradas espécies de secundárias tardias e com uma maior diversidade dos indivíduos.

Silva (2012) avaliou a retenção hídrica e a produção de serrapilheira, tendo constatado que a retenção hídrica da serrapilheira apresenta padrões semelhantes durante o ano, tendo

maior destaque na estação seca. Com relação à produção, a área de floresta demonstrou ser o ambiente mais "equilibrado".

Merat (2014) verificou que o sistema de Pousio de 2-3 anos foi o mais eficiente em relação ao Sem Cobertura e o da Coivara. O fogo, aplicado no manejo do sistema de coivara, embora tenha alterado algumas propriedades químicas, obteve os melhores resultados do comportamento hidrológico e erosivo quando comparado com o sistema Sem Cobertura.

Bertolino, Soares e Cunha (2015) verificaram, em área sem cobertura e com Pousio de 4-7 anos, que o sistema sem cobertura tem valores de potenciais matriciais próximo à saturação, ao passo que o sistema Pousio 4-7 anos possui variações constantes de potenciais matriciais e baixas taxas de erosão, demonstrando uma drenagem eficiente quando comparado ao sistema sem cobertura.

Soares (2016), estudando área com presença de pousio de 2-3 anos, sem cobertura e plantio, encontrou escoamento superficial e erosão menor para o pousio de 2-3 anos vindo em seguida a área com presença de plantio e, por fim, a área sem cobertura.

Mattos (2018) buscou analisar as características físicas e mineralógicas dos 15 centímetros iniciais de um solo sob fogo controlado e de baixa intensidade, caracterizando o sistema de Coivara, assim como um solo de uma área que sofreu combustão completa, gerando o sistema Incêndio. Verificou a elevada presença de microporos no sistema Incêndio e repelência moderada.

Costa, Bertolino e Barros (2021) avaliaram a regeneração da cobertura vegetal após período de Pousio de 4 a 7 anos, Pousio de 10 a 12 anos e uma área de controle florestal com 50 a 70 anos. Os resultados sugerem que os sistemas de pousio de 4-7 anos e pousio de 10-12 anos encontram-se em estágio inicial de regeneração. A área de floreta contém, na sua maioria, espécies secundárias iniciais e tardias. As espécies mais representativas nos sistemas foram

Machaerium stipitatum e *Psychotria vellosiana*, comuns em áreas degradadas. As famílias com maior valor de importância foram *Euphorbiaceae* em pousio de 4-7 anos, *Leguminosae* em pousio de 10-12 anos e *Rubiaceae* em área de floresta.

INSTRUMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS NAS ÁREAS EXPERIMENTAIS

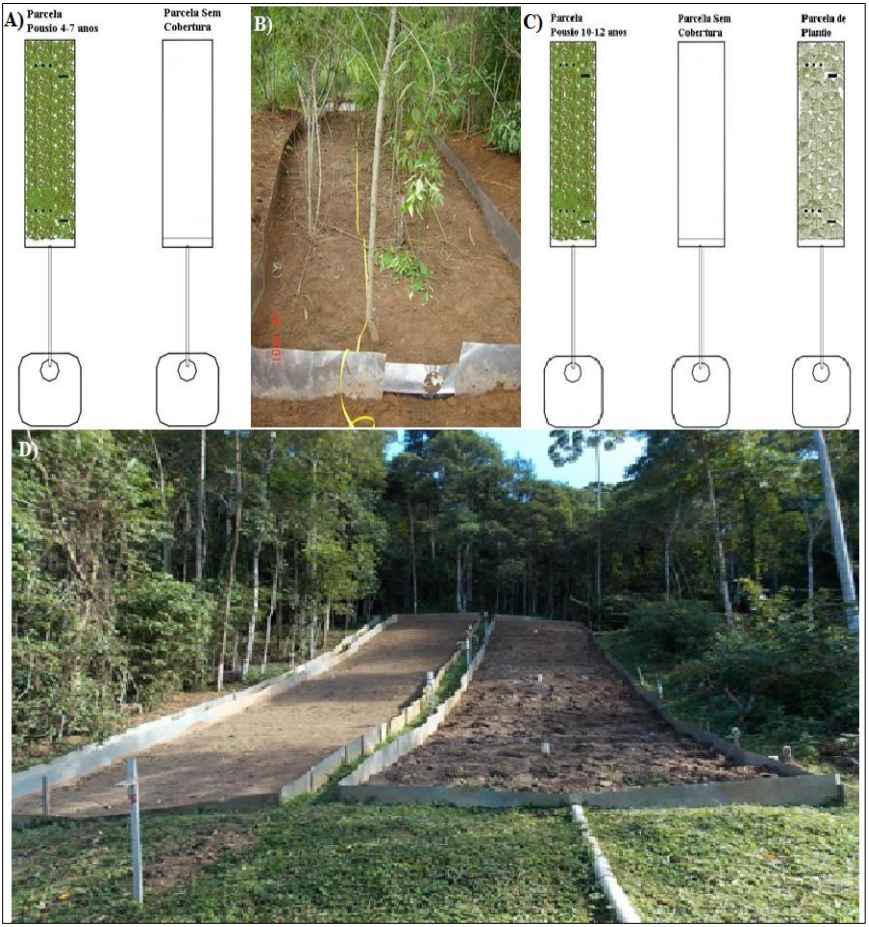
Neste estudo, foram utilizadas metodologias que auxiliassem na avaliação das repercussões da erosão em diferentes áreas, tais como: sistema sem cobertura (SC), sistema abandonado de corte e queima com pousio de 4-7 anos, sistema abandonado de corte e queima com pousio de 10-12 anos e sistema de plantio com coivara. Dentre as principais variáveis avaliadas, podem-se citar pluviometria, fluxo de atravessamento, estrutura da vegetação, hidrologia e erosão complementar.

PARCELAS EXPERIMENTAIS DE EROSÃO

O estudo foi desenvolvido nas Estações Experimentais de Erosão de São Pedro da Serra (EEPE/SPS):

1. Área Experimental 1 – sistema sem cobertura (SC) e sistema abandoando de corte e queima com pousio de 4-7 anos (PO 4-7 anos) (Figuras 2A e 2B).
2. Área Experimental 2 – sistema sem cobertura (SC), sistema abandoando de corte e queima com pousio de 10-12 anos (PO 10-12) e sistema de plantio com coivara ocorrida há cinco anos (Figuras 2C e 2D).

Figura 2 – Croquis e imagens das Áreas Experimentais 1 e 2



Fonte: Elaboração própria.

Nota:

A. Croqui das parcelas experimentais de erosão nas áreas de sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 4-7 anos e Sem Cobertura – Área Experimental 1.

B. Parcelas experimentais de erosão na área abandonada de corte e queima com pousio de 10-12 anos, Sem Cobertura e Plantio com coivara ocorrida cinco anos antes (batata doce) – Área Experimental 2.

C. Croqui das parcelas experimentais de erosão na área abandonada de corte e queima com pousio de 10-12 anos, Sem Cobertura e Plantio com coivara ocorrida há cinco anos (batata doce) – Área Experimental 2.

D. Parcelas experimentais de erosão n na área abandonada de corte e queima com pousio de 10-12 anos, Sem Cobertura e Plantio com coivara ocorrida há cinco anos (Batata doce) – Área Experimental 2.

O monitoramento das parcelas de erosão ocorreu no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2011 (Área Experimental 1) e de dezembro de 2019 a novembro de 2020 (Área Experimental 2). As parcelas experimentais apresentam dimensões de 20 m^2 (Área 1) e 88m^2 (Área 2). As parcelas de erosão foram construídas utilizando chapas de alumínio galvanizado de 2 a 4mm de espessura, com 60cm de altura, sendo 40cm enterrados no solo e 20cm aparentes, para impedir a entrada e saída de material por erosão de salpicamento. Ao final de cada parcela, existem caixas coletoras de 1.000 L para o armazenamento do escoamento superficial e da erosão (WISCHMEIER, 1976).

Escoamento superficial e erosão

Após o evento de chuva, verificam-se os volumes (litros) escorridos em cada parcela de erosão (SC, na área abandonada de corte e queima com pousio de 4-7 anos, na área abandonada de corte e queima com pousio de 10-12 anos e Plantio).

O monitoramento do escoamento superficial foi realizado diariamente às 07:00h e o escoamento superficial das parcelas que apresentaram uma alíquota mínima de 1 litro de água foi coletado. Transfere-se o conteúdo de 1L para becker com peso estabelecido e coloca-se na estufa por 24 h. Após a água evaporar, verifica-se o peso do sedimento que ficou estocado no becker. Após o peso conhecido multiplica-se pelos litros de escoamento de cada parcela (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; WISCHMEIER, 1976).

Pluviometria e fluxo de atravessamento

Em cada sistema foram dispostos coletores de água para avaliar a precipitação acumulada no intervalo de 24 h. Os

pluviômetros foram construídos de forma artesanal com tubos de PVC com altura de 20cm e diâmetro 5cm. Na Área Experimental 1, foram dispostos três pluviômetros por sistema, totalizando seis pluviômetros (SC e sistema abandonado de corte e queima com Pousio 4-7 anos), distribuídos na porção alta, média e baixa da encosta. Na Área 2, foram instalados 9 pluviômetros, 3 em cada sistema (SC, sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 10-12 anos e Plantio com coivara), um em cada porção da encosta, alta, média e baixa (Figura 3).

A cada evento de chuva, a água foi coletada e os valores obtidos no campo foram transformados em altura de chuva em mm (COELHO NETTO; AVELAR, 2002).

Figura 3 - Pluviômetros instalados nas áreas de Plantio e Sem Cobertura – Área 2



Fonte: Elaboração própria.

Estrutura da vegetação

Com a finalidade do entendimento da estrutura da vegetação foram realizadas medidas do diâmetro à altura do peito. Seguindo o critério de inclusão das plantas, consideraram-se espécies arbóreas e arbustivas com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5,0cm, medido a 1,30m do ponto de enraizamento (Figura 4). Esse critério foi baseado no Decreto Lei Federal n.750/93 (BRASIL, 1993), que proíbe o corte e supressão da vegetação primária e secundária nativa de Mata Atlântica acima desse diâmetro. Também foram realizadas medidas da altura (m) de todos os indivíduos presentes nas áreas com sistema abandonado de corte e queima com Pousio 4-7 anos e sistema abandonado de corte e queima com Pousio 10-12 anos.

Figura 4 - Medição do diâmetro à altura do peito em sistema abandonado de corte e queima com Pousio 4-7 anos – Área Experimental 1



Fonte: Elaboração própria.

Tipos de plantios

Foram realizados dois tipos de plantio nas parcelas experimentais:

a) Batata doce *Ipomoea batatas* – início em 12/12/2019 e término em 07/07/2020.

b) Repolho *Brassica oleracea* – início em 10/07/2020 e término 15/09/2020.

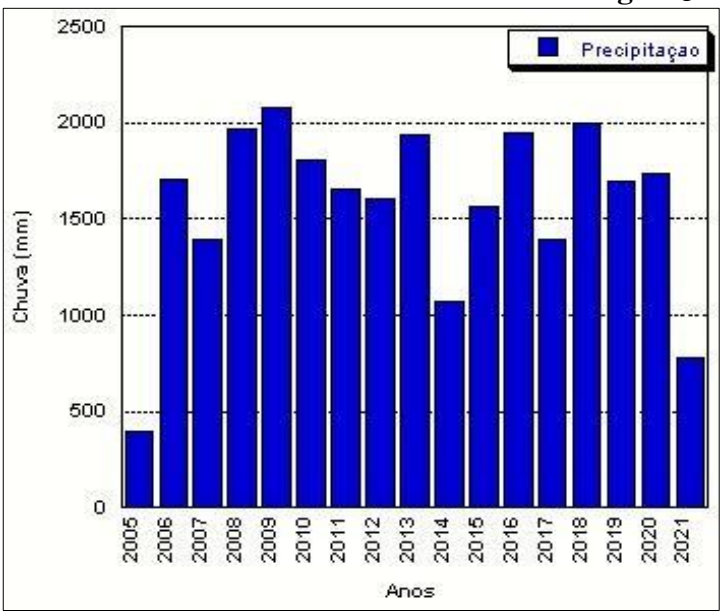
Utilizou-se o espaçamento de 20cm, com profundidade de 5cm. Para o plantio de batata doce, foram colocados três ou quatro nós em cada cova. No caso do repolho, colocou-se uma muda em cada cova. A distância entre as leiras é de 50cm, com uma média de 25 a 30 leiras distribuídas em 88m^2.

Variáveis centrais na discussão da agricultura de corte e queima associadas à hidrologia e erosão

Para fins de compreensão do comportamento erosivo e hidrológico, o entendimento da precipitação apresenta uma grande importância e, por isso, serão discutidos os dados da série histórica de 2005 a 2021. Inicialmente, foram realizadas as médias de 16 anos, com a finalidade de caracterizar o período úmido e seco (Gráfico 1).

Ao analisar os dados de 16 anos, verifica-se que a média anual de precipitação é de 1.571,8 mm, sendo o ano 2009 o que apresenta o maior valor com precipitação de 2.074mm e o ano de 2014 o que apresenta o menor valor total, com 1.072mm.

Gráfico 1 - Precipitação anual de 2005 a 2021 em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ



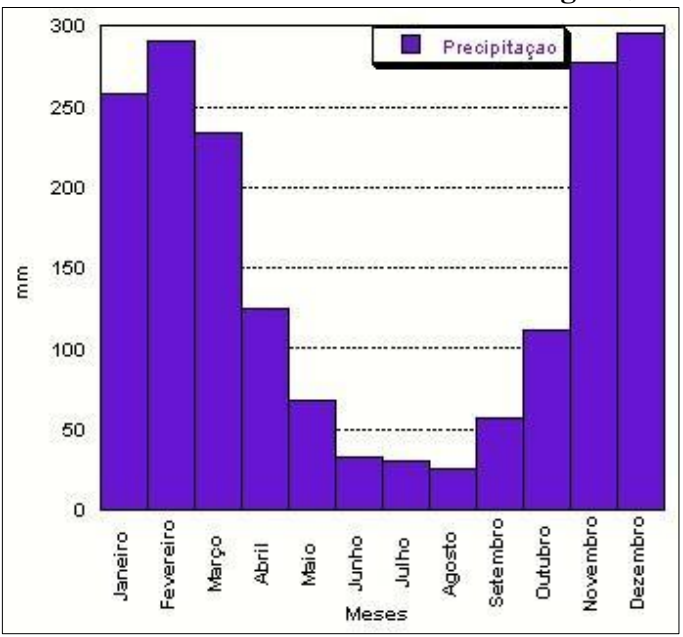
Fonte: Elaboração própria.

Nota: 2005. Dados de novembro e dezembro. 2021. Dados de janeiro a maio.

Nota-se, nos dados médios mensais, que ocorrem dois períodos distintos: um período úmido, de novembro a abril, em que o mês de dezembro tem a maior média mensal de precipitação, totalizando 294,9mm. E um período seco, maio a outubro, de menor ocorrência de chuvas, sendo o mês de agosto o mais seco (25,6 mm) (Gráfico 2). Os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março computam um total de precipitação de 1.354,4mm, o que significa 75,1% total médio de contribuição ao longo de um ano. As menores médias de precipitação ao longo de 16 anos foram encontrados nos meses de junho, com 30mm, e agosto, com 25,6mm. O maior valor de máxima precipitação foi encontrado em janeiro de

2007 com 596,6mm. A partir do mês de setembro, verifica-se um acréscimo da precipitação.

Gráfico 2 - Média mensal da precipitação entre o período de 2005 a 2021 em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ



Fonte: Elaboração própria.

Sabe-se que a natureza da cobertura vegetal (tipo, forma, densidade, diâmetro a altura do peito) influencia conjuntamente com as caraterísticas físicas das chuvas no processo de interceptação. Constata-se que a área de PO 4-7 anos apresenta um diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 6,1 cm e uma altura média de 4,3m. Esses valores refletem o baixo estágio de desenvolvimento sucessional deste sistema (Tabela 1).

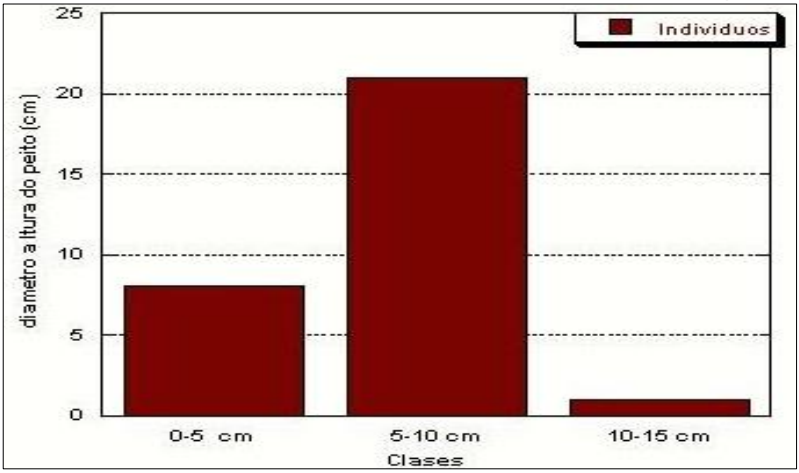
Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos gerais da estrutura da vegetação em sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 4-7 anos em São Pedro da Serra-Nova Friburgo/RJ

	PO (4-7 anos)
Área amostrada (m^2)	600
Número de Indivíduos	30
Diâmetro máximo (cm)	12
Diâmetro mínimo (cm)	4,77
Diâmetro médio (cm)	5,41
Altura máxima (m)	7,00
Altura mínima (m)	2,5
Altura média (m)	4,27

Fonte: Elaboração própria.

Constata-se, também, na área abandonada de corte e queima com PO de 4-7 anos, maior concentração de indivíduos com diâmetro à altura do peito na classe de 5-10cm, vindo em seguida a classe de 0-5cm e, por fim, a classe de 10-15cm (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Distribuição do diâmetro à altura do peito (DAP > 5 cm) em sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 4-7 anos em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ



Fonte: Elaboração própria.

As classes de 0-5m e 5-10cm representam 96,7% do total dos indivíduos, o que indica um baixo desenvolvimento sucessional. Apenas 3,3% dos indivíduos apresentam diâmetro a altura do peito relacionado à classe de 10-15 cm e estão associados a indivíduos que apresentam copas arbóreas maiores.

Costa, Bertolino e Barros (2021) observaram que, para a área de FLO em relação à área de PO 4-7 anos e PO 10-12 anos, há um aumento nos parâmetros de número de indivíduos, densidade de indivíduo, área basal, diâmetro à altura do peito e altura, com distribuição diamétrica seguindo a ordem POI<POII<FLO.

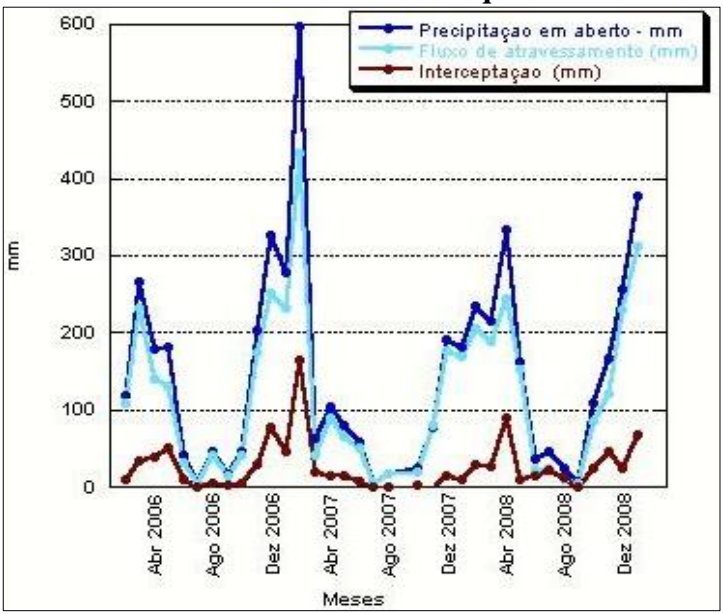
Durante o período de monitoramento de 2008 a 2011 ocorreu, no PO 4-7 anos, um acumulado de precipitação em aberto de 5.065,9mm, sendo que 4.145mm representam o fluxo de atravessamento. Observa-se que os valores de precipitação em aberto apresentam-se muito próximos dos valores de fluxo de atravessamento (Gráfico 4), principalmente nos meses úmidos, resultando em valores baixos de interceptação (18,2%), representando apenas 925mm.

O elevado fluxo de atravessamento no PO 4-7 anos, resulta em um volume grande de chuva que consegue alcançar o piso florestal. Isto ocorre devido ao fato de que o sistema de PO 4-7 anos apresenta um dossel vegetal pouco desenvolvido. Foi constatado um pequeno aumento da interceptação de 2006 para 2008, de 17,9% para 18,6%. Tal fato está associado ao adensamento da cobertura vegetal.

Silva (2012), trabalhando em área de Floresta de 50-70 anos, durante os anos de 2006 e 2007, em São Pedro da Serra, observou interceptação alta por parte deste sistema. Encontrou, na área de FLO, no ano de 2006, precipitação interna de 1.214mm, correspondendo a 72% da precipitação no aberto, alcançando uma interceptação de 28%. Em 2007, a precipitação interna correspondeu a 70% da precipitação no aberto retendo em seu dossel 30%. A

quantidade de fluxo de atravessamento tendeu a diminuir com o avanço da sucessão. Em estágios mais avançados, a cobertura vegetal apresenta uma estrutura mais complexa que acaba por interferir na interceptação.

Gráfico 4 - Precipitação em aberto, fluxo de atravessamento e interceptação de sistema abandonado de corte e queima de Pousio



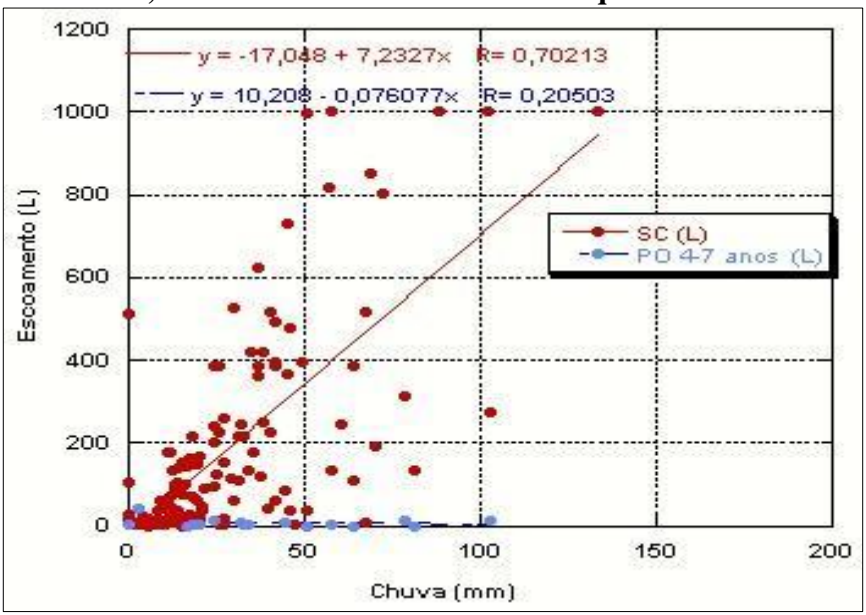
Fonte: Elaboração própria.

Nota: Precipitação em aberto, fluxo de atravessamento e interceptação de sistema abandonado de corte e queima de Pousio de 4-7 anos durante o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ.

Para compreender a relação entre estágio de desenvolvimento do pousio e as características hidrológicas e erosivas, monitorou-se o escoamento superficial e a perda de solo

por evento (24h) de outubro de 2008 a dezembro de 2011. Foram coletados 150 eventos. O período de monitoramento corresponde a um total de precipitação de 5.680,8mm, que significou em 2008 o monitoramento de 13 eventos que totalizam 12,9 % do total anual de 730,7 mm. Em 2009, foram monitorados 46 eventos que representam 36,5 % do total precipitado de 2.075 mm, em 2010 foram monitorados 54 eventos que representam 31,8 % do total de 1.802,7mm e, por fim, em 2011, foram monitorados 37 eventos que representam 18,8 % do total de 1.072,4 mm.

Gráfico 5 - Relação do escoamento superficial (mm) e da precipitação da parcela sem cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Relação do escoamento superficial (mm) e da precipitação da parcela Sem Cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 4-7 anos durante o período de outubro de 2008 a julho de 2011- Área Experimental 1em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ.

Os resultados de escoamento superficial demonstram que a área SC apresentou os maiores valores de escoamento superficial independente da magnitude da chuva, apresentando um escoamento total de 24.652L. Os maiores valores de escoamento superficial para o período foram de 1.000L associado às chuvas de 50,3mm (01/12/2009), 133mm, (26/02/2010), 102mm (11/11/2010), 87,9mm (26/11/2010) e 57,3mm (28/12/2010), ao longo de 24 h. Na área SC, pode-se observar um bom coeficiente de correlação (R=0,7) entre a chuva e o escoamento (Gráfico 5).

A falta da cobertura vegetal na SC condiciona a formação do selamento superficial e, consequentemente, auxilia na destruição dos agregados por intermédio do impacto das gotas da chuva (HUDSON, 1961; 1993). Esses fatores podem interferir na menor taxa de infiltração e resultar no aumento do escoamento superficial e da erosão (COELHO NETTO, 2018; GUERRA, 2018).

O sistema de PO 4-7 anos apresentou um valor total de escoamento superficial da ordem de 113,42 L. O maior valor de escoamento superficial para o período foi de 44 L para uma chuva de 2,4 mm. Na área de PO 4-7 anos verifica-se uma baixa correlação (R=0,2) entre a chuva e o escoamento superficial, demonstrando que, mesmo com o aumento da chuva, o escoamento superficial é baixo. Este comportamento pode estar relacionado ao papel desenvolvido pela cobertura vegetal responsável por proteger o solo do impacto da gota da chuva e atuando na minimização do escoamento superficial.

Segundo Coelho Netto (2018), a serrapilheira atua no controle de água que penetra no sistema florestal seja indiretamente – contribuindo para o controle hidrológico, na razão direta do seu papel como reguladora e mantenedora da sustentabilidade do corpo vegetacional que a antecede – seja pela via direta, via retenção de água e no direcionamento dos fluxos superficiais.

Silva (2012) avaliou a produção e a retenção da serrapilheira em São Pedro da Serra e verificou que a produção anual foi maior na área de FLO (658.072 $kgha^{-1}$), vindo em seguida o sistema de PO – 4-7 anos (595.906 $kgha^{-1}$) e, por último, o sistema PO 10-12 anos (444.196 $kgha^{-1}$). A autora ressalta que, apesar de o sistema PO 4-7 anos ser mais jovem, apresenta resultados mais próximos da área de floresta. Tal fato pode estar associado à sua idade, pois sistemas mais novos têm maior capacidade de produção de serrapilheira. A autora observou ainda que o outono foi a estação que apresentou maior capacidade de retenção de água, com média de 389,6%, em todos os três sistemas. Nas outras estações, o sistema PO 4-7 anos apresentou a maior retenção hídrica, com exceção para a primavera. Esses resultados corroboram com os valores encontrados de escoamento superficial do sistema PO 4-7 anos.

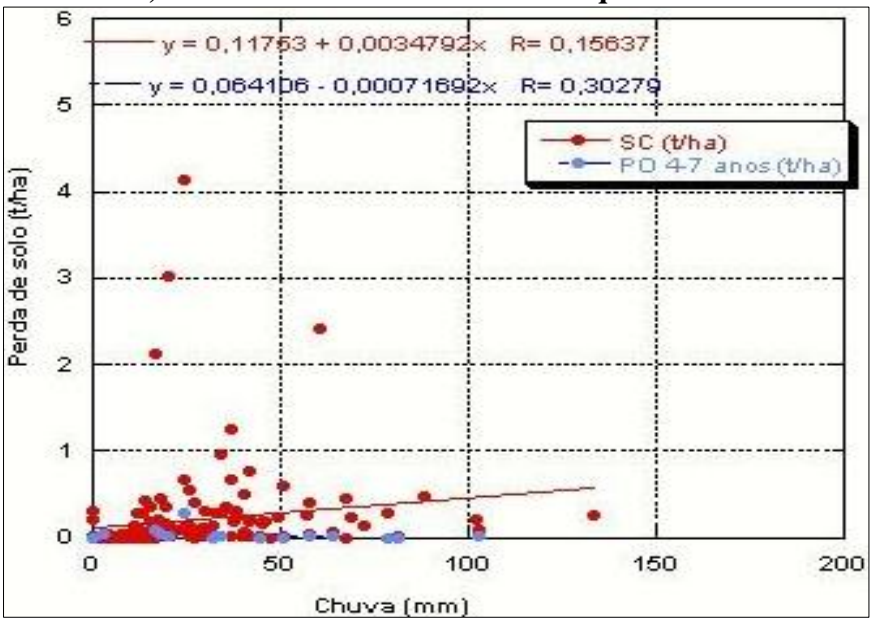
Bertolino, Soares e Cunha (2015) verificaram também, em área Sem Cobertura e com Pousio de 4-7 anos, que o sistema sem cobertura possui valores de potenciais matriciais próximo à saturação, resultando em valores elevados de escoamento superficial e erosão. Já o sistema Pousio 4-7 anos possui variações constantes de potenciais matriciais e baixas taxas de erosão, demonstrando uma drenagem eficiente, quando comparado ao sistema cobertura.

É interessante pontuar que, durante o monitoramento (outubro de 2008 a dezembro de 2011), verificou-se um baixo volume de escoamento superficial (< 1 L) na área de PO 4-7 anos. Isto demonstra, por si só, o papel desempenhado pela cobertura vegetal na interceptação da chuva, bem como na retenção de umidade através da serrapilheira.

Para todo o período monitorado a área SC é a que apresenta os maiores valores de erosão, totalizando 30,3 ton/ha. Já a área de PO 4-7 anos apresenta uma perda de solo de 0,6 ton/ha. Os baixos valores de correlação entre as perdas de solo e a chuva, tanto para SC (R=0,1) quanto para PO 4- 7 anos (R=0,3), demonstram uma

grande dispersão dos dados (Figura 13). Na área SC constata-se que volumes pequenos de chuva provocaram uma perda expressiva de solo (16,5 mm/2,1 ton/ha, 20,0 mm/3,0 ton/ha, 23,9 mm/4,1 ton/ha e 36,9/1 ton/ha), o que sugere a ocorrência de chuvas intensas. A intensidade de chuva é a relação entre o volume de chuva por tempo, ou seja, chuvas pequenas num intervalo de tempo curto podem causar quantidades altas de perda de solo. Além disso, as chuvas intensas causam maiores impactos no solo, principalmente, em áreas sem presença de cobertura vegetal.

Gráfico 6 - Relação das perdas de solo (ton/ha) e da precipitação da parcela sem cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Relação das perdas de solo (ton/ha) e da precipitação da parcela Sem Cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 4-7 anos durante o período de outubro de 2008 a julho de 2011- Área Experimental 1 em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ.

Bertolino, Soares e Cunha (2015) encontraram valores similares de erosão em área com presença de SC e PO 4-7 anos. Os autores obtiveram valores de 29,5 ton/ha na área de SC e no PO 0,0085 ton/ha. Observaram ainda que os valores de escoamento superficial e perda de solo estão relacionados às fases de regeneração do sistema de agricultura de corte e queima. Para tal, dividiram o sistema em três fases: a) pós-queima início do pousio, b) desenvolvimento da vegetação e c) adensamento da vegetação. Verificaram que o sistema de pousio (PO) tem perdas de água e solo apenas no período pós queimada/início do pousio, conforme registrado na Tabela 2. Depois de dois anos de monitoramento, quando começa a ocorrer o desenvolvimento da vegetação, há perdas de água inferiores a 1L ou nulas. Já no sistema SC, registraram-se perdas de água e solo ao longo de todo o período de monitoramento. Ressalta-se que esse comportamento também foi constatado por esse estudo, sendo que, em diversos eventos, a área e PO 4-7 anos não apresentou escoamento superficial.

Tabela 2 - Escoamento superficial e perda de solo em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ

Período	Pluviosidade (mm)	Escoamento (mm)		Perda de solo (t/ha)	
		SC	PO	SC	PO
Pós-queimada/início do pousio Dez.2008-Dez 2009	**2428,40**	**462,30**	**15,27**	**19,1**	**0,00849**
Desenvolvimento da vegetação Jan.2010-Dez 2010	**1608,20**	**559,22**	**0**	**6,4**	**0**
Adensamento da vegetação Jan.2011-Jul 2011	**1072,14**	**222,70**	**0**	**3,4**	**0**

Fonte: Bertolino; Soares; Sobral (2015).

Nota: Escoamento superficial e perda de solo de acordo com as fases de regeneração da agricultura de corte e queima, comparando o período (PO) com o manejo convencional, sistema sem cobertura vegetal (SC) em São Pedro da Serra – Nova Friburgo/RJ.

Thomaz (2013), trabalhando com a agricultura de corte e queima durante cinco anos, verificou que a erosão decresceu a partir da regeneração do sistema. O autor constatou que a perda de erosão ao longo dos cinco anos foi maior do que o escoamento superficial. O autor encontrou apenas 0,10 t/ha. Morgan (2005) delimitou as perdas por erosão em três classes: a) < 2 t/ha, perdas muito baixas, 2-5 t/ha, perdas baixas e 5-10 t/ha, perdas moderadas. Segundo a FAO (1967), a tolerância aceita para perda de solo em áreas de pousio é entre 2 t/ha por ano e 4 t/ha por ano. Desta maneira, os resultados demonstram que a área de SC apresenta valores acima dos estipulados pela literatura. Isto demonstra que a área sem cobertura e/ou áreas com manejo convencional, em que o solo fica exposto em determinados períodos, irá representar uma perda do topo do solo bastante expressiva, resultando em empobrecimento. Já a área de pousio de 4-7 apresenta-se dentro das faixas aceitáveis nos dois sistemas de classificações com valores baixos de escoamento e erosão, o que contribui para uma menor degradação do solo.

ÁREA EXPERIMENTAL 2

Neste item, busca-se realizar uma comparação entre as áreas de pousio da área PO 4-7 e PO 10-12 anos, com a finalidade de entender as estrutura e funcionalidades de cada estágio de pousio na dinâmica hidrológica e erosiva. Os parâmetros fitossociológicos da estrutura da vegetação demonstram que a área de PO 10-12 apresenta um desenvolvimento sucessional mais avançado. Há um número maior de indivíduos com valores de diâmetro à altura do peito e altura superiores à área de PO 4-7 anos (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos gerais da estrutura da vegetação em sistema de pousio de 10-12 anos em São Pedro da Serra - Nova Friburgo (RJ)

	PO (10-12 anos)
Área amostrada (m^2)	$88m^2$
Número de Indivíduos	42
Diâmetro máximo (cm)	28,3
Diâmetro mínimo (cm)	2,54
Diâmetro médio (cm)	7,9
Altura máxima (m)	15
Altura mínima (m)	3
Altura média (m)	6,8

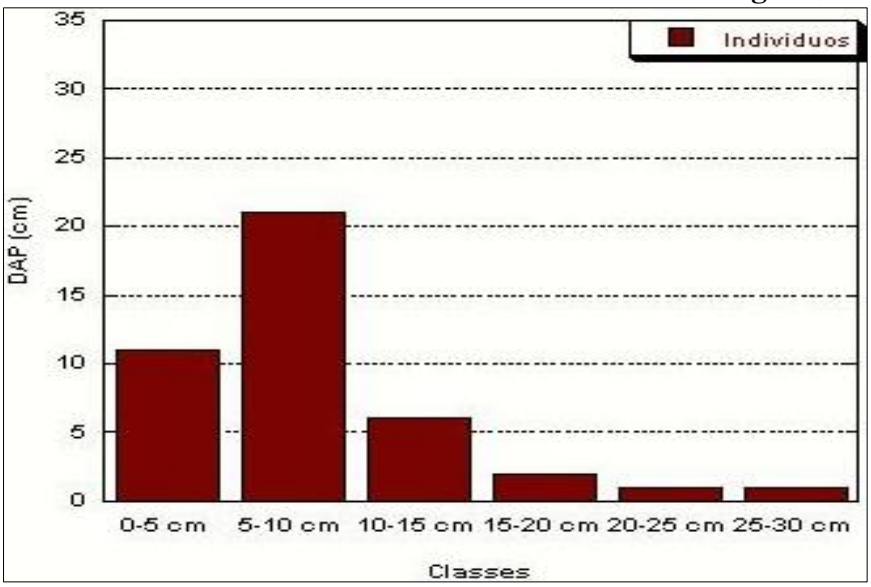
Fonte: Elaboração própria.

Na área de PO 10-12 anos, observou-se maior concentração de indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) na classe 5-10cm, vindo, em seguida, as classes 10-15cm, 15-20cm, 20-25cm e 25-30cm (Gráfico 7). As classes de 0-5, 5-10 e 10-15cm representam 76,2%. Esses dados demonstram o avanço sucessional da área de PO 10-12 anos em relação a PO 4-7 anos. Isto irá refletir na diminuição do fluxo de atravessamento, no aumento da interceptação da chuva e na minimização dos fluxos superficiais (CHAVES, 2009; SILVA, 2012).

Na Área 2, ocorreu uma precipitação em aberto de 1361,7mm, sendo que 1.009,2mm está associado ao fluxo de atravessamento (Gráfico 8). A interceptação da área de PO 10-12 anos foi de 26% (357,6mm). É interessante observar que houve um aumento da interceptação da área de PO 4-7anos para a área de PO 10-12 anos da ordem de (8%). Os dados fitossociológicos da estrutura da vegetação refletem as diferenças existentes entre os sistemas de PO 4-7 anos e o PO 10-12, resultando em valores menores de fluxo de atravessamento na Área 2. Há um dossel

florestal mais estruturado e, por conseguinte, um aumento da interceptação florestal.

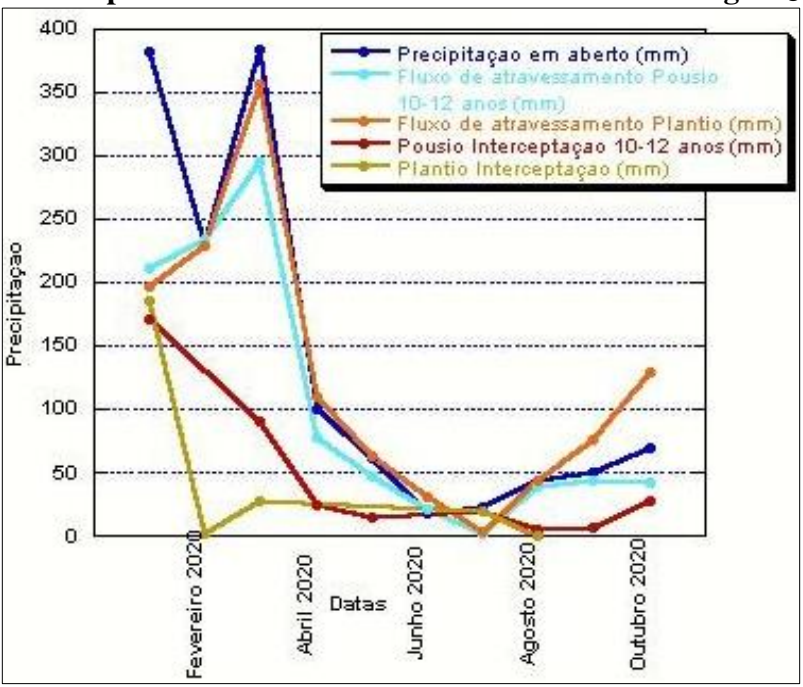
Gráfico 7 - Classes de diâmetro a altura do peito (> 5 cm) na área de pousio de 10-12 anos em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ



Fonte: Elaboração própria.

O fluxo de atravessamento na área com presença de plantio (batata e repolho) é de 1.236,3 mm (90%) e apresenta uma interceptação de 10%. A baixa interceptação dos plantios (batata e repolho) já era esperada devido ao fato de os mesmos não apresentarem uma estrutura desenvolvida.

Gráfico 8 - Precipitação em aberto, fluxo de atravessamento e interceptação da área de pousio em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ



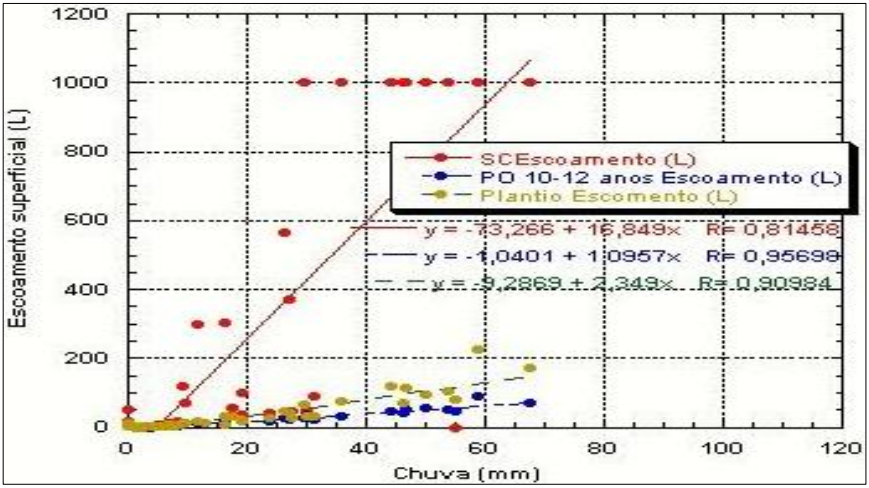
Fonte: Elaboração própria.

Nota: Precipitação em aberto, fluxo de atravessamento e interceptação da área de pousio de 4-7 anos durante o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2008. em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ.

Durante o ano de 2020 (janeiro a outubro), foram monitorados 57 eventos com precipitação total de 1.361,9mm. O escoamento superficial da área SC apresentou o maior valor (11.465L), vindo em seguida a área de Plantio (1.651,2 L) e a área de PO 10-12 anos (957,9L). Há uma correlação positiva e alta entre o escoamento superficial e a chuva para todos os sistemas, onde SC apresenta uma correlação de R=0,8 e Plantio e Pousio 10-12 anos

apresentam R=0,9. Pode-se observar, na Figura 16 que ocorrem as maiores concentrações de escoamento superficial até chuvas de 65mm. Durante o monitoramento correram 08 eventos que alcançaram um escoamento superficial de 1.000L (04/01 de 58,6mm; 10/01 de 46,5mm, 13/01 de 43,9mm,01/03 de 45,9mm, 04/03 de 49,7mm; 10/03 de 53,5 mm; 21/03 de 67,5 mm, 31/03 de 35,7mm, 08/04 de 29,3mm), demonstrando que os eventos acima de 29,3mm podem produzir escoamento superficial alto (Gráfico 9). Em relação ao escoamento superficial, os sistemas PO 10-12 anos e Plantio tiveram valores mis próximos, sendo encontrados valores máximos de 91L (58,6mm) para PO 10-12 anos e 228L (58,6mm) para Plantio.

Gráfico 9 - Relação escoamento superficial (mm) e da precipitação da parcela sem cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio

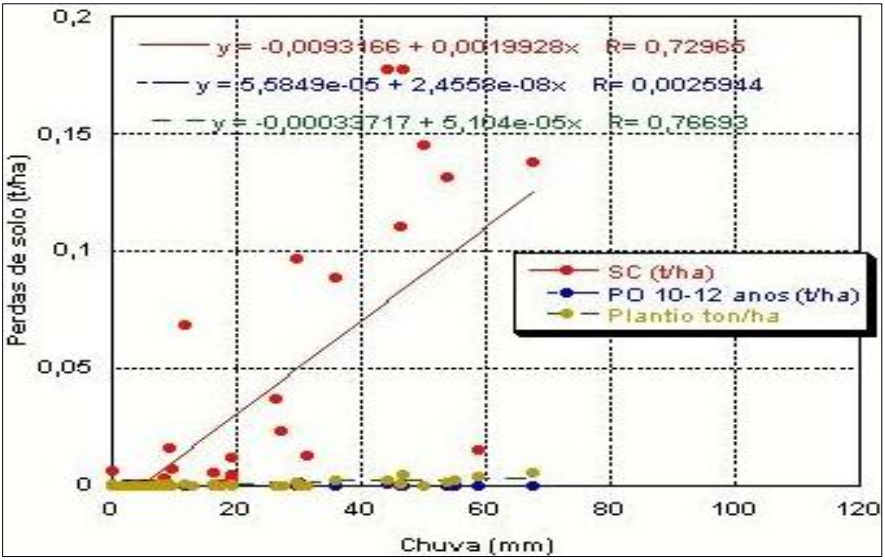


Fonte: Elaboração própria.

Nota: Relação escoamento superficial (mm) e da precipitação da parcela Sem Cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 10-12 anos e Plantio com coivara durante o período de dezembro de 2019 a dezembro de 2020- Área Experimental 2 em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ.

Os resultados de perdas de solo demonstram que o sistema SC apresentou os maiores valores de erosão vindo em seguida a área de Plantio, ambos apresentam alta correlação (R=0,7). A área de PO 10-12 anos não apresentou correlação significativa (R=0,02), o que indica que para qualquer chuva há uma baixa perda de solo (Gráfico 10). A alta correlação para todo o período monitorado coloca a área SC como a parcela que apresenta os maiores valores de perdas de solo desde chuvas pequenas até chuva maiores, totalizando 1,3 ton/ha. Já a área de PO 4-7 anos apresenta uma perda de solo de 0,003 ton/ha e plantio 0,3 ton/ha.

Gráfico 10 - Relação das perdas de solo (ton/ha) e da precipitação da parcela sem cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Relação das perdas de solo (ton/ha) e da precipitação da parcela Sem Cobertura, sistema abandonado de corte e queima com Pousio de 10-12 anos e Plantio com coivara durante o período de dezembro de 2019 a dezembro de 2020- Área Experimental 2 em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ.

A falta da cobertura vegetal na SC condiciona a formação do selamento superficial, consequentemente auxilia na destruição dos agregados por intermédio do impacto das gotas da chuva (HUDSON, 1961; 1993). Esses fatores podem interferir na menor taxa de infiltração e resultarem no aumento do escoamento superficial e da erosão (COELHO NETTO, 2018; GUERRA, 2018), conforme verificado para a área SC.

Merat (2014) constatou o mesmo comportamento obtido neste estudo, o autor trabalhando com sistema abandonado de corte e queima de PO 2-3 anos, sem cobertura e coivara verificou que em relação ao comportamento hidrológico e erosivo o PO 2-3 anos apresentou as menores perdas de água (616,5L) e solo (0,01664). Constatou ainda que em relação aos potenciais matriciais as drenagens foram rápidas. Em relação aos sistemas SC verificou as maiores perdas de água (841L) e solo (0,0353 ton/ha) entre todos os sistemas e dificuldade na drenagem. Por fim, o CO obteve perdas de solo menores (0,01765 ton/ha), próximas ao sistema PO e, em relação ao escoamento superficial os valore foram próximo (811,1L) ao sistema SC.

Os resultados apresentados demonstram que as perdas de solo para o sistema PO decrescem ao longo do tempo e isto aponta que a maneira como o pousio atua na regeneração do sistema é extremamente importante para a minimização dos processos erosivos. Corroborando com essa afirmação, a literatura de agricultura de corte queima vem demonstrando que, com a regeneração do sistema, há uma diminuição da taxa de sedimento e escoamento (LASANTA; BERGUERÍA; GARCÍA-RUIZ, 2006; SALGADO, 2010; THOMAZ, 2013; MERAT, 2014; SOARES, 2016 BERTOLINO; SOARES; CUNHA, 2015).

Tabela 3 - Valores temporais de chuva, escoamento superficial e perdas de solo em áreas de SC, PO 4-7 anos, PO 10-12 anos, Plantio/Coivara em São Pedro da Serra – Nova/Friburgo/RJ

(1) Momento Out/2008 a Dez/2011 (20 m²)	**Chuva**	**Fluxo de Atravessamento**	**Escoamento superficial (L)**	**Perda de solo (ton/ha)**
	5.065,9 mm			
SC		5.065,9 mm	24.652	30,3
PO 4-7 anos		4.145 mm	113,42	0,6
(2) Momento Jan a Ago/2014 (Merat, 2014 (88 m²)	**Chuva**			
	1.072 mm			
SC		1.072 mm	841,3	0,03531
PO 2-3 anos			616,5	0,01664
Plantio com Coivara			811,1	0,01765
(3) Momento Dez2019/Dez2020 (88m²)	**Chuva**			
	1.361,7 mm			
SC		1.361,7 mm	11.465	1,3
PO 10-12 anos		1.009, 2 mm	957,9	0,003
Plantio com Coivara		1.236,3 mm	1.651,2	0,03

Fonte: Elaboração própria.

Assim, em relação aos aspectos hidrológicos e erosivos de áreas com tempos diferenciados de pousio (PO 4-7 anos e 10-12 anos), foi possível concluir que (Tabela 3):

a) Ao longo dos três períodos de monitoramento a parcela SC apresentou sempre os maiores valores de perdas de solo e de escoamento superficial.

b) Na parcela SC, fica evidente a formação do selamento superficial ao longo de sete anos, pois, no período (3), há um valor alto de perda de solo para SC (1,3 ton/ha) e para escoamento superficial (11.465L), sendo que no período anterior (2) havia um valor baixo de erosão (0,03531 ton/ha) e escoamento superficial (841,3 L). Ao longo do tempo, com a retirada da cobertura há uma destruição dos agregados por intermédio do impacto das gotas, formação de selamento e menor taxa de infiltração resultando a alta taxa de escoamento superficial.

c) As parcelas de Pousios apresentam diminuição das perdas de solo do período (1) para o (2) e para o (3). Isto está associado ao desenvolvimento da cobertura vegetal.

d) A área com plantio apresentou perdas de erosão e escoamento superficial menores do que a SC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura tradicional de montanha (*slash-and-burn*) auxilia de forma positiva nas características hidrológicas e erosivas dos solos. De maneira geral, a partir dos parâmetros analisados os sistemas abandonados de corte e queima de 4-7 anos e 10-12 anos mostraram-se muito eficientes. Percebe-se que os sistemas de PO 4-7 anos e Pousio 10-12 anos interferiram no decréscimo das perdas de erosão e escoamento superficial. Isto está atrelado ao desenvolvimento da cobertura vegetal que auxilia na minimização dos processos erosivos, tendo destaque o pousio. Já o sistema SC apresentou valores elevados tanto de erosão quanto de escoamento

superficial, o que demonstra que a cobertura vegetal exerce um papel importante minimizando o impacto das gotas da chuva, o que reduz a formação de crostas, além de promover a formação de húmus que auxilia a estabilidade dos agregados. Além disso, a vegetação tem um importante papel na infiltração de água no solo, pois as raízes atuam como caminhos preferenciais da entrada de água na matriz do solo.

Constata-se, assim, que os sistemas de pousio de 4-7 anos e 10-12 anos, apesar de apresentarem tempos diferenciados de regeneração, interferem nas características hidrológicas e erosivas e apresentam uma importância no controle da erosão e do escoamento superficial dos solos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. "Agricultura Tradicional". *In*: ALTIERI, M. **Agroecologia base científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: AS-PTA, 2002.

BARKER, G. **The agricultural revolution in prehistory**: why did foragers become famers? New York: Oxford University Press, 2006.

BARROS, A. L. R. **Mudanças das propriedades físicas associadas à agricultura de corte e queima** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2006.

BERTOLINO, A. V. F. A.; BERTOLINO, L. C. "Agricultura migratória e seus efeitos sobre o solo". *In*: CARNEIRO, M. J.; BERTOLINO, A. V. F. A.; BERTOLINO, L. C. **Agricultores e Território**: Práticas e Saberes. Rio de Janeiro: Trasso Comunicação, 2010.

BERTOLINO, A. V. F. A.; SOARES, I.; CUNHA, L. "Dinâmica hidrológica e erosiva em agricultura tradicional de corte e queima no bioma de Mata Atlântica (RJ) – Brasil". **Territorium: Revista Internacional de Riscos**, n. 22, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, 1999.

BORGGAARD, O. K.; GAFUR, A.l; PETERSEN, L. "Sustainability appraisal of shifting cultivation in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh". **Ambio**, vol. 32, 2003.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. **Decreto Lei Federal nº 750, de 10 de fevereiro de 1993**. Brasília: Planalto, 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 22/11/2020.

CERTINI, G. "Effects of fire on properties of forest soils: a review". **Oecologia**, n. 143, 2005.

CHAVES, M. V. S. **Análise da Precipitação interna em fragmentos de Mata Atlântica em diferentes estágios sucessionais submetidos à pousio na APA de Macaé de Cima – Nova Friburgo/RJ** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

COELHO NETTO, A. L. "Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia". *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2018.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. "Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia". *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

CONKLIN, H. C. **Hanuno agriculture**: a report an integral system of shifting cultivation in the Philippines. Roma: FAO, 1957.

COSTA, K. K. **Agricultura Itinerante na APA de Macaé de Cima, Nova Friburgo/RJ**: possibilidades legais a partir da análise da vegetação (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

COSTA, K. K.; BERTOLINO, A. V. F. A.; BARROS, A. A. "Regeneração da cobertura vegetal em área de agricultura de corte e queima em São Pedro da Serra, Nova Friburgo (Rio de Janeiro, Brasil)". **Revista Tamoios**, vol. 17, n. 2, 2021.

DEAN, W. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 1996.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. **Water in environmental planning**. New York: W. H. Freeman, 1978.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La erosión del suelo por el agua**: algunas medidas para combatiria en las tierras de cultivo. Roma: FAO, 1967.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The Tropical Forestry Action Plan**. Rome: FAO, 1985.

FREITAS, M. M. **Comportamento hidrológico e erosivo de bacia montanhosa sob uso agrícola**: estação experimental do rio Boa

Vista, Nova Friburgo – RJ (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 1998.

GOMES, L. L. **Influência do manejo agrícola na concentração de carbono e composição química da solução do solo em bioma de Mata Atlântica no distrito de São Pedro da Serra/Nova Friburgo** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A.; GONZÁLEZ-VILA, F.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. "The effect of fire on soil organic matter: a review". **Environment International**, vol. 30, n. 6, 2004.

GREENWAY, D. R. "Vegetation and slope stability". *In*: ANDERSON, M. G.; RICHARDS, K. S. (ed.). **Slope Stability**: geotechnical engineering and geomorphology. Chichester: Wiley, 1987.

GROGAN, P.; LALNUNMAWIA, F.; TRIPATHI, S. K. "Shifting cultivation in steeply sloped regions: a review of management options and research prioritie for Mizoram state, Northeast India". **SYST: Agroforestry Systems**, vol. 84, n. 2, 2012.

GUERRA, A. J. T. "Processos Erosivos nas Encostas". *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2018.

HERNANDEZ, A. "Efectos de un incendio forestall (Tenerife, Islas Canarias, Verano 2007) bajo bosques de pinar sobre algunas propriedades del suelo y sua relación con la repelencia al agua a corto y medio plazo". **Spanish Journal of Soil Science**, vol. 3, n. 1, 2013.

HUDSON, N. W. “An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall”. **Proc. Trans. Rhod. Sci. Ass**., vol. 49, 1961.

HUDSON, N. W. “Field measurement of soil erosion and runoff”. **Soils Bulletin FAO**, n. 68, 1993.

HUDSON, N. W. **Soil Conservation**. London: Batsford Academic & Educ, 1981.

KEELEY, J. E. “Fire intensity and fire severity terminology”. **International Journal of Wildland Fire**, vol. 18, 2009.

KETTERINGS, Q. M.; BIGHAM, J. M. “Mhanges in soil mineralogy and texture caused by slash-and-burn fires in Sumatra, Indonesia”. **Soil Science Society of America Journal**, vol. 64, n. 3, 2000.

LASANTA, T. M.; BERGUERÍA, S.; GARCÍA-RUIZ, J. M. “Geomorphic and hydrological effects of traditional shifting agriculture in a Mediterranean mountains area, Central Spanich Pyrenees”. **Mountain Research and Development**, vol. 26, n. 2, 2006.

MATAIX-SOLERA, J. *et al.* “Efeitos do fogo sobre o solo agregação: uma revisão”. **Science Terra**, vol. 109, 2011.

MATAIX-SOLERA, J. *et al*. “Soil organic matter and aggregate affected by wildfire in a pinus halepensis forest in a Mediterranean environment”. **International Journal Wildland Fire**, vol. 11, n. 2, 2002.

MATAIX-SOLERA, J.; GUERRERO, C. “Efectos de los incêndios forestales en las propriedades edáficas”. *In*: MATAIX-SOLERA, J.

et al. **Incendios forestales, suelos y erosion hídrica**. Alicante: CEMACAM Font Roja-Alcoi, 2007.

MATTOS, B. S. **Relação dos incêndios com as propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo em São Pedro da Serra - Nova Friburgo/RJ** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2018.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo**: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Edunesp; NEAD; MDA, 2010.

McGRATH, D. G. "The role of biomes in shifting cultivation". **Journal of Human Ecology**, vol. 15, n. 2, 1987.

MERAT, G. S. **Análise da transformação da paisagem sob utilização de coivara em biomas de mata atlântica**: estação experimental de pesquisa de erosão em São Pedro da Serra Nova Friburgo/RJ (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.

MERTZ, O. *et al*. "Swidden change in Southeast Asia: understanding causes and consequences". **Journal of Human Ecology**, vol. 37, 2009.

MORGAN, R. P. C. "Soil erosion and conservation in Britain." *In*: MORGAN, R. P. C. (ed.). **Soil erosion and its control**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1986.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. Oxford: Blackwell, 2005.

NIGH, R.; DIEMONT, S. A. "The Mya milpa: fire and the legacy of living soil". **The Ecological Society of America Journa**l, online special issue, 2013.

OLIVEIRA, R. R. **O rastro do homem na floresta**: sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob o manejo caiçara (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 1999.

PAUSAS, J. G. **Incendios forestales**. Madrid: Editorial Catarata CSIC, 2012.

PEDROSO JÚNIOR, N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. "A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação". **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Humanas**, vol. 3, n. 2, 2008.

SALGADO, J. C. R. S. S. **Manejo convencional ou agricultura itinerante? a dicotomia dos problemas socioambientais** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

SANTOS, E. R. B. **Diferenciação dos processos hidrológicos e erosivos em áreas de pousios com diferentes idades em ambiente de Mata Atlântica - São Pedro da Serra – Nova Friburgo** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H. "Wildfire as a hydrological and geomorphological agente". **Earth-Science Reviews**, vol. 74, 2006.

SILVA, A. P. B. **Influência do pousio nas propriedades físicas e químicas dos solos em Bioma de Mata Atlântica**: o caso de São Pedro da Serra - Nova Friburgo (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

SILVA, G. **Retenção Hídrica e Produção de Serrapilheira em Bioma de Mata Atlântica Nova Friburgo/RJ** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

SILVA, L. F. **Solos Tropicais**: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: Terra Brasilis Editora, 1996.

SOARES, I. L. P. **Paisagem e fogo**: dinâmicas hidrológicas e erosivas em agricultura tradicional de corte e queima - São Pedro da Serra/RJ (Dissertação de Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2016.

STYGER, E. *et al*. "Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar". **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 119, n. 3-4, 2007.

THOMAZ, E. L. "Slash-and-burn agriculture: establishing scenarios of runoff and soil loss for a Five-year cycle". **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 168, 2013.

THOMAZ, E. L.; FACHIN, P. A. "Effects of heating on soil physical properties by using realistic peak temperature gradientes". **Geoderma**, vol. 230, 2014.

ÚBEDA, X.; OUTEIRO, L. R. "Physical and chemical effects of fire on soil". *In*: CERDÀ, A.; ROBICHAUD, P. R. (ed.). **Fire effects on soils and restoration strategies**. New Hampshire: Science Publishers, 2009.

VALVERDE, O. "Sistemas de roças: agricultura nômade ou itinerante". **Revista Finisterra**, vol. 3, n. 6, 1968.

VLIET, N. *et al*. "Trends, drivers and impacts of changes in swidden cultivation in tropical forest agriculture frontiers: a global assessment". **Global Environment**, vol. 22, 2012.

WISCHMEIER, W. H. "Rainfall energy and its relationship to soil loss". **American Geophysical Union Transaction**, vol. 39, n. 5, 1976.

ZIEGLER, A. D. *et al*. "Environmental consequences of the demise in swidden cultivation in Montane mainland Southeast Asia: and geomorphology". **Journal of Human Ecology**, vol. 37, 2009.

CAPÍTULO 6

Uso e Cobertura da Terra na APA Macaé de Cima: Fragmentação e Proteção dos Remanescentes Florestais

USO E COBERTURA DA TERRA NA APA MACAÉ DE CIMA: FRAGMENTAÇÃO E PROTEÇÃO DOS REMANESCENTES FLORESTAIS

Cláudio Belmonte de Athayde Bohrer

Cristiane Nunes Francisco

Maria Clara Erthal Alhanati

Rafael Magno Guimarães Mussi

A Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima - APAMC, localizada no alto e médio curso da bacia hidrográfica do rio Macaé, nos municípios de Nova Friburgo e Casimiro de Abreu, estado do Rio de Janeiro, com uma área total de 35.037 ha, foi estabelecida pelo Decreto Estadual n.º 29.213, de 14/09/2001, com o objetivo de conciliar a conservação dos seus ecossistemas naturais e biota associada, com o uso sustentável dos recursos naturais, particularmente solos e recursos hídricos (INEA, 2014).

Em virtude da sua localização, abrangendo desde a cumeeira da Serra do Mar a encostas e vales internos, com densa rede de drenagem, resultado da combinação do relevo escarpado com altos níveis de precipitação, a APAMC abriga em seu território porções bem preservadas da Mata Atlântica fluminense, atingindo altos níveis de diversidade biológica, incluindo diversas espécies raras e endêmicas da fauna e flora nativa (LIMA; BRUNI-GUEDES, 1997; INEA, 2014). O reconhecimento da sua importância para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos levou à criação, além da APAMC, de outras unidades de conservação, estaduais (Parque Estadual dos Três Picos - PETP) e municipais

(APA de Macaé de Cima e APA do Rio Bonito), com algum grau de sobreposição entre elas.

A região vem sendo objeto de ocupação desde o início do século XIX, inicialmente por imigrantes de origem suíça e alemã (NICOULIN, 1996), que gradualmente vieram convertendo parte de sua área florestal através de atividades agrícolas e pecuárias e da exploração de seus recursos florestais (DEAN, 1996). Esse processo se manteve com poucas mudanças até a segunda metade do século XX, devido a fatores como a crescente urbanização do país, a construção e melhoria de estradas, e a expansão do turismo rural e ecoturismo. Este cenário combinado com a crescente preocupação na sociedade, em geral, com as questões ambientais, e consequentes mudanças na legislação, fizeram com que a região passasse a gradualmente mudar de um caráter eminentemente rural para um padrão mais complexo de ocupação e uso do território (TANIZAKI-FONSECA *et al.*, 2009; CARNEIRO; PALM, 2018).

Este capítulo tem como objetivo analisar e caracterizar a distribuição atual dos padrões de uso e cobertura da terra na APAMC, relacionando-os a fatores naturais e socioeconômicos, às diversas categorias de proteção (UC) e à legislação ambiental, avaliando o seu grau de conformidade com a localização das áreas protegidas e seus impactos na conservação da cobertura vegetal e fragmentação dos habitats naturais.

METODOLOGIA

Caracterização Fisiográfica

A APAMC está localizada na região serrana do Rio de Janeiro, com 97% de sua área situada no sul do município de Nova Friburgo, e o restante, no norte do município de Casimiro de Abreu.

Abrange os distritos de Lumiar, São Pedro da Serra e parte de Mury, pertencentes a Nova Friburgo, e o distrito-sede de Casimiro de Abreu (INEA, 2014). A região é formada pela Serra do Mar, caracterizada como uma barreira orográfica abrupta, que cruza o estado fluminense na orientação WSW-ENE, e recebe diversos nomes locais ao longo de sua extensão. Está situada a leste do trecho denominado como Serra dos Órgãos, onde estão as cabeceiras do alto curso da bacia hidrográfica do rio Macaé, em terrenos com desnível topográfico entre 191 m e 1.892 m. Apresenta um relevo de transição entre a zona montanhosa do alto curso e o planalto reverso da Região Serrana, que corresponde a uma barreira montanhosa do sistema de escarpamentos paralelos, representada por uma linha de cumeada com altitudes entre 1.200 e 1.600 m e picos de até 1.900 m (DANTAS *et al.*, 2000).

Em decorrência da interação entre os sistemas meteorológicos e a orientação da Serra do Mar, aliada à posição latitudinal, a região apresenta elevada pluviosidade, atingindo 2.000 mm anuais, com 75% do total concentrado no verão (BRITO *et al.*, 2017). As estações Piller (670 m a.n.m) e Fazenda São João (1.010 m a.n.m) apresentam volumes superiores, respectivamente, 2.165 mm e 2.393 mm. A elevada altitude favorece a ocorrência de temperaturas amenas durante o ano, com média alcançando 21ºC, no verão, e 14ºC, no inverno. Estas características definem o clima da região como submontano (tipo tropical) de superúmido a úmido (Cfb), de acordo com a classificação de Köppen (INEA, 2011).

O relevo montanhoso a escarpado, sustentado, predominantemente, por granitóides, granodioritos, granitos e paragnaisses, caracteriza-se por terrenos de média a alta declividade, com solos associados a ocorrência de depósitos de tálus e afloramentos de rocha (DANTAS, 2000). Predomina a classe Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, seguida por Cambissolo Háplico distrófico e Neossolo Litólico distrófico, além do Neossolo

Flúvico distrófico e dos Afloramentos Rochosos (INEA, 2014). São solos bem (Latossolos) a pouco (Cambissolo, Neossolo) desenvolvidos, ácidos, com baixa fertilidade natural e susceptibilidade à erosão moderada a muito forte (RADAMBRASIL, 1983; DANTAS *et al.*, 2000). Sua ocorrência, distribuição espacial e propriedades estão associadas principalmente à litologia, ao relevo e ao clima local, bem como à cobertura florestal (EMBRAPA, 1999). Os solos apresentam um nível regular para uso agrícola em, aproximadamente, 10% da área e, para pastagem, em 38%, com o restante considerado sem aptidão agrícola (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995; INEA, 2014).

A posição latitudinal e o regime de chuvas associados às características edáficas da área favorecem a presença da vegetação florestal. A totalidade da APAMC pertence ao domínio da Floresta Ombrófila Densa, ocorrendo as formações submontana, montana e altomontana, conforme a faixa altitudinal (VELOSO *et al.*, 1991). São caracterizadas por um dossel relativamente denso e contínuo, podendo atingir 30 m ou mais de altura, uma alta biomassa e riqueza (superior a 150 espécies arbóreas/ha), com abundância de samambaias arbóreas e palmeiras, como o palmito-jussara (*Euterpe edulis*), e de espécies epífitas pertencentes às famílias Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae e outras (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997; BOHRER, 1998; MILLER *et al.*, 2006). Nas áreas, onde a influência da ação humana é marcante, devido à extração de madeira ou ao abandono, após o uso agropecuário, a floresta é caracterizada por abundância de espécies pioneiras e secundária iniciais ou tardias, dependendo do estágio de regeneração natural (BOHRER, 1998; CHAZDON, 2016).

Etapas do trabalho

Para alcançar os objetivos propostos, foram analisadas informações georreferenciadas recentemente produzidas advindas

de mapeamentos de uso e cobertura da terra e das áreas protegidas, bem como levantamentos censitários e cadastrais, detalhados a seguir, associadas a observações de campo dos autores nas últimas duas décadas.

Mapeamento do uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e da cobertura da terra tem como objetivo interpretar, analisar e registrar a composição da paisagem referente às tipologias de uso e cobertura da terra (IBGE, 2006). O principal recurso utilizado é o Sensoriamento Remoto - SR, que reúne um conjunto de técnicas de coleta e processamento de dados constituídos por imagens aéreas e orbitais. São aplicadas aos diferentes elementos (vegetação, rocha, água, área construída) da paisagem (JENSEN, 2011) e, quando associadas aos Sistemas de Informação Geográficas – SIG, é possível combinar e analisar dados e informações espaciais de diversos tipos e fontes (LANG; BLASCHKE, 2009). As análises e mapeamentos do uso e a cobertura da terra possuem grande importância para o entendimento das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo assim uma valiosa ferramenta para o planejamento territorial e a tomada de decisão (IBGE, 2006).

Para a análise dos padrões espaciais de uso e cobertura da terra, foi considerada a disponibilidade de quatro mapeamentos relativamente recentes cobrindo a área da APAMC (Quadro 1), analisados através da utilização do SIG ArcGis 10.5. Os mapeamentos consultados adotaram sistemas de classificação diversos, tendo em vista os diferentes objetivos e tipos de imagens orbitais ou fotografias aéreas utilizadas, com distintas resoluções espaciais e espectrais ou escalas. Assim, procurou-se compatibilizar as respectivas legendas, para fins de comparação entre as estimativas

de área das diferentes classes de uso e cobertura (Quadro 2). As classes não compatíveis (ex. macega, afloramento rochoso, pousio, agrovila, sítios de lazer) foram agrupadas para possibilitar a comparação entre os dados.

Quadro 1 - Mapeamentos de uso e cobertura da terra da APAMC

Nome	Fonte	Escala	Período	Descrição
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	INEA (2014)	-	2011	Realizado no âmbito do Plano de Manejo da APAMC com base em imagens do sistema ALOS
Uso e Cobertura do Solo RHVII	UFRJ (2018)	1:25.000	2013, 2014 e 2015	Realizado no âmbito do projeto Olho no Verde em 2018 com base em imagens dos sistemas Landsat, GBM (Global Basemap), e Rapideye
Uso e Cobertura do Solo	FBDS (2018)	1:25.000	2013	Realizado no âmbito do Projeto de Mapeamento em Alta Resolução dos Biomas Brasileiros, da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, com base em imagens do sistema Rapideye
Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro (BC25_RJ)	IBGE/SEA (2018)	1:25.000	2005 a 2009	Desenvolvida no âmbito do Projeto RJ25, versão 2018, com base em fotografias aéreas, escala aproximada 1:30.000

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 2 - Descrição das classes de uso e cobertura da terra nos mapeamentos da APAMC

PM-APAMC	FBDS	Projeto RJ25	Olho no Verde	Este trabalho
Área Florestada	**Floresta**	**Área Natural Florestada**	**Floresta**	**Cobertura Natural**
Floresta Ombrófila Densa - área florestada com pouco espaçamento entre as árvores e presença de indivíduos de grande porte, sendo que os trechos mais bem preservados possuem espécies com mais de 30 metros de altura.	Formação de vegetação nativa composta por florestas em estágios sucessionais tardios ou intermediários.	Formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo áreas remanescentes primárias e estágios evoluídos de recomposição florestal.	Grande extensão de terra coberta, completamente, de árvores e arbustos.	Floresta - áreas com cobertura arbórea nativa, madura ou em diferentes estágios de sucessão secundária.
Outras Estruturas	Vegetação não florestal	Área Natural Não Florestada	Macega	Afloramento Rochoso - áreas com cobertura de rocha exposta, podendo ocorrer vegetação rupestre herbácea e arbustiva.
Rocha Exposta - porções pertencentes a montanhas e picos onde não cresce vegetação e a rocha permanece exposta.	Formação de vegetação nativa predominantemente composta por arbustos e pastagens.	Compreendem diferentes tipologias primárias, incluindo campos rupestres das serras costeiras.	Capinzal impenetrável que cresce bastante unido, apresentando-se ressequido.	
Terra Agrícola	Área antrópica	Área Antrópica Agropastoril	Vegetação Cultivada	Uso Agropecuário
Agricultura - terras destinadas a produção de alimentos vegetais.	Agricultura, pastagem, mineração, áreas degradadas e todas as outras superfícies artificiais não construídas.	Terra agrícola - utilizada para a produção de alimentos, fibras e commodities. Inclui todas as terras cultivadas ou em descanso, com lavouras temporárias e permanentes, pastagens plantadas e áreas comprovadamente agrícolas cujo uso não foi identificado no período do mapeamento.	Cultura temporária - área com vegetação cultivada de ciclo vegetativo curto ou médio.	Agricultura - Áreas destinada ao cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto (anuais) ou longo (permanente). Inclui áreas de pousio (descanso) com cobertura herbácea ou arbustiva.
Pousio - áreas agrícolas destinadas à produção vegetal, deixadas para descanso, não havendo plantio/colheita durante o ano agrícola.			Cultura permanente – área com vegetação cultivada de longo ciclo. Inclui áreas de fruticultura e de cafeicultura.	
Pastagem - áreas campestres que sofreram intervenção humana para uso pecuário, recobertas por gramíneas, podendo ocorrer algumas árvores espaçadas.			Campo - Extensão de terra com poucas árvores, ou sem elas, onde predomina uma vegetação herbácea.	Pastagem/Campo - áreas com cobertura vegetal plantada de gramíneas, destinadas à criação animal.

Floresta Plantada - pequenas áreas reflorestadas, geralmente com eucaliptos ou pinheiros.	Silvicultura - Monoculturas de árvores, predominantemente *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.	Silvicultura - Cultivo de povoamentos florestais, para fornecimento de matéria-prima para a indústria ou para o consumo familiar. Inclui reflorestamentos e cultivos em sistema agroflorestal.		Floresta Plantada- áreas com cobertura florestal constituídas por espécies arbóreas plantadas, para fins madeireiros e/ou outros.
Terra Urbana ou Construída	Área construída	Área Antrópica Não Agropastoril	Área Edificada	Área Construída
Sítios de Lazer - pequenas propriedades familiares destinadas ao lazer, sem nenhum cultivo associado ou nenhuma outra atividade de produção.	Áreas construídas, extraídas da cartografia contínua oficial do Brasil (IBGE, 2013).	Inclui todos os tipos de uso da terra de natureza não agrícola, florestal ou água, tais como áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral.	Área contínua situada dentro do perímetro urbano ou suburbano duma localidade. O mesmo que área urbanizada.	Áreas edificadas localizadas no perímetro urbano ou rural, destinadas a residências, lazer, atividades turísticas e rurais.
Agrovila - conjunto de propriedades rurais espacialmente próximas e que dividem as mesmas atividades agropecuárias, com várias habitações dentro de um mesmo espaço e uma grande área de produção contígua.				
Área Urbana Consolidada - área de grande concentração de habitações próximas e com existência de infraestrutura.				
	Água	Água		Água
	Superfície de água.	Inclui cursos de água e canais, corpos d'água naturalmente fechados e reservatórios artificiais.		Cursos e corpos d'água, naturais ou artificiais.

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: PM-APAMC (INEA 2014); IBGE-SEA (2018); UFRJ (2018); FBDS (2018); REZENDE *et al.* (2018).

Foi utilizada a Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro (BC25_RJ), desenvolvida no âmbito do Projeto RJ25, em conjunto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Secretaria Estadual do Ambiente – SEA (IBGE/SEA, 2018), gerada com base em fotografias aéreas na escala aproximada de 1:30.000. A BC25_RJ é composta por um conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, com visão integrada do território do estado fluminense na escala 1:25.000 (INDE, 2020).

MAPEAMENTO DAS ÁREAS PROTEGIDAS

No mapeamento das Áreas Protegidas, foram incluídas as Unidades de Conservação - UC, definidas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, estabelecidas pela esfera federal, estadual e municipal (Quadro 3). Também foram incluídas, neste estudo, as Áreas de Preservação Permanentes (APP) e as Reservas Legais (RL), considerando-as como elementos integradores da paisagem e, assim, fundamentais na conservação da biodiversidade (Decreto n.º 5.758/2006, que institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP).

As APP foram mapeadas pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA e pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, delimitadas a partir da BC25_RJ, abrangendo as APP das faixas marginais dos cursos d'água, de nascentes, de topo de morros e de declividade, estabelecidas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa - LPVN (n.º 12.651/2012). Para as APP de topo de morros, foi utilizada a Resolução INEA n.º 93/2014, que estabelece a metodologia para delimitação no estado do Rio de Janeiro.

Quadro 3 - Mapeamentos das áreas protegidas da APAMC

Nome	Fonte	Escala	Período	Descrição
Unidades de Conservação	INEA	-	2018 a 2020	Unidades de Conservação estaduais e municipais, e Zoneamento
Áreas de Preservação Permanente: topo de morros e declividade	INEA	1:25.000	2018	Delimitação de acordo com a Lei 12.651/2012 e a Resolução INEA n° 93/2014 com base no Modelo Digital de Elevação oriundo BC25_RJ (IBGE/SEA)
APP de nascentes	INEA	1:25.000	2019	Delimitação de acordo com a Lei 12.651/2012 com base na rede de drenagem da BC25_RJ (IBGE/SEA)
APP faixas marginais dos cursos d'água	FBDS	1:25.000	2013	Delimitação de acordo com a Lei 12.651/2012 com base na rede de drenagem da Base Cartográfica 1:25.000 IBGE/SEA complementada por imagens RapidEye, na escala de visualização de 1:10.000. Realizado no âmbito do Projeto de Mapeamento em Alta Resolução dos Biomas Brasileiros
Reserva Legal	INEA /SBF	-	2018/ 2020	Dados auto-declaratórios provenientes do Cadastro Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado do Rio de Janeiro (CAR) / Sistema Nacional Cadastro Ambiental Rural

Fonte: Elaboração própria.

No mapeamento das Reservas Legais, estabelecidas de acordo com a LPVN, foram utilizadas informações

georreferenciadas do Cadastro Ambiental Rural – CAR (SFB, 2020), obtidas a partir de dados autodeclaratórios e validados pelo INEA em 2018. O CAR consiste em um instrumento para a regularização ambiental de propriedades e posses rurais a partir do levantamento de informações georreferenciadas do imóvel (INDE, 2020).

Levantamentos censitários

Para avaliar a correspondência entre a evolução da população urbana e rural e as estimativas da área coberta pelas diferentes classes de uso e cobertura da terra, oriundas dos diversos mapeamentos, foram coletados dados do Censo Agropecuário do IBGE relativos aos anos de 1996 e 2017, ao nível de município, distrito e setor censitário (não foi possível obter os dados do censo do ano de 2006), bem como dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 do IBGE.

Análise da paisagem

Para a análise das métricas da paisagem, as classes de cobertura natural (floresta, outros tipos de vegetação natural e afloramentos rochosos) foram agrupadas numa única classe, selecionando-se, para fins de comparação, os mapeamentos do Plano de Manejo da APAMC (INEA, 2014) e da FBDS (2018). A fragmentação dos habitats naturais e a conectividade da paisagem foram avaliadas utilizando o programa Fragstats 4.0 (MCGARIGAL *et al*., 2002), amplamente utilizado na análise quantitativa da paisagem, constituído por um conjunto de algoritmos que quantifica a composição e a configuração da paisagem através da extração de índices métricos e agregações estatísticas (LANG; BLASCHKE,

2009). Foram obtidos os seguintes índices métricos da paisagem: número (NP) e área média (AREA_MN) de fragmentos, índice de forma médio dos fragmentos (SHAP_MN), densidade de borda (ED), número de áreas centrais (NDCA), área central total (TCA), índice de área central médio (CAI_%) e distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN).

O potencial dos fragmentos de contribuírem para a conectividade da paisagem foi avaliado de acordo com a metodologia proposta por MUSSI (2010). Para a definição das áreas-âncoras, áreas-núcleo e trampolins-ecológicos, foi utilizado como base de análise o mapa de uso e cobertura da terra (INEA, 2014), com as classes agrupadas em áreas naturais e antrópicas. As áreas-âncoras correspondem aos maiores fragmentos (> 1.000 ha), bem conectados. As áreas-núcleo correspondem ao interior (área central) das áreas naturais (fragmentos médios), com capacidade de abrigar maior biodiversidade e espécies sensíveis à borda, enquanto os trampolins-ecológicos correspondem a pequenos fragmentos que oferecem refúgio para as espécies que se movimentam entre fragmentos maiores, aumentando assim a conectividade da paisagem (SAURA *et al.*, 2014; ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2020).

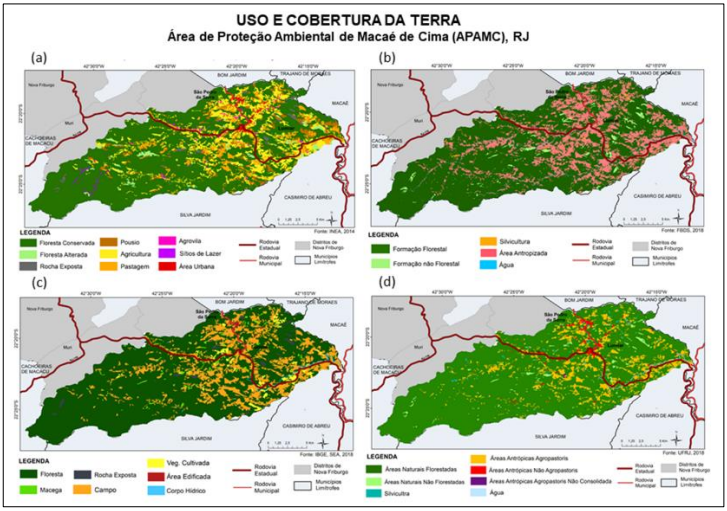
No presente estudo, a potencialidade para conectividade foi avaliada com base nos fragmentos de florestas, subtraídos das áreas com efeito de borda, definidas como a faixa de 40 m no entorno interno dos polígonos de florestas (BARROS, 2006). Os fragmentos, que ainda possuíam mais de 50 ha, após a subtração da borda, foram considerados como áreas-núcleo, sendo classificadas como principais, aqueles com área entre 100-1.000 ha, e secundárias, entre 50-100 ha. Os fragmentos com área inferior a 50 ha foram identificados como trampolins-ecológicos, sendo que aqueles com área entre 25-50 ha foram classificados como principais, e entre 1-25 ha, como secundários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do Uso e Cobertura da Terra

Os quatro mapeamentos de uso e cobertura da terra analisados neste trabalho podem ser visualizados na Figura 1, enquanto as estimativas da área coberta pelas classes dos mapas podem ser visualizadas na Tabela 1. Os resultados mostram o predomínio da classe de cobertura florestal (Figuras 2a e 2b), com área variando entre 71,2-86,3% do total da APAMC nos diferentes mapeamentos, e um valor médio de 26.262 ha (76,8%). As classes de vegetação com influência da ação humana (floresta secundária ou alterada) tiveram área estimada de 633 ha, ou seja, 1,8%, em apenas um mapeamento (INEA 2014).

Figura 1 - Mapeamentos do uso e cobertura da terra na APAMC



Fonte: Elaboração própria. Baseada em: (a) Uso do Solo e Cobertura Vegetal (INEA, 2014); (b) Uso e Cobertura do Solo (FBDS, 2018); (c) Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, SEA, 2018); e (d) Uso e Cobertura do Solo RHVII (UFRJ, 2018).

Tabela 1 - Área das classes dos mapeamentos de uso e cobertura da terra na APAMC

(INEA, 2014)			(FBDS, 2018)			(IBGE, SEA, 2018)			(UFRJ, 2018)			Este trabalho*		
Classe	Área		Classe	Área		Classe	Área		Classe	Área		Classe	Área	
	ha	%		ha	%		ha	%		ha	%		ha	%
Floresta Conservada	24.332,6	69,4	Formação Florestal	25.492,8	73,1	Floresta	26.495,4	75,6	Natural Florestada	29.854,5	85,2	Floresta	26.799,1	74,1
Floresta Alterada	632,9	1,8				Macega	388,3	1,1						
Rocha Exposta	311,8	0,9	Formação Não Florestal	590,0	1,7	Rocha Exposta	317,7	0,9	Natural Não-Florestada	407,8	1,2	Afloramento Rochoso	406,8,5	1,2
Agricultura	5.176,0	14,8	Área Antropizada	8.481,1	24,3	Vegetação Cultivada	731,1	2,1	Antrópica Agropastoril	4.036,8	11,5	Agropastoril	8.412,63	23,3
Pastagem	2.242,8	6,4				Campo	6.951,1	19,8	Agropastoril Não-Conservada	26,3	0,1			
Pousio	1.942,3	5,5												
Floresta Plantada**	51,0	0,1	Silvicultura	127,3	0,4				Silvicultura	195,8	0,6	Silvicultura	124,7	0,3
Área Urbana	220,5	0,6				Área Edificada	97,6	0,3	Antrópica Não-Agropastoril	462,5	1,3	Área Construída	331,4	0,9
Agrovila	149,3	0,4												
Sítio de Lazer	64,2	0,2												
			Água	167,0	0,5	Água	56,0	0,2	Água	54,3	0,2	Água	92,4	0,3
Total	35.123,5		Total	34.858,2		Total	35.037,2		Total	35.038,0		Total	35.014,2	

Fonte: Elaboração propria.

Nota: * Média dos valores das respectivas classes nos 4 mapeamentos, com exceção de Área Construída (3), Silvicultura (3) e Água (2). ** Classe não cartografada, estimativa com base no relatório técnico (INEA, 2014).

As áreas naturais que incluem classes de cobertura não-florestal, como afloramentos rochosos, vegetação rupestre e campos inundáveis (brejos), apresentam área mapeada variando entre 0,9-1,7% da APAMC. Apesar de estarem distribuídos por toda a área, em alguns casos destacando-se na paisagem (ex. Pedra Riscada), os afloramentos foram caracterizados como classe de cobertura apenas no mapeamento do PM-APAMC (INEA, 2014), com área total relativamente pequena, o que pode ser atribuído à alta declividade ou à presença de uma cobertura herbácea, formada por plantas rupícolas, que mascaram, nas imagens, a sua real extensão (Figura 2d).

Com relação às classes antropizadas, nas áreas ocupadas por atividades agropecuárias, ocorreu uma amplitude consideravelmente maior entre os mapeamentos analisados. Agrupando-se as áreas de agricultura, pastagem e de pousio, o valor médio estimado foi de 20,3% da APAMC, com variação entre (10,5-26,7%). Examinando-se com maior detalhe, a área com cultivos agrícolas, incluindo áreas de pousio, variou entre 2,1-20%, ou seja, diferença próxima a 1.000%, enquanto campo ou pastagem variou entre 6,4-20,2%. Em dois levantamentos (UFRJ, 2018; FBDS, 2018), a área ocupada por essas classes foi agrupada numa classe mais ampla, respectivamente, uso agropastoril e área antropizada. A classe silvicultura ou floresta plantada foi mapeada em apenas dois levantamentos (INEA, 2014; FBDS, 2018), com uma área reduzida variando entre 0,37-0,56%. As estimativas de área construída ou de uso urbano também variaram significativamente, com valores de 0,29-1,95%.

As diferenças nas estimativas entre os mapeamentos podem ser creditadas, em parte, ao uso de metodologias distintas de mapeamento, como a adoção de diferentes classes nas legendas e uso de imagens com diferentes resoluções espaciais e datas. Três dos levantamentos tiveram uma abrangência espacial mais ampla, cobrindo todo o estado (IBGE; SEA, 2018; UFRJ, 2018), ou o bioma

Mata Atlântica (FBDS, 2018; REZENDE *et al.*, 2018). Nesse sentido, o mapeamento realizado para a elaboração do Plano de Manejo da APA (INEA, 2014) pode ser considerado como o mais detalhado em relação à escala cartográfica, resolução espacial de imagens e abrangência das classes de uso e cobertura da terra. A realização de diversos trabalhos de campo, conforme descrito na metodologia (INEA, 2014), incluindo entrevistas com moradores locais, contribuiu o para o refinamento das classes de uso agrícola e de áreas construídas, dificilmente detectáveis apenas através da interpretação de imagens.

Por outro lado, foi caracterizada uma área relativamente pequena de floresta alterada (1,8%), aparentemente subestimando a área coberta por florestas em estágio inicial-médio de regeneração natural. Mapeamento realizado na década de 1990, com fotografia aéreas de 1976 e imagens LANDSAT de 1996 (BOHRER, 1998, ver Capítulo 8 – A Floresta de Macaé de Cima: sua Estrutura e Relação com Fatores Ambientais), já indicava a ocorrência de um processo de gradual abandono de áreas agrícolas e de pastagens, e o consequente crescimento das áreas de floresta secundária na região da APAMC (Figura 2A). Trabalhos de campo posteriores confirmaram esta tendência, o que pode estar relacionado a fatores socioeconômicos, como custo de produção associado ao relevo acidentado, migração da população rural para os centros urbanos ou para atividades ligadas ao turismo, e mudanças na legislação ambiental (BOHRER, 2003; REZENDE *et al*., 2015; CARNEIRO; PALM; 2018; VILLAS-BOAS; MATTOS, 2021). A investigação dessas relações deve ser aprofundada por estudos que combinem dados geoespaciais (sensoriamento remoto, socioeconômicos) multitemporais com levantamentos quali-quantitativos entre os atores sociais locais.

Figura 2 – Fotografias mostrando as principais classes de uso e cobertura da terra que ocorrem na APAMC



Fonte: Primeiro autor (outubro/2020).

Nota: A. Floresta ombrófila densa em diversos estágios de regeneração natural, com lavoura de milho em primeiro plano e plantio de Eucalipto à esquerda; B. Floresta ripária na margem do rio Bonito; C. Lavouras temporárias em área de relevo suave, com área de pousio e floresta secundária ao fundo; D. Lavoura temporária (inhame) em encosta suave, com pastagem e plantação de Eucalipto em segundo plano, e afloramento rochoso com vegetação rupestre ao fundo; E. Lavoura perene (banana) em área de relevo ondulado a forte ondulado, entremeada a pastagens e fragmentos de floresta secundária; F. Pastagem em encosta de média declividade (relevo forte-ondulado), apresentando sinais de erosão laminar.

É importante considerar também a ampla variação das estimativas da área de uso agrícola, em parte decorrente da dificuldade de identificá-las, apenas por imagens multiespectrais, associada à sazonalidade da lavoura temporária, que intercala coberturas diversas (respostas espectrais específicas) decorrentes do estágio de crescimento da planta, e do porte da lavoura permanente. Considerando as observações de campo (Figuras 2C, 2D e 2E), verifica-se que a área estimada no mapeamento do INEA (2014) (5.176 ha, 14,8%) se aproxima da realidade. Embora diversos relatos apontem para uma gradual redução da área de cultivo agrícola ao longo do tempo, a atividade permanece como um importante componente socioeconômico na paisagem da APAMC, com destaque para as culturas da banana, inhame, batata-doce e, em menor escala, aipim, milho, feijão e pequenos cultivos de olerícolas e frutíferas (EMATER-RIO, 2018).

A classe pastagem variou numa amplitude um pouco menor, com o valor médio de 4.600 ha (13,4%), aproximando das observações de campo, com a presença de manchas de pastagem de diversos tamanhos dispersas por toda a APAMC, em parte subutilizadas e com sinais de erosão laminar nas encostas de elevada declividade (Figuras 2E e 2F), o que pode estar associada à compactação do solo pelo pisoteio (MATTOS *et al.*, 2014).

Merece destaque a classe pousio cuja diferenciação da pastagem ou da floresta alterada, em estágio inicial de regeneração, é difícil apenas com o uso da interpretação visual, ou mesmo da classificação automática de imagens de média ou alta resolução. A análise visual das imagens e observações de campo indicam uma grande variação fisionômica na classe, desde áreas recém cultivadas a florestas secundárias em diferentes estágios de regeneração natural. No entanto, a identificação e delimitação das áreas de pousio são de grande importância para a gestão da APAMC, tendo em vista as práticas agrícolas tradicionais e o seu potencial de mitigar a erosão

(MENDES *et al.*, 2011), além dos conflitos relacionados à aplicação da legislação ambiental (CARNEIRO; PALM, 2018; VILLAS-BOAS; MATTOS, 2021), especialmente a Lei nº 11.428, de 22/12/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica, que restringe o uso da terra conforme o estágio de regeneração florestal.

A classe floresta plantada ou silvicultura foi incluída em apenas dois mapeamentos, embora conste também na estimativa de áreas do Plano de Manejo (INEA, 2014). O município de Nova Friburgo se destaca no estado tanto pela ocorrência de plantios florestais como pela produção de madeira e lenha (AMORIM *et al.*, 2012; FERRAZ, 2017; EMATER-RIO, 2018). Cabe ressaltar a dificuldade na distinção da classe em imagens orbitais, pois pode ser confundida com floresta natural ou mesmo cultivos agrícolas permanentes, especialmente em relevo acidentado (FERRAZ, 2017). A análise visual de imagens de alta resolução e observações de campo (Figuras 2A e 2D) mostraram a sua ocorrência em diversas áreas, de extensão e porte variáveis, na APAMC. Esses plantios possuem grande importância para o fornecimento de madeira e lenha, para consumo próprio ou comercialização, reduzindo a pressão sobre a floresta nativa.

Um aspecto comumente citado é a influência da direção das vertentes no uso da terra, possivelmente relacionada a fatores como temperatura, umidade e radiação solar (VILLAS-BOAS, 2017). A sobreposição do mapeamento de uso e cobertura da terra (INEA, 2014) com o mapa de orientação de vertentes mostrou a concentração das classes agricultura (50%) e pastagem (55%) nas vertentes voltadas para o Norte, enquanto nas vertentes S-SO, este valor é de apenas 15%. A classe pousio apresenta padrão semelhante, porém ocupando também a vertente Sul. Por outro lado, a floresta conservada predomina nas vertentes S-SE (45%), enquanto a floresta alterada se concentra nas vertentes N-NE. Finalmente, as classes urbana e agrovila se concentram nas vertentes de Sul a Oeste, com o

sítio de lazer apresentando um padrão inverso. Esses resultados confirmam a preferência local pela destinação das vertentes voltadas ao Norte para o uso agropecuário.

A avaliação do uso e cobertura da terra (INEA, 2014) pelas classes de relevo, caracterizadas por faixas de declividade, mostra a predominância nas classes associadas ao uso agropecuário e a cobertura florestal no relevo forte ondulado com mais de 60% da área da classe, sendo que a pastagem ultrapassa 70%, ressaltando-se que a classe de relevo ocupa 64% da APAMC (Tabela 2). Ressalta-se também o uso agropecuário nas áreas de relevo montanhoso, alcançando mais de 10%, que apresenta uso restrito conforme a LPVN. As áreas edificadas se concentram em terrenos de menor declividade.

Tabela 2 - Área das classes de uso e cobertura da terra por classe de relevo declividade na APAMC

Classes	Área (%)			
	Plano a ondulado (0 - 11º)	**Forte ondulado (11 - 25º)**	**Montanhoso (25 - 45º)**	**Escarpado (> 45º)**
Floresta Conservada	21,1	65,0	13,9	0,0
Floresta Alterada	13,6	61,2	0,2	0,2
Rocha Exposta	5,5	32,8	61,7	0,0
Agricultura	27,4	62,5	10,1	0,0
Pastagem	18,4	71,4	10,2	0,0
Pousio	19,8	64,0	16,2	0,0
Área Urbana	80,5	20,0	0,0	0,0
Agrovila	59,7	40,3	0,0	0,0
Sítios de Lazer	70,3	29,7	0,0	0,0
Total	22,38	64,0	13,7	0,0

Fonte: Elaboração própria.

Análise de dados censitários

Os dados censitários (Tabela 3) comprovam a concentração da população residente (75,7%) na área rural dos distritos que compõem a APAMC, com uma maior densidade populacional no distrito de São Pedro da Serra.

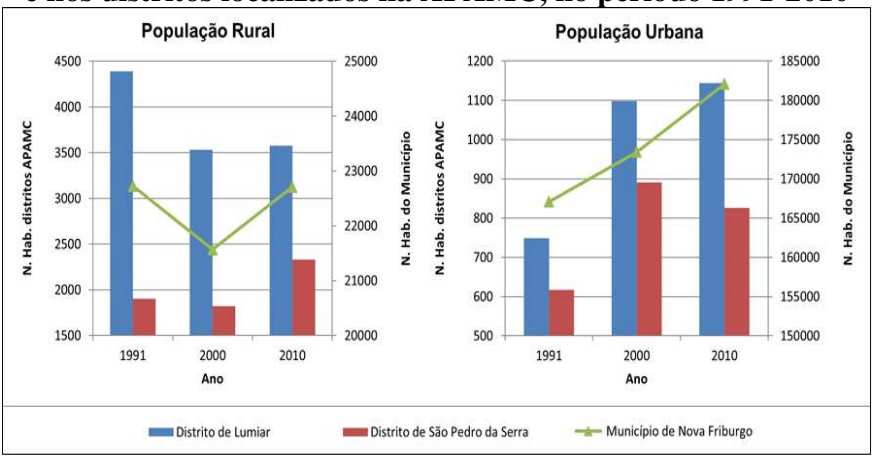
Tabela 3 - População residente na APAMC

Distritos	População Residente					Densidade Populacional (hab/km^2)
	Nº de habitantes			%		
	Total	Urbana	Rural	Urbana	Rural	
Lumiar	4.759	1.151	3.599	24,33	76,77	29,10
S. Pedro da Serra	3.110	838	2.272	26,95	73,05	59,97
Casimiro de Abreu	302	0	302	0	100	5,90
Total	8.171	1.989	6.173	24,34	75,66	23,35

Fonte: Elaboração própria. Adaptada de: INEA (2014), IBGE (2020), Censo 2010.

No entanto, a série temporal (Gráfico 1) revela tendência de crescimento contínuo da população urbana no período 1991-2010, no município de Nova Friburgo e nos seus respectivos distritos, com o correspondente decréscimo da população rural, com exceção de São Pedro da Serra e do município, que apresentaram reversão nessa tendência no último decênio. Esse fenômeno pode estar associado à expansão de atividades turísticas e de lazer (sítios, pousadas) na área rural.

Gráfico 1 - Evolução da população urbana e rural em Nova Friburgo e nos distritos localizados na APAMC, no período 1991-2010



Fonte: Elaboração própria. Baseado em: Censo Demográfico IBGE (2020), anos 1991, 2000 e 2010.

Mesmo considerando a ausência dos dados referentes ao censo agropecuário do ano 2006, e as diferenças observadas na disponibilidade de dados dos censos dos anos 1996 e 2017 (Tabela 4), é possível constatar algumas tendências no que se refere à evolução do uso agrícola no período de 21 anos. Ocorreu uma diminuição nas áreas de lavoura temporária (-24%) e de floresta plantada (-50%), compensada em parte pelo aumento na área de lavoura permanente (7%). Esse resultado reforça observações de campo realizadas desde a década de 1990 e trabalhos de diversos autores sobre a retração da área agrícola e expansão da floresta, como comentado no item anterior.

Tabela 4 - Dados de área ocupada nas propriedades rurais, por distrito e tipologias de uso (em ha), na APAMC

Distrito	Área	Mata	Floresta plantada	Lavoura permanente	Lavoura temporária	Pastagem[1]	SAF[2]	Pousio
Área (ha) em 1996								
Lumiar	7.636,0	2.408,1	103,0	449,4	1.242,8	1.480,1		884,9
S. Pedro da Serra	3.381,3	1.174,7	24,7	37,4	839,9	448,1		199,5
Total 1996	11.017,3	3.582,9	127,7	486,7	2.082,8	1.928,2		1.084,4
Área (ha) em 2017								
Lumiar	21.590,3	1.746,7	45,4	454,7	982,6	87,9	2,0	
S. Pedro da Serra*	2.440,9	616,2	20,6	65,8	406,0	87,3		
Mury	9.495,4	608,0	3,00	1,50	38,93	28,58		
Total 2017	34.858,2	2.970,9	69,0	522,0	1.427,5		2,0	

Fonte: Censo Agropecuário 1996-2017 (IBGE, 2020).

Nota: * Dados incompletos em dois setores censitários. [1] Estimativa de área média em 2007; [2] Sistema Agroflorestal.

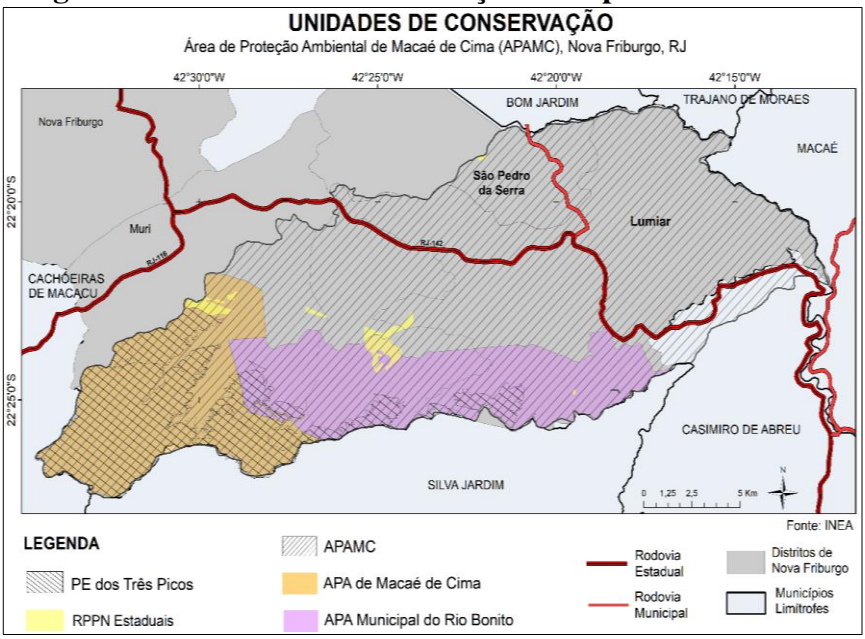
Ainda considerando as diferenças e limitações metodológicas, os diferentes períodos de levantamento, e a não coincidência dos limites dos setores censitários com os da APAMC, a comparação com os resultados dos mapeamentos de uso e cobertura da terra levanta alguns pontos, com o censo estimando apenas 50% (1996) a 40% (2017) da área mapeada de uso agrícola (ver Tabela 1), em contraste com a semelhança em termos de área de pastagens e de floresta plantada. No caso da classe pousio, no censo foi computada a área da classe lavoura temporária em descanso, mas não a da classe terra produtiva não utilizada, que se adicionada à tabela aproximaria as duas estimativas.

Áreas Protegidas

Na APAMC estão presentes, parcial ou totalmente sobrepostas, duas UC municipais de uso sustentável - APA de Macaé de Cima e APA do Rio Bonito, uma unidade de proteção integral estadual - Parque Estadual dos Três Picos, com sua respectiva zona

de amortecimento, além de diversas UC de domínio privado (Reserva Privada do Patrimônio Natural - RPPN), mostradas na Figura 3 e na Tabela 5. A área da APA Municipal de Macaé de Cima coincide em boa parte com a área da extinta Reserva Ecológica Municipal (BOHRER, 1998). As UC municipais atuais são da mesma categoria da APAMC, o que embora signifique redundância, pode fomentar parcerias entre as gestões municipal e estadual. As RPPN, de tamanho variável e que cobrem uma área total de 450,6 ha, realçam o papel de proprietários rurais locais na conservação da biodiversidade.

Figura 3 - Unidades de Conservação sobrepostas à APAMC



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

Tabela 5 - Área das Unidades de Conservação sobrepostas à APAMC

Unidade de Conservação	Área	
	ha	%
Parque Estadual dos Três Picos - PETP	6.084,3	17,4
Zona de amortecimento – PETP	11.107,5	31,7
APA Municipal de Macaé de Cima	6.511,0	18,6
APA do Rio Bonito – municipal	6.766,5	19,3
Reservas Privadas do Patrimônio Natural – RPPN	450,6	1,3
Total da APAMC*	18.068,8	51,5

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

Nota: Não foi computada a área das RPPN.

Foram estimadas também as áreas de APP e RL contidas na APAMC, com base nos mapeamentos disponíveis no Cadastro Ambiental Rural – CAR, gerado por levantamento auto-declaratório (SFB, 2020), e nos mapeamentos realizados pela FDBS e INEA, com base na BC25_RJ, escala 1: 25.000.

A análise dos dados do CAR indica uma área total conjunta de APP e RL correspondente a 8.414 ha, ou seja, 44,4% da área dos imóveis declarados (Tabela 6). Ressalta-se que estas categorias, em alguns casos, se sobrepõem, pois as APP podem ser consideradas no cômputo das RL, de acordo com a LPVN. A sobreposição também ocorre entre diferentes tipos de APP decorrente das afinidades fisiográficas (ex. topo de morro x declividade > 45º). Além destas questões, o próprio método de obtenção dos dados (autodeclaração em sistema georreferenciado) pode gerar informações espacialmente sobrepostas já que são declaradas por diferentes proprietários.

Tabela 6 - Áreas protegidas das propriedades rurais declaradas no CAR situadas na APAMC

Categoria	Área (ha)		% - área dos imóveis declarados
	Com sobreposição	Sem sobreposição	
RL	5.910,6	5.514,3	29,11
APP	4.909,6	4.402,7	23,24
APP + RL	-	8.414,3	44,42
Imóveis declarados	21.315,8	18.941,2	

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

O total da área das 1.054 propriedades cadastradas no CAR corresponde a 21,3 mil ha, no entanto cerca de 10% correspondem a áreas sobrepostas entre as propriedades. Para as APP e RL, o valor sobreposto também foi próximo a 10%. As áreas de RL e APP cobrem assim, 29,1% e 23,4%, respectivamente, da área total declarada de 18.941 ha, equivalente a 24% da APAMC.

Em relação aos tipos de APP declarados no CAR, verifica-se que cerca de 85% estão situadas nas faixas marginais de rios e no topo de morros, que representam 22% da área das propriedades rurais (Tabela 7). As nascentes e as encostas com declividade maior que 45º perfazem o restante da área das APP. Cerca de 300 ha, correspondendo a 1,6% da área das propriedades rurais, devem ter as APP recompostas, enquanto 67% encontram-se cobertas por vegetação nativa. Por fim, apenas 8% das APP apresentam áreas antropizadas, sendo que 2% não foram declaradas no CAR.

Tabela 7 - Área declarada das APP no CAR das propriedades rurais situadas na APAMC

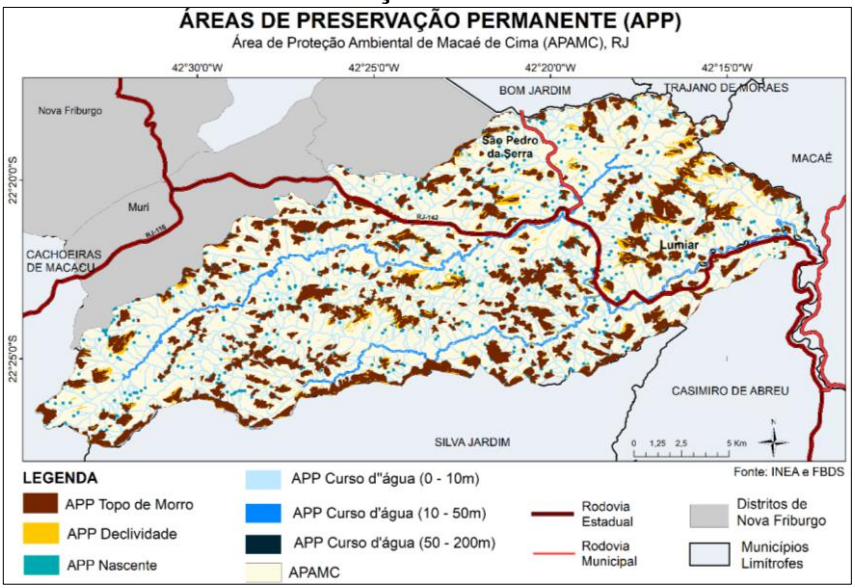
APP		Área		
		ha	% imóveis	% APP
Tipos	Rios com largura até 50 metros	2.172,4	11,6	44,6
	Topo de morros	1.907,4	10,4	40,2
	Nascentes ou olhos d'água perenes	368,1	1,9	7,5
	Declividade superior a 45 graus	346,4	1,8	7,1
	Lagos e lagoas naturais	28,1	0,15	0,6
	Reservatório artificial decorrente de barramento	1,1	0	0
	Altitude superior a 1.800 metros	0,8	0	0
Recomposição	Rios com largura até 50 metros	294,2	1,6	6,0
	Nascentes ou olhos d'água perenes	3,9	0,02	0,1
Área antropizada	Consolidada até 22 de julho de 2008	294,9	1,6	6,0
	Não declarada como área consolidada	96,2	0,5	2,0
Área de vegetação nativa		3.305,70	17,45	67,3

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

A análise espacial dos dados oriundos dos mapeamentos da FBDS e INEA (Figura 4) demonstra que os valores totais são o dobro dos declarados no CAR, pois enquanto as APP declaradas no CAR correspondem a 23% dos imóveis, as APP mapeadas pela fisiografia representam cerca de 40% da APAMC (Tabela 8). Esta diferença está relacionada ao método de obtenção dos dados pelo CAR, mas possivelmente também devido às propriedades rurais estarem

situadas predominantemente em terrenos menos acidentados. Desta forma, o alto valor total na APAMC pode ser atribuído ao relevo acidentado, com uma densa rede de drenagem e, consequentemente, presença numerosa de nascentes, encostas de alta declividade e topo de morros, mesmo com as mudanças promovidas pela LPVN em relação ao Código Florestal (Lei nº. 4.771/1965), amenizadas em parte pela Resolução INEA nº. 93/2014, que estabeleceu metodologia para delimitação de APP no topo de morros no estado do Rio de Janeiro (OLIVEIRA *et al.* 2021).

Figura 4 - Distribuição das tipologias de Áreas de Preservação Permanente na APAMC



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

Ainda comparando os mapeamentos (CAR x fisiografia), verifica-se que a distribuição da área entre os tipos de APP é

semelhante. O topo dos morros e as faixas marginais dos cursos d'água perfazem cerca de 90% das APP nos dois mapeamentos, enquanto as nascentes e a declividade constituem a demais APP representativas na APAMC. No entanto, a predominância dos tipos está invertida, ou seja, no mapeamento pela fisiografia as APP no topo de morros representam maior área relativa, enquanto no CAR, a predominância corresponde às APP das faixas marginais.

Tabela 8 - Área das APP mapeadas pela fisiografia localizada na APAMC

APP	Área		
	ha	% APAMC	% APP
Cursos d'agua (0 – 10 m)	5.090,0	14,8	34,2
Cursos d'agua (10 – 50 m)	813,1	2,3	5,4
Cursos d'agua (50 – 200 m)	40,2	0,1	0,3
Nascente	700,4	2,0	4,6
Declividade 45º	1.075,9	3,1	7,1
Topo de Morros	7.344,3	20,9	48,4
Soma	15.164,0	43,2	100,0
Total sem sobreposição	13.937,4	39,7	

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 3.

Em relação à situação da cobertura da terra das faixas marginais, verifica-se que 70% das APP estão cobertas por floresta (Tabela 9), o que coincide com o valor obtido pelo CAR, enquanto cerca de 30% estão em áreas antropizadas, o que corresponde ao dobro do valor do CAR. Esta diferença pode estar relacionada à inclusão de áreas urbanas nas APP mapeadas de acordo com a fisiografia, diferentemente do CAR, que é exclusivamente composto pelas áreas das propriedades rurais.

Tabela 9 - APP das faixas marginais dos cursos d'água por classe cobertura da terra na APAMC

APP	Área		
	ha	% APAMC	% APP
Formação Florestal	4.776,4	13,27	70,8
Área Antropizada	1.920,5	5,04	28,5
Formação Não Florestal	30,9	0,09	0,5
Silvicultura	15,8	0,05	0,2
Total na APAMC	6.743,6	39,7	100

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 1 e 3.

A avaliação das análises relacionadas às áreas protegidas pela legislação mostra que, de modo geral, a APAMC apresenta um panorama razoável em termos de cumprimento dos dispositivos legais, especialmente se considerarmos o relevo e a hidrografia local. A gestão deve procurar fomentar práticas de manejo compatível à minimização dos impactos na biota local e nos processos erosivos, incluindo, quando necessário, a restauração florestal. O evento das fortes chuvas que atingiram o município de Nova Friburgo, em 2011, ressaltou a importância de se evitar a ocupação das APP (PINHO *et al.* 2013; SCHÄFFER *et al.*, 2011), visando tanto a conservação de habitats e aumento da conectividade da paisagem (LIMA *et al.*, 2017), como a redução de riscos potenciais de perdas humanas e materiais ocasionadas por eventos de alta precipitação.

Fragmentação e conectividade dos habitats florestais

O resultado da extração dos índices métricos, descritores da estrutura da paisagem, é mostrado na Tabela 10. A diferença entre os dois mapeamentos considerados deve-se a fatores metodológicos,

como já foi comentado anteriormente, que afetam não só o número e tamanho dos polígonos (fragmentos ou manchas de vegetação), ressaltado pela grande diferença nos valores da métricas NP (37 x 367) e AREA_MN (337,5 x 68,7 ha), como a sua geometria, que influencia à forma (SHAPE_MN) e borda (ED, TCA, NDCA, CAI_MN) dos fragmentos.

Tabela 10 - Índices métricos da paisagem da classe de cobertura florestal na APAMC

Índice	INEA (2014)	FBDS (2018)
ÁREA (ha)	24.639,9	25.202,1
AREA_MN (ha)	337,5	68,7
NP	73	367
SHAPE_MN	2,1	1,8
ED (m/ha)	43,9	73,6
TCA (ha)	20.182,0	18.864,4
NDCA	377	618
CAI_MN (%)	15,6	3,3
ENN_MN (m)	37,4	35,1

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 1.

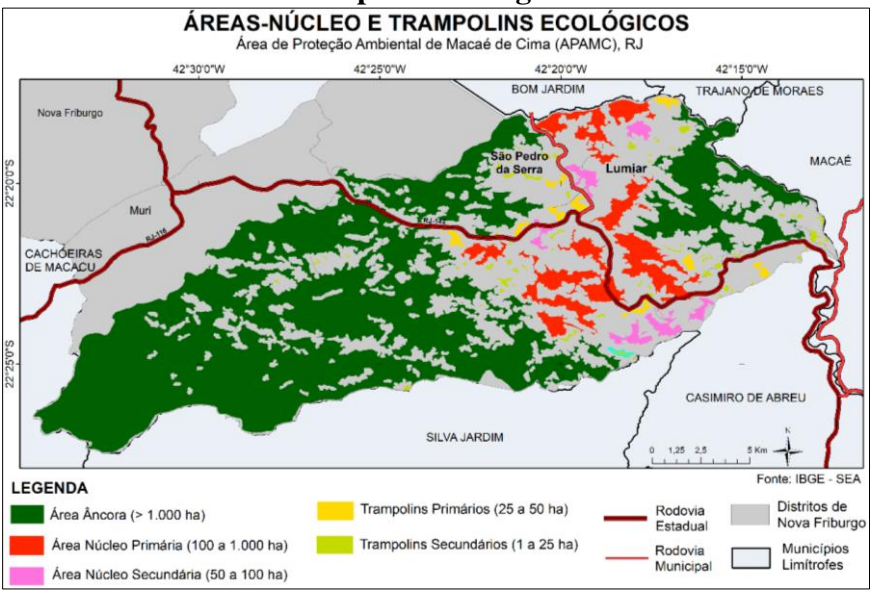
A maior densidade de borda (ED) pode ser associada ao maior número de fragmentos, e menor área média a um menor índice de forma, indicadores de uma paisagem mais fragmentada, o que é confirmado pela menor área (TCA) e pelo maior número de áreas centrais (NDCA), enquanto a distância média do vizinho mais próximo pouco variou entre as duas fontes.

O conjunto das métricas indica uma paisagem com um índice de fragmentação relativamente baixo, pouco afetada pelo efeito de borda e com uma boa conectividade estrutural (FAHRIG, 2003), o que favorece um maior fluxo gênico entre os habitats naturais (MARTENSEN *et al.*, 2008), se comparada com análise realizada em outra área do município relativamente próxima (LIMA *et al.*,

2017), com uma maior presença de área urbana e de uso agropecuário.

O resultado da classificação dos fragmentos florestais de acordo com o seu potencial para conectividade da paisagem pode ser visualizado na Figura 5 e na Tabela 11. O mapa ressalta a ocorrência de três grandes fragmentos (áreas âncoras) cobrindo 85% da área florestal da APAMC, concentrados na porção Leste e Centro-Oeste. As área-núcleo primárias (10%) e secundárias (2%), correspondentes a fragmentos de tamanho médio, concentram-se na parte central, entremeadas por inúmeros trampolins ecológicos, que correspondem a 2% da área núcleo florestal na APAMC.

Figura 5 - Distribuição das áreas-âncoras, núcleo e dos trampolins ecológicos na APAMC



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 1.

Tabela 11 - Classificação dos fragmentos florestais da APAMC

Classe	NP	Área (ha)	NP (%)	Área (%)
Área Núcleo Primária	7	2.054,9	2%	10%
Área Núcleo Secundária	6	460,3	2%	2%
Trampolins Primários	9	278,4	3%	1%
Trampolins Secundários	61	290,5	17%	1%
Grandes Fragmentos	3	17.650,9	1%	85%
Pequenos Fragmentos	160	38,8	44%	0,2%
Total	360	20.774,4		

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Quadro 1.

Cabe ressaltar que a resposta das diferentes espécies à estrutura da paisagem é bastante variável (MARTENSEN *et al.*, 2008), e depende da sua tolerância às áreas de borda e ao tipo de matriz. A gestão da matriz agrícola também influencia conforme as práticas de uso e manejo do solo utilizadas. A adoção de práticas simples, relacionadas à configuração espacial da paisagem, como manutenção de árvores isoladas e faixas de vegetação natural (corredores) ao longo de limites de propriedades e parcelas interiores, pode aumentar consideravelmente a conectividade estrutural e funcional (ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2020), sem perda da área destinada ao uso agropecuário.

CONCLUSÃO

O conjunto fisiográfico da APA Macaé de Cima produziu um ambiente que, por um lado, propiciou a presença predominante da Mata Atlântica cobrindo as encostas e vales da região e, por outro lado, conduziu a uma série de restrições para o uso agrícola e a urbanização. O estado atual da paisagem indica a forte potencialidade da área, que ainda mantém mais de 70% de sua

cobertura vegetal nativa relativamente bem conservada, pouco fragmentada e bem conectada, para a integração entre a conservação dos recursos naturais e culturais e o desenvolvimento de atividades econômicas de baixo impacto ambiental, incluindo sistemas agropastoris tradicionais, sistemas agrosilvipastoris inovadores e ecoturismo, compatíveis com a gestão da unidade de conservação.

REFERÊNCIAS

AMORIM, H. B.; FRANCELINO, M. R.; SALAMENE, S.; PEDREIRA, L. O. L.; ASSUMPÇÃO FILHO, L. I. D.; CAPITANO, R. C.; MOURA, T. A. "Estimativa da área ocupada por reflorestamentos no Estado do Rio de Janeiro". **Cerne**, vol. 18, n. 1, 2012.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. *et al*. "Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation". **Ecology Letters**, vol. 23, 2020.

BARROS, F. A. **Efeito de borda em fragmentos de Floresta Montana, Nova Friburgo – RJ** (Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental). Niterói: UFF, 2006.

BOHRER, C. B. A. "Evolução da cobertura de florestas e vegetação secundária no Estado do Rio de Janeiro - Mapas IBGE/DSG - 1965/1975 e Mapa CIDE – 2001". *In*: PERES, W. R. (ed.) **Índice de Qualidade dos Municípios - Verde II**. Rio de Janeiro: Fundação CIDE, 2003.

BOHRER, C. B. A. **Ecology and biogeography of an Atlantic montane forest in Southeastern Brazil (PhD thesis in Geography**). Edinburgh: The University of Edinburgh, 1998.

BRITO, T. T.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B.; GOIS, G.; ZERI, M. "Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil". **Meteorology and Atmospheric Physics**, vol. 129, 2017.

CARNEIRO, M. J.; PALM, J. L. "Modos de vida e dinâmica da agricultura familiar de montanha: Nova Friburgo-RJ". *In*: AQUINO, A. M.; NETTO, A. L.; ASSIS, R. L. (orgs.) **Desenvolvimento sustentável em ambientes de montanha**: estratégias e experiências. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia / Programa Rio Rural, 2018.

CHAZDON, R. L. **Renascimento de florestas**: regeneração na era dos desmatamentos. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2016.

DANTAS, M. E. "Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro". *In*: DANTAS, M. E. (orgs.). **Diagnóstico geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000.

DANTAS, M. E; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B. **Diagnóstico geoambiental do estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo**: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Editora Cia. das Letras. 1996.

EMATER-RIO - Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. **Acompanhamento sistemático da produção agrícola (ASPA)**. Rio de Janeiro: EMATER-RIO, 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

FAHRIG, L. "Effects of habitat fragmentation on biodiversity". **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, vol. 34, 2003.

FBDS – Fundação Brasileira Para o Desenvolvimento Sustentável. **Mapeamento em alta resolução dos biomas brasileiros**. Rio de Janeiro: FBDS, 2018.

FERRAZ, D. P. G. **Dinâmica espaço-temporal da produção de silvicultura no estado do Rio de Janeiro entre 1985 e 2014** (Dissertação de Mestrado em Geografia). Niterói: UFF, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10/10/2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE/SEA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Secretaria Estadual do Ambiente. **Base cartográfica contínua do estado do Rio de Janeiro, 1:25.000, versão 2018**. Rio de Janeiro: IBGE/SEA, 2018. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br>. Acesso em: 20/07/2020.

INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Rio de Janeiro: INDE, 2020. Disponível em: <http://www.metadados.inde.gov.br>. Acesso em: 26/10/2020.

INEA - Instituto Estadual de Ambiente. **APA Estadual de Macaé de Cima**: plano de manejo - informações sintetizadas da UC. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

INEA - Instituto Estadual de Ambiente. **O estado do ambiente**: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SEA - INEA, 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2011.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 2009.

LIMA, B. C.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. A. "Deslizamentos e fragmentação florestal na região serrana do estado do Rio de Janeiro". **Ciência Florestal**, vol. 27, n. 4, 2017.

LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. **Serra de Macaé de Cima**: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Editora JBRJ, 1997.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. "Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation". **Biological Conservation**, vol. 141, 2008.

MATTOS, B. S.; PORTELA, L. S.; MERAT, G. S.; NASCIMENTO, A. C. S.; BRUM, T. C. F.; BERTOLINO, L. C.; BERTOLINO, A. V. F. A. "Análises físicas do solo sob distintos manejos na região da Toca da Onça, Lumiar - 5º distrito de Nova Friburgo, RJ". **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, vol. 10, n. 1, 2014.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. FRAGSTATS. "Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps". **Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts**, vol. 3, 2002. Disponível em: <www.umass.edu>. Acesso em: 26/10/2020.

MENDES, C. A. R.; MAHLER, C. F. F.; ANDRADE, A. G. "Erosão superficial em argissolo amarelo sob cultivo perene e com pousio florestal em área de relevo montanhoso". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, 2011.

MILLER, D.; WARREN, R.; MILLER, I. M.; SEEHAWER, H. **Serra dos Órgãos** – sua história e suas orquídeas. Nova Friburgo: David Miller, 2006.

MUSSI, R. M. G. **O Corredor Ecológico do Muriqui**: estudo, planejamento e uso do espaço para a conservação do bioma Mata Atlântica (Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental). Niterói: UFF, 2010.

NICOULIN, M. A. **Gênese de Nova Friburgo** – emigração e colonização Suíça no Brasil 1817-1827. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 1996.

OLIVEIRA, T. G.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. A. "Áreas de preservação permanente (APP) no topo de morros no Estado do Rio de Janeiro: uma avaliação dos dispositivos legais em diferentes unidades geomorfológicas". **Ciência Florestal**, vol. 31, n. 1, 2021.

PINHO, G. M.; FRANCISCO, C. N.; SALGADO, C. M. "Análise espacial dos movimentos de massa em Nova Friburgo/RJ: o caso do desastre natural de janeiro de 2011". **Revista Tamoios**, vol. 9, 2013.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais, 32**. Folha S. F. 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: MME-SG, 1983.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistemas de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1995.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. "From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest". **Perspectives in Ecology and Conservation**, vol. 16, n. 4, 2018.

REZENDE, C. L.; UEZU, A.; SCARANO, F. R.; ARAUJO, D. S. "Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape Scale". **Biodiversity Conservation**, vol. 24, 2015.

SAURA, S.; BODIN, Ö.; FORTIN, M. "Stepping stones are crucial for species' long distance dispersal and range expansion through habitat networks". **Journal of Applied Ecology**, vol. 51, 2014.

SFB - Serviço Florestal Brasileiro. "Sistema nacional de cadastro ambiental rural". **Portal Eletrônico da CAR** [2020]. Disponível em: <https://www.car.gov.br>. Acesso em: 26/07/2020.

SHÄFFER, W. B.; ROSA, M. R.; AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. **Áreas de preservação permanente e unidades de conservação & áreas de risco**: o que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Série Biodiversidade, 41. Brasília: MMA, 2011.

TANIZAKI-FONSECA, K. *et al*. "Região serrana de economia diversificada". *In*: BERGALLO, H. G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e**

ações para a conservação da biodiversidade no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009.

UFRJ – Universidade Federal de Rio de Janeiro. "Uso e Cobertura do Solo - RJ CAR 25 - Mapa Digital". **Portal Eletrônico da UFRJ** [2018]. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br>. Acesso em: 26/07/2020.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VILLAS BOAS, G. H. **Etnogeomorfologia da APA Macaé de Cima**: um objetivo e dois saberes (Tese de Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

VILLAS BOAS, G. H.; MATTOS, C. P. "A(s) natureza(s) da APA Macaé de Cima (Rio de Janeiro - Brasil): percepções, dilemas e conflitos". **Sociedade & Natureza**, vol. 33, 2021.

CAPÍTULO 7

A Vegetação e Flora da APA de Macaé de Cima: Ameaças, Proteção e Manejo

A VEGETAÇÃO E FLORA DA APA DE MACAÉ DE CIMA: AMEAÇAS, PROTEÇÃO E MANEJO[13]

Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes

Thales Ornellas

Flavia Colacchi

Esta análise está baseada nos estudos desenvolvidos para a caracterização da vegetação e flora, no período da elaboração do Plano de Manejo da APA de Macaé de Cima (INEA, 2014) e surgiu da necessidade de atualizar os dados referentes a composição florística, a dinâmica da vegetação e a identificação de lacunas do conhecimento. Ao mesmo tempo sugerir ações que possam vir a contribuir para avançar na proteção da biodiversidade, na APA de Macaé de Cima. Trata-se de uma área coberta por expressivos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica e sua gestão convive com o desafio de proteger esses fragmentos, conciliando a ocupação do solo e o uso dos recursos naturais de forma sustentável pela população residente.

A distribuição da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro evidencia a pressão exercida ao longo de sua história, por uma população estimada de 17.366.189 habitantes (IBGE, 2020)[14], em que a ocupação do solo, o uso dos recursos naturais e a busca de novos espaços ocorreu durante os diferentes ciclos econômicos e se deu sobre o bioma "degradando-o e destruindo-o" permanecendo

[13] Agradeço a Cristina Lemos Ramos, em memória, pela participação no capítulo de vegetação do PMAMC. À Associação Mico Leão Dourado pela confiança e a parceria. A Paulo Chaffin pelas imagens que perpetuam no tempo, com beleza e poesia, aquilo que vai mudar e se transformar.

[14] Estimada a partir do Censo do IBGE 2011.

conservada na região serrana interior, de mais difícil acesso e maior declividade, como bem retratado por Dean (1996).

Segundo SOSMA e INPE (2019), da cobertura original de 4.377.783 ha de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro restam, em 2018, apenas 860.011 ha, que representam 19,6% da cobertura original, incluindo-se os valores referentes aos manguezais e restingas. Nos últimos 30 anos perderam-se 186.345 ha, representando 4,3%, em 13 municípios do Estado. No período de 2014 a 2015, o Estado atingiu o padrão do desmatamento "Zero", o que reflete o efeito da aplicação da Lei da Mata Atlântica – Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006) – e do Decreto nº 6.660 de 21 de novembro de 2008 (BRASIL, 2008), que a regulamentou. Por ser um bioma único e especial e detentor de uma alta riqueza de biodiversidade que sofre uma forte ameaça antrópica, a Mata Atlântica foi reconhecida por Mittermeier *et al.* (2004) como um *hotspot* de biodiversidade, logo após a criação do conceito, em 1988 (MYERS *et al.*, 2000). Em função do processo de degradação do bioma no Brasil ser semelhante ao observado no Estado do Rio de Janeiro, a Mata Atlântica foi definida mundialmente pela UNESCO como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em 1991.

No Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (SOSMA; INPE, 2019), em uma análise mais detalhada da Mata Atlântica – *stricto sensu* – no Estado do Rio de Janeiro verifica-se que remanescentes de floresta ocupam uma área de 820.164ha, ou seja, 18%, e se encontram circunscritos a fragmentos de diferentes tamanhos, cujo possível isolamento pode comprometer a continuidade e integridade da vegetação e de seus recursos associados faunísticos, edáficos e hídricos. Destes fragmentos florestais ainda existentes no Estado, 53% estão localizados em Unidades de Conservação (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2020), o que mostra a importância da estratégia de áreas administradas por legislação específica para a proteção da Mata

Atlântica, como é o caso das Unidades de Conservação e Mosaico de Unidades. Neste contexto, podem-se destacar na área serrana do Estado do Rio de Janeiro, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a APA de Petrópolis, a Reserva Biológica das Araras, o Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis, o Parque Estadual de Três Picos e a APA de Macaé de Cima, que estão inseridas no Mosaico Central Fluminense, a APA da Bacia do Rio dos Frades e o Parque Estadual do Desengano, e que desempenham um papel fundamental na proteção do Bioma e na manutenção dos seus serviços ecossistêmicos.

A APA de Macaé de Cima tem expressivos fragmentos remanescentes da Floresta Ombrófila Densa que mantêm alta conectividade, localizados em especial no seu lado oeste, e que exercem um papel protetor ao Parque Estadual dos Três Picos, onde existe um remanescente primário único com pouca interferência antrópica e juntos formam um bloco vegetacional de Mata Atlântica com uma área de 80.185,58 ha, que representa 9,3% da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro.

Este bloco vegetacional associado a outros fragmentos próximos constituem o Bloco da Região Serrana Central que se conecta com o Bloco da Região Norte Fluminense e juntos fazem parte dos cinco grandes blocos de vegetação contínua e com alta conectividade da região serrana, formando uma das mais extensas áreas de remanescentes florestais de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro (ROCHA, 2003).

Este estudo tem por objetivo atualizar os dados referentes as características da vegetação e sua distribuição na área da APAMC, atualizar a lista de espécies e discutir suas características principais que evidenciam sua importância ecológica e relevância na proteção da biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

As florestas tropicais em especial as observadas em serras voltadas para o Atlântico vem sendo interesse de estudo de vários cientistas no mundo. No Brasil, a primeira descrição das florestas existentes na Serra do Mar foi realizada por Von Martius (1824), onde, na classificação das regiões geográficas da flora brasileira, incluiu uma província florestal própria na região costeira brasileira, mostrando que existia uma vegetação especial. Em relação a esta vegetação, Hueck (1972) a descreve como uma Mata Pluvial Tropical, que ocorre desde as planícies costeiras, nas encostas das montanhas que variam até 800 a 900 metros de altitude e nos picos até 1.200 m, estimulada pelo alto índice de pluviosidade e as altas temperaturas. Acrescenta ainda que esta floresta se apresenta com vários agrupamentos vegetais e em que os riachos descem as serras formando vales de paredes verticais, inclusive com a formação de cachoeiras. No avanço destes estudos, Rizzini (1979) descreve as diversas fisionomias e suas ocorrências no gradiente ambiental, discutindo que a sua variação não é só em função da altitude, pluviosidade e temperatura, mas também influenciada por mais dois fatores ambientais importantes: o tipo de solo e a inclinação das encostas. Ao observar com mais detalhe a vegetação da região serrana e suas variações fitofisionômicas, Veloso *et al.* (1991) afirmam que é uma vegetação predominantemente florestal, que se apresenta de formas variadas, designadas globalmente de Floresta Ombrófila Densa, e caracterizada essencialmente por atributos climáticos de temperatura e precipitação. No caso da Mata Atlântica estes fatores estão associados à sua posição intertropical e aos efeitos da altitude em áreas próximas ao litoral, o que contribui com elevada umidade. Tais condições climáticas são favoráveis à atividade biológica e se relacionam à elevada diversidade vegetal destas florestas representada em diversas formas de vida, como elementos arbóreos, arbustivos, herbáceos, epifíticos e lianescentes, assim

como à grande biomassa vegetal distribuída em vários estratos florestais. Além das formações florestais, também fazem parte desta vegetação, nas maiores altitudes, formações campestres naturais, denominados de Campos de Altitude. Estas descrições mostram como a vegetação que ocorre na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde está inserida a APA de Macaé de Cima, é singular.

O Programa Mata Atlântica do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, desenvolveu estudos específicos e detalhados de longa duração, para a área da Reserva Ecológica de Macaé de Cima, de 1989 a 1993, em uma área de 7.200 ha, que hoje faz parte da APA de Macaé de Cima. Devido a abrangência e detalhamento desses estudos, verificou-se pelas características fisionômicas da floresta observada em várias outras áreas da APA e ainda pelos dados obtidos por sensoriamento remoto, que os resultados podem ser usados como referência para o restante da área. Estes estudos tem seus resultados divulgados nos livros "Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo, RJ: Aspectos florísticos das espécies vasculares" (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1994; 1996) e "Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica" (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997).

Os estudos desenvolvidos na Reserva Ecológica de Macaé de Cima pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, particularmente dentro do Projeto Florística e Fitossociologia, levantaram os elementos arbóreos, arbustivo-arbóreos, mas também os componentes herbáceo-arbustivos, lianas, epífitas vasculares, hemiepífitas e hemiparasitas. Os resultados do inventário demonstraram a elevada riqueza taxonômica da flora local, mas também revelaram suas particularidades e singularidades, indicando novas espécies, endemismos, redescobrindo espécies consideradas extintas, entre outros resultados.

Estudos detalhados de Bohrer (1998), realizados também na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, na sua tese de doutorado,

corroboram os resultados obtidos pelo Jardim Botânico em relação à composição florística, riqueza e estrutura, encontradas nas diferentes fitofisionomias da floresta. Além disso, evidenciam que as diferenças encontradas na distribuição espacial das fitofisionomias, e entre elas, estão relacionadas com a ação combinada da altitude e do relevo, e que as características físicas e químicas do solo, drenagem e profundidade, também contribuem para as diferenças observadas nestas florestas.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A flora foi analisada a partir dos dados obtidos pelo Jardim Botânico, dos estudos referidos acima, e a lista de espécies apresentada no Plano de Manejo da APAMC (INEA, 2014) foi reorganizada e atualizada com os registros em herbários, obtidos através dos dados da plataforma *SpeciesLink*, seguindo a metodologia proposta por Moreira *et al.* (2020) e levantamentos na literatura. Os nomes das espécies foram atualizados segundo a Flora do Brasil 2020.

O conhecimento da vegetação foi desenvolvido com o levantamento de dados secundários, com base nos estudos desenvolvidos e apresentados no Plano de Manejo e atualizados com literatura e reconhecimento de campo, para verificação de verdade terrestre, a partir da elaboração do mapa atualizado da vegetação, em 2020.

Para a elaboração do Mapa de Vegetação foram utilizadas imagens do satélite *Vivid* da *Maxar Technologies*, acessíveis na função *Basemap* do *software Arcgis*. O produto *Vivid/Basemap* consiste num mosaico de imagens visualmente contínuas que recobrem grandes áreas. As imagens estão prontas para serem utilizadas, não sendo necessário fazer qualquer tratamento. Para a

área da APA as imagens do *Basemap* estão disponíveis nos anos de 2018 e 2019 e com resolução espacial de 50 cm. Durante o período de elaboração do mapa, foram detectadas várias atualizações das imagens.

Devido à diversidade paisagística da APA e considerando tratar-se da atualização do mapa de vegetação elaborado para o Plano de Manejo, optou-se por utilizar a mesma metodologia, visando não aumentar as inconsistências advindas de metodologias de interpretação distintas. Assim, decidiu-se pela interpretação de forma assistida, com vetorização de polígonos diretamente sobre a imagem, em formato *shape*. Levaram-se em conta os elementos de reconhecimento de tonalidade, textura, padrão e forma, com base em elementos das classes da legenda.

Para interpretação, foram utilizados os seguintes parâmetros, conforme consta no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) e os campos de altitude conforme consta de regulamentação da Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) e no Decreto nº 6.660 (BRASIL, 2008), que foi baseado na caracterização do IBGE (2004).

Descrição da Legenda de Vegetação/Regiões fitoecológicas/Tipos de vegetação

Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)

I. *Submontana* (4o latitude Norte a 16o latitude Sul, de 100 m até em torno de 600 m; de 16º latitude Sul, a 24º latitude Sul, de 50 m até em torno de 500 m; de 24º latitude Sul, a 32º latitude Sul, de 30 m até em torno de 400 m)
    a) Com dossel uniforme
    b) Com dossel emergente

II. *Montana* (4o latitude Norte a 16o latitude Sul, de 600 m até em torno de 2.000 m; de 16º latitude Sul, a 24º latitude Sul, de 500 m até em torno de 1.500 m; de 24º latitude Sul, a 32º latitude Sul, de 400 m até em torno de 1.000 m)
    a) Com dossel uniforme
    b) Com dossel emergente
III. *Alto-Montana* (as situadas acima dos limites extremos das altitudes das formações Montanas)
    a) Com dossel uniforme
IV. *Campos de Altitude* (vegetação herbáceo-arbustiva aberta, encontrada no topo dos morros e, em alguns casos associada a afloramentos rochosos, a partir de 800 metros de altitude).
V. Vegetação em Regeneração (áreas com vegetação em vários estágios de regeneração)
VI. Afloramento Rochoso (porções pertencentes a montanhas e picos onde não cresce vegetação e a rocha permanece exposta. Aparecem com coloração magenta clara a média com aspecto homogêneo e textura lisa)
VII. Outros usos (categoria constituída por todas as classes de uso do solo tais como agricultura, pastagem, pousio, área urbana, sítios de lazer, agrovila e floresta plantada)

RESULTADOS

Distribuição e Descrição da Vegetação

A Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) reconhece e consagra o conceito do bioma e o considera composto por várias fitofisionomias e ecossistemas associados e o Decreto nº 6.660 (BRASIL, 2008), descreve as suas fitofisionomias e locais de ocorrência. Desta forma com base nos instrumentos legais pode-se

afirmar que a vegetação da APAMC é correspondente ao bioma Mata Atlântica e representa 3,11% da área do bioma no Estado do Rio de Janeiro.

Figura 1 - Visão geral da Floresta Ombrófila Densa Montana na APA de Macaé de Cima

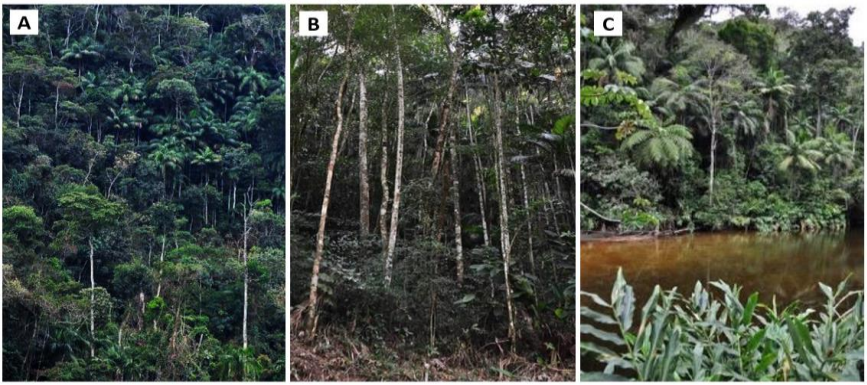


Fonte: Paulo Chaffin.

Na literatura esta floresta é descrita como Floresta Ombrófila Densa e está distribuída com todas as fitofisionomias em uma área de 26.813,28 ha, que corresponde a 76,53% da área total da APAMC. A exuberância apresentada por esta floresta evidencia o bom estado de conservação, que se reflete nas diferentes fisionomias, na composição florística, em sua riqueza de formas de vida e biodiversidade que está distribuída em diversos estratos florestais, como se observa nas Figuras 1 e 2. Segundo Ururahy *et al.* (1983), o aspecto ombrotérmico desta floresta, em que o clima com elevadas temperaturas e alta precipitação é condicionante para a sua ocorrência em áreas que têm no máximo até 60 dias secos, está evidenciado pelo Diagrama Ombrotérmico da região da APA, que tem um período fisiologicamente seco de 2 meses – julho e agosto. O diagrama climático apresentado por Lima & Guedes-Bruni (1997)

e no Plano de Manejo (INEA, 2014) mostra que não há déficit hídrico em nenhuma época do ano.

Figura 2 - Floresta Ombrófila Densa na APA de Macaé de Cima



Fonte: Paulo Chaffin.

Nota: A. A presença abundante de Euterpe edulis no dossel da mata preservada em encosta. B. Árvores altas e delgadas caracterizam a fisionomia da Floresta Ombrófila Densa em regeneração. C. Vegetação bem conservada na margem do rio Macaé.

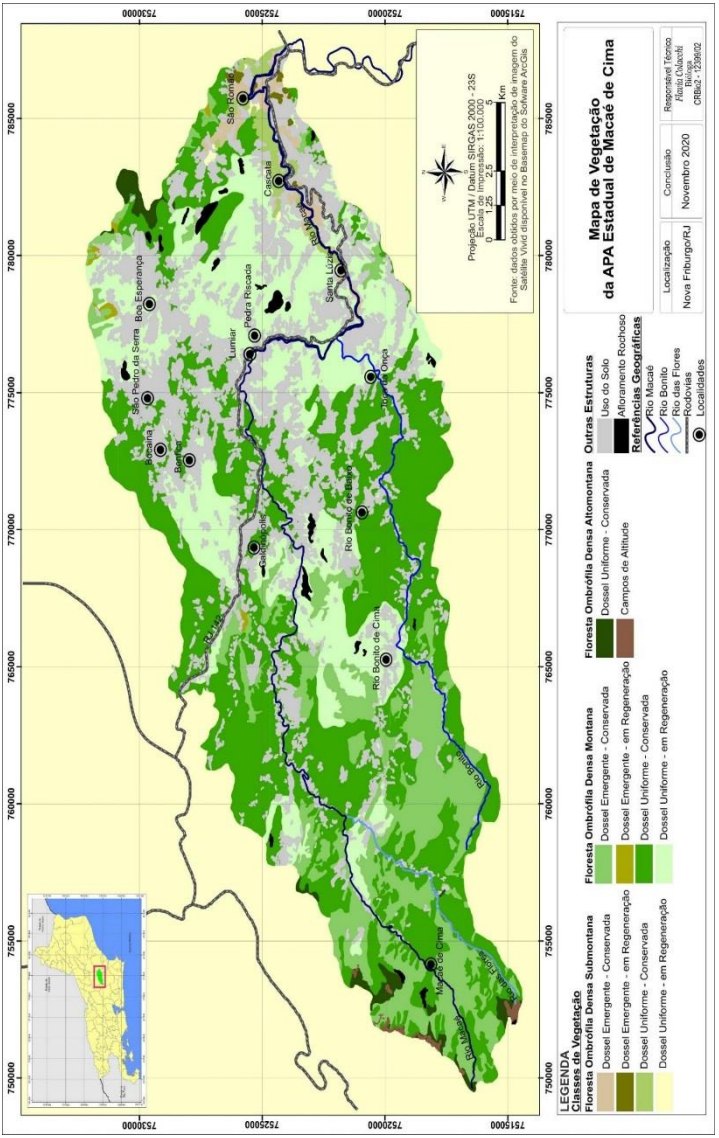
As diferenciações mesoclimáticas decorrentes da altitude, e a ação combinada de vários fatores ecológicos associada a direção da vertente, exposição à radiação, inclinação, substrato geológico, tipo de solo, profundidade, características físicas/químicas do solo, capacidade de retenção da umidade e drenagem, condicionam as diferentes comunidades vegetais na região (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997; BOHRER, 1998). As condições das áreas de beira de cursos de água e áreas de afloramento rochoso também conferem características peculiares à cobertura vegetal (BOHRER, 1998).

Lima e Guedes-Bruni (1997) e Bohrer (1998) identificam a vegetação predominante na APAMC como Floresta Ombrófila

Densa Montana e que Veloso *et al.* (1991) confirmam como a floresta que nesta latitude ocorre na faixa entre 500 e 1.500 metros de altitude. Esta predominância é constatada pelos dados obtidos por sensoriamento remoto e apresentados no Plano de Manejo (INEA, 2014) e no Mapa de Vegetação atualizado (Figura 3), em que ocupa uma área de 25.769,05 ha, distribuída de norte a sul e de leste a oeste, representando 96,10% da área florestal, e ocupa 73,55% da área da APA, conforme pode ser observado na Gráfico 1, e na Tabela 1.

A Floresta Ombrófila Densa Montana apresenta-se com duas fitofisionomias: a Floresta Ombrófila Densa Montana de Dossel Emergente, distribuída em uma área de 5.499,19 ha, e a Floresta Ombrófila Densa Montana de Dossel Uniforme, em uma área de 20.269,86 ha, ocupando 15,70% e 57,85% do total da área da APA, respectivamente, mostrando que a Floresta Ombrófila Densa de Dossel Uniforme é a fisionomia predominante e se encontra em bom estado de conservação em 36% da área que ocupa. A vegetação de um modo geral está em bom estado de conservação, sendo as florestas mais conservadas as que ocorrem em locais de difícil acesso e de maior declividade. Esta distribuição reflete a história de ocupação e a cultura da população que era essencialmente de agricultura familiar e atualmente observam-se novos contornos espaciais em função do aumento populacional acompanhado do desenvolvimento de outras atividades antrópicas não agrícolas.

Figura 3 - Mapa de Vegetação da APA Estadual de Macaé de Cima



Fonte: INEA (2014).

Tabela 1 - Valores de áreas da vegetação que ocorre na APA de Macaé de Cima

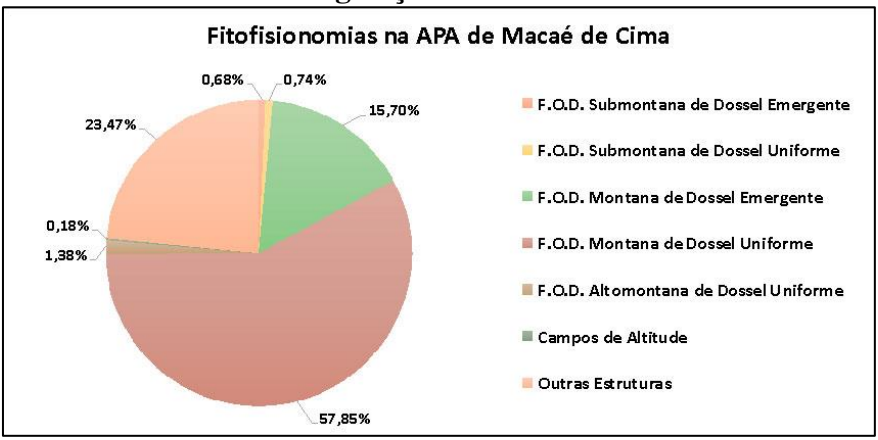
Fitofisionomia	Hectares	Porcentagem
Floresta Ombrófila Densa Submontana		
F.O.D. Submontana Dossel Emergente Conservada	212,90	0,61
F.O.D. Submontana Dossel Emergente em Regeneração	25,73	0,07
Subtotal	238,63	0,68
F.O.D. Submontana Dossel Uniforme Conservada	239,58	0,68
F.O.D. Submontana Dossel Uniforme em Regeneração	19,94	0,06
Subtotal	259,52	0,74
Total	498,15	1,42
Bom Estado de Conservação	452,48	1,29
Em Regeneração	45,67	0,13
Floresta Ombrófila Densa Montana		
F.O.D. Montana Dossel Emergente Conservada	5.418,93	15,47
F.O.D. Montana Dossel Emergente em Regeneração	80,26	0,23
Subtotal	5.499,19	15,70
F.O.D. Montana Dossel Uniforme Conservada	12.775,21	36,46
F.O.D. Montana Dossel Uniforme em Regeneração	7.493,93	21,39
Subtotal	20.269,14	57,85
Total	25768,33	73,55
Bom Estado de Conservação	18.194,14	51,93
Em Regeneração	7.574,19	21,62
Floresta Ombrófila Densa Altomontana		
F.O.D. Altomontana Dossel Uniforme	484,23	1,38
Campos de Altitude	62,08	0,18
Subtotal	546,31	1,56
Outras Estruturas		
Afloramentos Rochosos	214,08	0,61
Uso do Solo	8.011,13	22,86
Subtotal	8.225,21	23,47
Área Total	35.038,00	100

Fonte: INEA (2014).

A maior representatividade desta fitofisionomia, onde a vegetação forma um tapete verde que recobre montanhas e vales com

fragmentos contínuos e conectados, está localizada nos limites noroeste e oeste, em direção ao Parque Estadual de Três Picos. Nestes limites, a Floresta Ombrófila Densa Montana apresenta-se nas suas duas fitofisionomias, com predominância da fitofisionomia de Dossel Emergente, e é nesta região que estão localizados os seus mais expressivos remanescentes na APAMC. Nesta região a floresta é contínua e com elevada conectividade e as duas fitofisionomias estão distribuídas em grandes manchas em forma de mosaico, esta área é denominada de Macaé de Cima. A distribuição da fitofisionomia de Dossel Emergente vai diminuindo em direção a região central da APAMC e a fisionomia de Dossel Uniforme se torna a predominante, diminuindo em direção ao município de Casimiro de Abreu e ao limite sudeste, onde passa a estar alternada com áreas de uso antrópico especialmente de agricultura, pousio e pastagem.

Gráfico 1 - Distribuição das fitofisionomias da vegetação na APA de Macaé de Cima



Fonte: INEA (2014).

A vegetação, no entanto, não apresenta uma homogeneidade fisionômica, sendo regida por processos dinâmicos que geram uma heterogeneidade na paisagem relacionada ao frequente aparecimento de clareiras naturais e à ativação do banco de sementes, causando o surgimento de espécies que são atípicas da composição e estrutura de um estádio fisionomicamente maduro. A abertura natural de clareiras é comum, visto que são frequentes as quedas de indivíduos arbóreos, principalmente nas regiões mais íngremes o que origina a existência de diversos estádios de sucessão (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997).

Além deste processo, contribuem para as variações locais da vegetação a proximidade com áreas ocupadas por atividades humanas e/ou que já foram utilizadas e que se encontram em vários estágios de regeneração. Bohrer (1998) também relata a ocorrência deste processo e os distúrbios são visíveis, com marcas de queda de árvores, em que a vegetação apresenta poucas epífitas, alta regeneração natural, bastante penetração de luz e com dominância de *Cecropia hololeuca* (embaúba) e *Alchornea triplinervia* (tapiá), e em alguns locais próximos a atividades humanas verificou a presença de marcas antigas de corte de madeira. No trabalho de campo realizado no período da elaboração do Plano de Manejo também foram observadas várias clareiras naturais e vários locais em regeneração, em especial próximos de assentamentos humanos. Neste estudo, no mapeamento, também foram detectadas estas áreas alteradas e aparecem no Mapa de Vegetação nas classes da legenda, como áreas de floresta em regeneração, que ocupam 7.574,19 ha, representando 21,62% da área total da APA.

Na região leste da APA, onde as altitudes vão se tornando gradativamente menores e o rio Macaé segue em seus níveis mais baixos e também ao longo do rio São Romão, na mesma cota, ocorrem manchas da Floresta Ombrófila Densa Submontana**,** na faixa altitudinal entre 50 e 500 metros. Esta fitofisionomia ocorre em

498,75 ha e está distribuída em uma área representando 1,42% da área da APA. Esta floresta também aparece em duas fitofisionomias com dossel emergente ou com dossel uniforme.

Na descrição desta formação, Veloso *et al.* (1991) apontam a existência de um dossel contínuo, que pode estar a 25 a 30 metros do solo, sobressaindo-se nele alguns fanerófitos de alto porte e um estrato de sub-bosque no ambiente mais sombrio do interior da mata. A composição florística desta floresta submontana é rica e variada, sendo alguns elementos bastante comuns, como *Alchornea* sp. (tapiá), *Cecropia* sp. (embaúba), *Tibouchina* sp. (quaresmeira) e *Cupania* sp. (camboatá), e ainda quase sempre presente às margens dos riachos, a carrapeta (*Guarea guidonia* e *Guarea macrophylla* - Meliaceae). Do dossel contínuo sobressaem as copas de *Pleroma* sp. (jacatirão) e *Vochysia* sp. (canela-santa).

O sub-bosque é integrado por plântulas de regeneração natural, lianas herbáceas em grande quantidade, palmeiras de pequeno porte e *Euterpe edulis*, podendo ser encontrados exemplares de Piperaceae, *Rudgea macrophylla* (Rubiaceae), inúmeras Marantaceae (*Maranta*, *Ctenanthe* e *Stromanthe*) e Musaceae (*Heliconia*). O epifitismo é acentuado, encontrando-se espécies de Araceae, Cactaceae, Orchidaceae, Piperaceae e muitas Pteridófitas de diferentes famílias (SEMADS, 2001).

A Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana é uma formação arbórea densa, de menor altura e fisionomia mais homogênea e não apresenta dossel emergente, ocorrendo 484,23 ha, acima dos 1.500 m de altitude, representando 1,38% da área da APA. Está distribuída em pequenas áreas localizadas no limite oeste e num ponto do limite leste perto da divisa com o município de Trajano de Morais. Veloso *et al.* (1991) ressaltam que o perfil desta floresta expressa um caráter de homogeneidade no dossel em que as árvores se apresentam com troncos baixos e deformados e recobertas por musgos. O estrato

superior da mata varia entre 6 e 8 metros de altura e as famílias mais importantes são Myrtaceae, Melastomataceae, Asteraceae, arbóreas e arbustivas, além de um grande número de Orchidaceae, Bromeliaceae e Pteridófitas.

Os Campos de Altitude têm uma ocorrência muito baixa ocupando uma área de 62,08 ha, nos topos dos morros, em alguns casos associada a afloramentos rochosos, a partir de 800 metros de altitude. Estes são uma fitofisionomia campestre natural, com uma vegetação herbáceo-arbustiva aberta e sua distribuição na APA, não obedece rigorosamente ao limite dos 1.500 m de altitude, mas sim a uma localização sempre em cumeeiras. Esta distribuição está relacionada às condições climáticas mais rigorosas das partes mais altas, associadas também aos substratos pouco desenvolvidos do relevo.

Estes substratos podem se referir às associações de solo, cujos componentes dominantes sejam o neossolo litólico, ou os afloramentos de rocha, substratos muito pouco desenvolvidos, ocorrendo predominantemente em relevo forte ondulado, montanhoso ou escarpado, e representando também condições de estresse para o estabelecimento vegetal, não permitindo assim a presença de elementos arbóreos.

A alta heterogeneidade espacial de classes de solo neste relevo bastante movimentado, onde situações relativamente estáveis nestes cumes elevados estão lado a lado com declividades mais acentuadas, se reflete também em variações de pequena escala na vegetação, caracterizando mosaicos vegetacionais.

Os Campos de Altitude foram encontrados por Garcia & Pirani (2003; 2005 *apud* VASCONCELOS, 2011) em cotas mais baixas, entre 750 e 850 metros de altitude, e sugeriram que a altitude não é determinante para a ocorrência desse tipo de vegetação, mas uma combinação de fatores como, por exemplo, as condições

topográficas. Vasconcelos (2011) considera os Campos de Altitude como típicos dos pontos mais elevados de montanhas (Serras do Mar e Mantiqueira), estando geralmente situados acima de 1.500 m de altitude e associados a rochas ígneas ou metamórficas, como granito e gnaisse. No entanto, com relação aos domínios vegetacionais, os Campos de Altitude das Serras do Mar e da Mantiqueira encontram-se totalmente inseridos na região da Mata Atlântica e afirma ainda que "todos os topos da Serra do Mar são cobertos por Campos de Altitude".

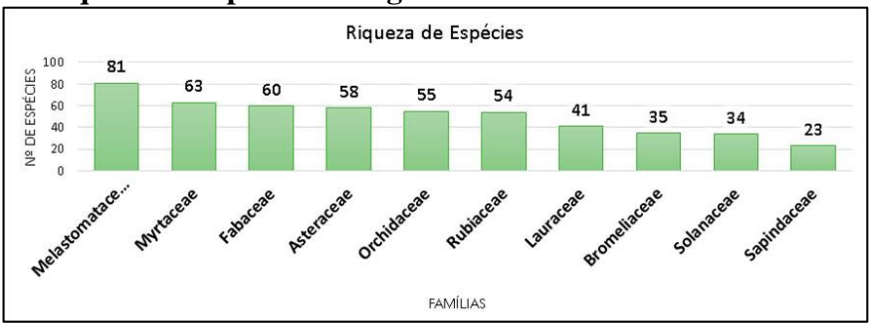
Margeando os pequenos rios e riachos, outras comunidades arbóreas também apresentam singularidades florísticas e nestes locais sobressaem as espécies de Fabaceae, Annonaceae, Myrtaceae, Monimiaceae e Rubiaceae, merecendo também destaque pela abundância, *Inga sessilis*, *Senna multijuga*, e algumas espécies de *Cecropia* e *Tibouchina* (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997).

Composição Florística

Uma lista completa e atualizadade espécies registradas em herbários para a APA de Macaé de Cima[15] foi compilada e serviu de base para as análises. Foram encontradas 970 espécies, de diferentes formas de vida, distribuídas em 385 gêneros e 115 famílias. Com base nesta listagem apresenta-se, no Gráfico 2, as 10 famílias com maior riqueza de espécies.

[15] Disponível em: <https://lemas.igeo.ufrj.br/publicações>.

Gráfico 2 - Famílias com maior riqueza de espécies na região da APA de Macaé de Cima



Fonte: Elaboração própria.

Estrutura da Vegetação

A. Floresta preservada

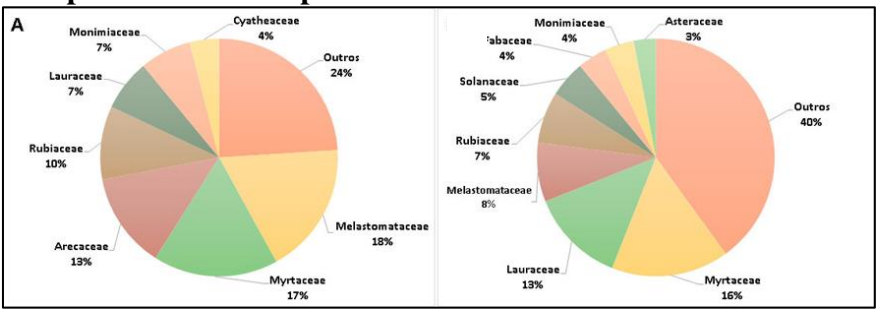
Os dados utilizados para analisar a estrutura foram obtidos em levantamento realizado na Floresta Ombrófila Densa Montana preservada por Lima e Guedes-Bruni (1997), que contabilizaram 2.228 indivíduos distribuídos por 48 famílias e 189 espécies, não tendo atingido a estabilidade da amostra. O índice de diversidade de Shannon foi de 4,051 e a uniformidade de 0,773, bastante próximos dos valores encontrados por Kurtz e Araújo (2000), Moreno *et al.*, (2003), para a mesma fitofisionomia, em outras áreas do Rio de Janeiro.

As famílias mais abundantes representam 76% dos indivíduos e estão apresentadas no Gráfico 3A, com destaque para as espécies: *Leandra breviflora*, *Meriania robusta*, *Euterpe edulis*, *Bathysa australis*, *Palicourea sessilis*, *Psychotria suterella, Coussarea friburgensis*, *Mollinedia gilgiana*, *Mollinedia*

acutíssima, que concentram 40,6% dos indivíduos, sendo que as espécies *Leandra breviflora* e *Euterpe edulis*, se apresentam com 11,22% e 11,17% do número total de indivíduos, respectivamente, mostrando a dominância das famílias Melastomataceae e Arecaceae.

Em relação à riqueza de espécies do componente arbustivo-arbóreo, as famílias mais diversas estão apresentadas na Gráfico 3B, que respondem por 60,86% das espécies, sendo que o destaque é para a família Myrtaceae. Os valores de importância estão concentrados em onze famílias 75,98% com destaque para Myrtaceae e Melastomataceae, devido à densidade dos seus indivíduos, e Arecaceae, pela numerosa população de *Euterpe edulis*.

Gráfico 3 - Abundância e riqueza de espécies em trecho preservado na APA de Macaé de Cima



Fonte: Lima; Guedes-Bruni (1997).

Nota: A. Famílias mais abundantes no trecho preservado e sua contribuição em número de indivíduos em relação ao total de indivíduos amostrados. B. Contribuição em número de espécies das famílias mais ricas em relação ao total de espécies.

As dez espécies com os maiores valores de importância foram *Euterpe edulis* (20,4%), *Leandra breviflora* (18,8%), *Alchornea triplinervia* (18,1%), *Meriania robusta* (9,2%), *Mollinedia gilgiana* (9,0%), *Myrcia pubipetala* (8,2%), *Cabralea*

canjerana (7,9%), *Eugenia expansa* (7,4%), *Bathysa australis* (7,4%) e *Myrceugenia scutellata* (5,9%).

A estrutura vertical da mata apresenta um sub-bosque que pode atingir 10 m, com algumas espécies exclusivas deste estrato como *Mollinedia elegans*, *Mollinedia argyrogyna*, *Siparuna brasiliensis*, *Psycothria suterella*, *Cordia ecalyculata*, *Geonoma pohliana*, *Erythroxylum cuspidifolium*, *Eugenia subavenia*, *Myrceugenia pilotantha*, *Myrcia spectabilis* e *Miconia sellowiana*.

Na fitofisionomia de Dossel Uniforme, o sub-bosque é formado por indivíduos que variam de 10 a 22 metros de altura, sempre com o diâmetro superior a 10 cm, destacando-se as espécies *Drimys brasiliensis*, *Euterpe edulis*, *Cabralea canjerana*, *Myrceugenia scutellata*, *Mollinedia salicifolia*, *Bathysa australis*, *Coussarea friburgensis*, *Cupania oblongifolia*, *Eugenia expansa*, *Myrcia warmingiana*, *Pleroma fissinervium*, *Pleroma arboreum*, *Meriania robusta*, *Vochysia saldanhana*, *Inga sessilis*, *Dalbergia foliolosa*, *Ocotea indecora*, *Ocotea aciphylla*, *Nectandra puberula* e *Sloanea hirsuta*, entre outras.

Quando a fitofisionomia é de Dossel Emergente os indivíduos que emergem são das espécies *Beilschmiedia rigida*, *Plinia martinelli*, *Croton organensis*, *Coussapoa microcarpa*, *Myrocarpus frondosus*, *Ocotea indecora* e *Ocotea domatiata*, que podem chegar a 38 m de altura.

Quanto à estrutura diamétrica, existe uma grande concentração de indivíduos na faixa que varia de 5 a 20 cm, perfazendo 87,4% dos indivíduos amostrados e apenas 0,86% da amostra são exemplares com diâmetros superiores a 50 cm.

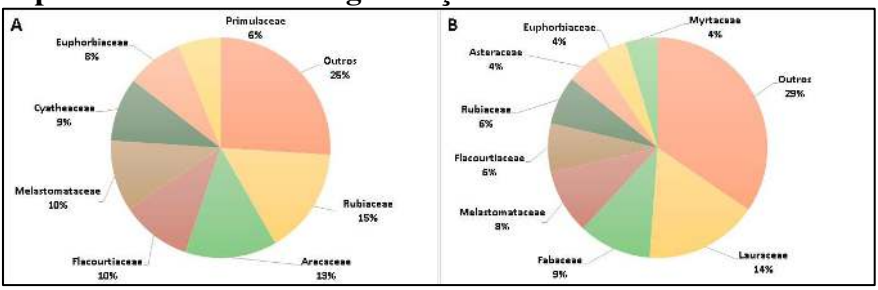
B. Floresta em regeneração

Lima e Guedes-Bruni (1997) analisaram a fitossociologia e a estrutura de um fragmento secundário em um estágio intermediário

de conservação com 30 anos de idade, localizada em uma área de encosta às margens do Rio Macaé e encontraram 2.217 indivíduos arbóreo-arbustivos, distribuídos em 40 famílias, 87 gêneros e 157 espécies.

As famílias mais abundantes são oito, representando 74,88% do total de indivíduos amostrados, e estão apresentadas na Gráfico 4A com destaque para 11 espécies que concentram 50,8% desses indivíduos: *Palicourea sessilis*, *Euterpe edulis*, *Casearia obliqua*, *Pleroma estrelense*, *Miconia tristes*, *Alsophila setosa*, *Croton floribundus*, *Alchornea triplinervia*, *Myrsine umbellata*, *Myrsine coriaceae* e *Solanum swatzianum*. Destas, a *Euterpe edulis* com 12,5% da família Arecaceae e *Palicourea sessilis* com 10,6%, da família Rubiaceae, são as melhores representadas mostrando a dominância das famílias.

Gráfico 4 - Abundância e riqueza de espécies em trecho em regeneração na APA de Macaé de Cima



Fonte: Lima; Guedes-Bruni (1997).

Nota: A. Famílias mais abundantes no trecho em regeneração e sua contribuição em número de indivíduos em relação ao total de indivíduos amostrados. B. Contribuição em número de espécies das famílias mais ricas em relação ao total de espécies.

Em relação à riqueza de espécies as famílias mais diversas respondem por 70,9 % das espécies amostradas e estão apresentadas

na Gráfico 4B com destaque para a família Lauraceae e Melastomataceae. A família Myrtaceae ao contrário do observado na floresta preservada não aparece com destaque. Das 27 famílias restantes, 15 delas foram representadas por apenas uma espécie.

A maioria das espécies apresentou um baixo valor de importância, tendo 92,90% valor inferior ou igual a 6,0. Em relação a este parâmetro destacam-se as espécies: *Euterpe edulis* (23,36%), *Pleroma estrellense* (22,11%), *Palicourea sessilis* (18,26%), *Croton floribundus* (17,43%), *Casearia obliqua* (17,43%) e *Alsophila setosa* (15,87%). Destas *E. edulis*, *P. sessilis*, *C. obliqua* e *A. setosa* destacam-se pelo número de indivíduos, enquanto *P. estrellense* e *C. floribundus* pelo porte que podem atingir. É importante ressaltar que a espécie *Euterpe edulis* destaca-se nas Matas preservadas e também em regeneração em grande abundância, conforme está apresentado na Figura 2A.

As famílias que compõem a maior parte do valor de importância correspondente a 74,76% são 10: Melastomataceae (35,8%), Euphorbiaceae (30,02%), Rubiaceae (26,96%), Arecaceae (25,44%), Flacourtiaceae (23,44%), Cyatheaceae (19,6%), Myrsinaceae (17,84%), Fabaceae (16,27%), Asteraceae (14,71%) e Solanaceae (14,2%).

Neste fragmento a maioria das espécies são secundárias iniciais e tardias, e a análise da estratificação vertical permite diferenciar dois estratos, sendo o sub-bosque composto por indivíduos que variam de 5 a 13 m de altura, destacando-se: *Euterpe edulis*, *Palicourea sessilis*, *Casearia obliqua* e *Alsophila setosa*, seguidas em menores proporções por *Myrsine umbellata*, *Solanum swartzianum*, *Allophylus* sp. *Bathysa mendoncaei* e *Miconia tristis*, sendo as duas últimas e *A. setosa* exclusivas deste estrato.

O dossel é composto por indivíduos que variam de 13 a 20 m de altura, constituído principalmente por *Pleroma estrellense*,

Croton floribundus, *Alchornea triplinervia*, e ainda *Vernonanthura divaricata* e *Myrsine coriaceae*.

Encontram-se ainda alguns indivíduos emergentes que podem alcançar até 31 m de altura, onde se observam: *Senna macranthera*, *Pleroma estrellense*, *Vernonanthura divaricata*, *Myrsine coriaceae*, *Piptocarpha macropoda*, *Ficus organensis*, *Endlicheria paniculata*, *Croton floribundus*, *Pleroma fissinervium* e *Senna multijuga*.

Alguns estudos na literatura consideram as espécies predominantes na área perturbada como secundárias iniciais (*Pleroma estrellense*, *Croton floribundus*, *Alchornea triplinervia*, *Myrsine umbellata*) ou como secundárias tardias (*Casearia obliqua*, *Cupania oblongifolia*). Poucas são cotadas como pioneiras, sendo elas *Solanum swartzianum* e *Cecropia glaziovii*. Entre as espécies climáticas destacam-se *Euterpe edulis*, *Sorocea bonplandii* e *Inga sessilis*.

Cerca de 75% dos indivíduos são jovens, com diâmetro caulinar variando entre 5 e 12 cm, o que pode também ser explicado pelas estratégias de colonização, nas quais os indivíduos tem baixos diâmetros do caule, mas elevadas alturas. Este aspecto pode ser observado na Figura 2B.

A área basal total é 75,34% da área basal total encontrada na área conservada o que mostra a presença de caules mais finos. O índice de diversidade de Shannon é de 3,66, sendo este valor próximo ao encontrado para a área conservada. Os dados analisados apontam para um estágio sucessional secundário avançado caracterizado pela substituição das espécies secundárias iniciais por secundárias tardias.

Na comparação deste fragmento com a floresta preservada, existe um menor número de espécies, gêneros e famílias e um número mais elevado de indivíduos. Nas duas áreas, entre as 7

famílias mais abundantes, destacam-se: Melastomataceae, Arecaceae, Rubiaceae e Cyatheaceae. Os gêneros mais importantes alguns são bastante característicos de estágios secundários, como *Piptocarpha* e *Vernonia* (Asteraceae), *Rapanea* (Myrsinaceae), *Casearia* (Flacourtiaceae), *Solanum* (Solanaceae), *Miconia* e *Tibouchina* (Melastomataceae), *Alchornea*, *Croton* e *Hyeronima* (Euphorbiaceae), no entanto em floresta preservada, estes gêneros ocorrem de modo pouco significativo, salvo exceções das espécies, *Euterpe edulis*, *Palicourea sessilis*, *Solanum swartzianum*, *Miconia tristis* e *Alchornea triplinervia*.

Estes estudos de comparação entre florestas com situações diferentes de conservação são importantes pois contribuem para a identificação de estágios sucessionais, bem como para o entendimento de como eles se sucedem, permitindo seu aprimoramento. As espécies encontradas na área em regeneração são em grande parte típicas de estágios mais adiantados de regeneração, embora espécies de outras fases também estejam presentes, o que pode estar relacionado com a vizinhança de floresta bem conservada que funciona como fonte de propágulos e sementes.

As áreas em regeneração são extremamente importantes para serem estudadas pois elas refletem o processo dinâmico que ocorre ao longo do tempo após o uso antrópico do local, muitas vezes após o corte raso com o posterior uso agrícola. Este fato é apontado por Leitão-Filho (1993), que destaca a importância do conhecimento das áreas impactadas com vistas a subsidiar alternativas capazes de retornar a área impactada o mais próximo possível de suas características originais. Quintela (1996), nos estudos comparativos do potencial de regeneração em área de Capoeira e Floresta Primária, no ES, ressalta a importância destes estudos para a recuperação de áreas degradadas.

Espécies Ameaçadas

Estas espécies foram verificadas no levantamento dos registros de herbários conjugado aos dados da Flora do Brasil 2020. Segundo os critérios da IUCN (2020), 79 espécies apresentam algum nível de ameaça, sendo NT: Quase Ameaçada (27); VU: Vulnerável (18); EN: Em Perigo (32); CR: Criticamente Ameaçada (3). As espécies criticamente ameaçadas são *Bulbophyllum macroceras* (Orchidaceae), *Leandra altomacaensis* (Melastomataceae) e *Vriesea altomacaensis* (Bromeliaceae), a primeira sendo também uma espécie endêmica pontual, exclusiva da região da APA de Macaé de Cima, e as demais espécies endêmicas locais, exclusivas do estado do Rio de Janeiro. Estes resultados mostram que 5,46% das espécies ocorrentes na APA de Macaé de Cima apresentam algum grau de ameaça ou vulnerabilidade, e 2,78% representam espécies que podem sofrer ameaças futuras.

Espécies Endêmicas

Na APA de Macaé de Cima, ocorrem 120 espécies endêmicas, sendo 50 delas de ocorrência Pontual, exclusivas da APA, que representam 5,15% do total de espécies registradas. Também são encontradas espécies com endemismo Local, exclusivas do Estado do Rio de Janeiro, que representam 4,23%, e endemismo Regional, compreendendo 2,99% das espécies encontradas na APAMC.

Espécies de Interesse Econômico

Existem poucos estudos que fazem citação do uso das espécies na APAMC especificamente, no entanto destaca-se o estudo de Boscolo (2011), que tem ênfase na APAMC, que discute a alta riqueza etnobotânica da Mata Atlântica e foca em Galdinópolis

e Rio Bonito. Este trabalho encontrou valores de riqueza de 5,46 e equatibilidade de 0,97 em Galdinópolis e 5,46 e 0,98, em Rio Bonito. Estes valores são mais elevados do que os encontrados em outros locais de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, Arraial do Cabo (4,10) e Silva Jardim (5,07), no Vale do Ribeira/SP (4,2 e 0,90), e na Amazônia em Barcarena/PA, (5,24 e 0,94). Foram identificadas 369 espécies que correspondem a 426 etnoespécies, sendo 13 as famílias que possuem mais espécies utilizadas econômico e culturalmente: Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Araceae, Bignoniaceae, Rutaceae, Malvaceae e Zingiberaceae. O uso mais comum é medicinal/ritualístico representando 63%; 17% em alimentação, 16% para construção/artefatos e 4% para ornamentação. Este estudo trabalha com espécies nativas, plantadas, exóticas e agrícolas.

Espécies raras

O conceito de raridade é muito discutido em Ecologia e na Biologia da Conservação, aparecendo muitas vezes estatisticamente definido em função do modelo utilizado e os estudos demandam informações detalhadas sobre a ecologia de todas as espécies na comunidade e a distribuição geográfica (MAGURRAN, 2013). Gaston (1994) observa que as espécies que são categorizadas como raras com base na abundância geralmente são também classificadas raras com base na amplitude de sua distribuição. Martins (1993), Gandara e Kageyama (1998) Kurtz e Araújo (2000) e Carvalho *et al.* (2007) entre outros, definem que as espécies raras são definidas como aquelas que são representadas por apenas um ou menos indivíduos por hectare. Os dados apresentados por Lima e Guedes-Bruni (1997) mostram que na área preservada foram encontradas 56

espécies consideradas raras, enquanto na área em recuperação são 38 espécies. Estes resultados estão de acordo com Kurtz e Araújo (2000), que sugere quanto maior a riqueza em espécies arbóreas e mais avançado o estado de sucessão, maior é o número de espécies raras.

Flora de especial interesse para conservação

Existem espécies da flora que merecem uma atenção especial para a conservação e o manejo em função das suas características biológicas e ecológicas únicas e/ou ainda de distribuição, de uso pelo homem e/ou pelo papel diferenciado que exercem na comunidade a que pertencem. Estas espécies são: as ameaçadas de extinção, as endêmicas, as de interesse econômico, as raras e as indicadoras.

As espécies que apresentam relevância adicional para a conservação são as enquadradas em alguma categoria de ameaça de extinção. A ameaça de extinção dependendo do grau de ameaça associada a outros atributos como o nível de endemismo, o interesse econômico e seu potencial como recurso biológico, podem aumentar o risco das espécies terem suas populações reduzidas, seu papel funcional afetado e ainda terem uma ampliação do risco de desaparecer e virem a contribuir para atual crise da perda de biodiversidade e de degradação do bioma da Mata Atlântica. Na Tabela 2, observa-se que as espécies com grau de ameaça que são também endêmicas são 15, representando 28,3% do total de espécies ameaçadas: *Alcantarea nevaresii, Aphelandra rigida, Aphelandra stephanophysa, Begonia coccinea, Beilschmiedia rigida, Bulbophyllum macroceras, Leandra altomacaensis, Macropeplus friburgensis, Mollinedia longicuspidata, Ocotea schwackeana, Smilax spicata, Solanum friburgense, Stelis palmeiraensis, Vriesea altomacaensis, Vriesea arachnoidea*.

Tabela 2 - Espécies de especial interesse para a conservação devido a seu uso econômico, ameaça de extinção ou endemismo

Espécie	Uso econômico	Grau de Ameaça	Endemismo
Aechmea caesia	Ornamentação		Local
Aechmea pineliana			Regional
Alcantarea imperialis	Ornamentação	VU	
Alcantarea nevaresii		EN	Local
Alchornea triplinervia	Tecnologia		
Andira fraxinifolia	Combustível		
Aniba firmula	Construção		
Aniba rosiodora	Medicina/Cosmético		
Anthurium galeottii			Regional
Anthurium lhotzkyanum			Local
Anthurium parvum		NT	Local
Anthurium solitarium	Ornamentação		
Aphelandra rigida		EN	Local
Aphelandra stephanophysa		VU	Regional
Araucaria angustifolia	Construção, Artefatos utilitários, Alimentação, Medicina e Ritual	EN	
Aspidosperma melanocalyx			
Astrocaryum aculeatissimum	Construção, Artefatos utilitários e Alimentação	LC	
Begonia arborescens			Local
Begonia coccinea		EN	Regional
Begonia collaris		EN	
Begonia dentatiloba		EN	
Begonia hispida		LC	
Begonia integerrima		LC	Regional
Begonia solananthera		LC	Regional
Beilschmiedia emarginata			Pontual
Beilschmiedia rigida	Tecnologia-Papel	EN	Pontual
Bisglaziovia behurioides			Local
Bulbophyllum macroceras		CR	Pontual
Cabralea canjerana	Construção e Tecnologia		
Calyptranthes obovata		EN	
Casearia sylvestris	Medicina		
Cathedra grandiflora			Pontual
Cattleya wittigiana		EN	
Cedrela fissilis	Construção e Artefatos utilitários	VU	
Cedrela odorata	Construção, Artefatos utilitários, Ornamentação e Medicina	VU	
Cheiloclinium cognatum			Pontual

Chomelia estrellana			Regional
Chusquea attenuata		EN	
Clusia studartiana			Pontual
Conchocarpus paniculatus			Local
Couratari pyramidata	Construção e Artefatos utilitários	EN	
Coussarea speciosa			Pontual
Ctenitis flexuosa			Pontual
Cupania oblongifolia	Combustível, Medicina, Tecnologia e Recurso para a Fauna		
Cupania racemosa	Combustível, Recurso para a Fauna, Construção e Tecnologia		
Cyathea dichromatolepis			Regional
Dahlstedtia glaziovii			Local
Dalbergia glaziovii			Local
Dicksonia sellowiana	Ornamentação	EN	
Didymopanax acuminatus			Local
Dyssochroma viridiflorum		LC	Regional
Eugenia dodonaeifolia			Pontual
Eugenia ellipsoidea			Pontual
Eugenia gracillima		LC	Pontual
Eugenia leonorae		EN	
Eugenia vattimoana		VU	
Euterpe edulis	Alimentação	VU	
Faramea dichotoma			Regional
Fuchsia glazioviana			Local
Geonoma pohliana			Regional
Geonoma wittigiana			Local
Gomesa majevskyae		EN	
Guapira opposita	Recurso para a Fauna		
Hindsia cucullata			Pontual
Hindsia phyllocalyx			Local
Huberia parvifolia			Pontual
Huberia triplinervis			Pontual
Ilex friburgensis			Pontual
Ilex longipetiolata			Local
Ilex virgata			Pontual
Inga barbata			Regional
Inga mendoncaei		VU	
Inga platyptera		VU	
Justicia clausseniana		EN	
Justicia nervata			Pontual
Justicia polita		EN	
Leandra altomacaensis		CR	Local
Leandra angustifolia			Pontual

Leandra barbinervis			Pontual
Leandra tetragona			Pontual
Lepidaploa macahensis			Local
Machaerium nyctitans	Combustível	LC	
Macroditassa laxa			Pontual
Macropeplus friburgensis		EN	Local
Megalastrum grande			Regional
Meriania robusta	Tecnologia-Papel		
Mezilaurus navalium	Construção e Artefatos utilitários	EN	
Miconia cinnamomifolia	Construção		
Miconia fasciculata		LC	Pontual
Miconia molesta			Pontual
Miconia penduliflora		EN	
Miconia subvernicosa			Pontual
Miconia valtheri			Pontual
Mikania argyreiae		VU	
Mollinedia acutissima			Pontual
Mollinedia engleriana		LC	Regional
Mollinedia gilgiana		LC	Pontual
Mollinedia glaziovii			Pontual
Mollinedia longicuspidata		EN	Pontual
Mollinedia lowtheriana			Pontual
Mollinedia myriantha			Pontual
Mollinedia pachysandra		LC	
Mollinedia stenophylla		NT	Pontual
Monteverdia brasiliensis			Local
Myrceugenia kleinii		VU	
Myrcia coelosepala			Pontual
Myrcia glazioviana			Local
Myrcia guianensis		LC	Pontual
Myrcia warmingiana			Pontual
Myrciaria floribunda	Combustível	LC	
Myrocarpus frondosus	Construção	LC	
Myrsine coriacea	Combustível		
Nectandra oppositifolia	Construção e Combustível		
Nectandra puberula	Construção		
Nematanthus hirtellus		NT	Local
Neoregelia fluminensis			Local
Neoregelia leucophoea			Local
Neoregelia lymaniana			Regional
Neoregelia tenebrosa			Local
Ocotea beyrichii		VU	
Ocotea bragai		EN	
Ocotea odorifera	Medicina/Cosmético	EN	
Ocotea schwackeana		EN	Local

Ocotea tabacifolia		EN	
Pachira glabra	Ornamentação		
Palicourea sessilis	Tecnologia-Papel		
Passiflora odontophylla			Pontual
Paubrasilia echinata	Ornamentação	EN	
Philodendron altomacaense	Ornamentação		Pontual
Philodendron barrosoanum		EN	
Philodendron edmundoi			Regional
Philodendron fragile		NT	Pontual
Philodendron hatschbachii			Local
Philodendron oblongum	Medicina		
Philodendron roseopetiolatum			Pontual
Phoradendron pteroneuron			Local
Phyllanthus glaziovii		LC	
Piptadenia gonoacantha	Combustível	LC	
Pleiochiton parvifolium			Pontual
Plinia martinellii			Pontual
Pouteria microstrigosa	Construção e Artefatos utilitários		
Psidium guineense	Alimentação		
Psittacanthus brasiliensis			Regional
Psittacanthus pluricotyledonarius			Local
Psychotria alto-macahensis			Regional
Psychotria brachyanthema			Pontual
Psychotria caudata			Pontual
Psychotria suterella	Tecnologia-Papel		
Psychotria ulei			Local
Quesnelia lateralis			Local
Quesnelia strobilispica			Regional
Rudgea insignis		VU	
Rudgea macrophylla		EN	
Rudgea nobilis		NT	
Salvia rivularis			Local
Siparuna brasiliensis		LC	Local
Siphoneugena martinellii			Pontual
Smilax spicata		EN	Regional
Solanum friburgense		VU	Pontual
Sorocea bonplandii	Medicina		
Specklinia hymenantha			Pontual

Stelis palmeiraensis		VU	Local
Steyermarkina dispalata		VU	
Struthanthus acuminatus			Regional
Struthanthus salicifolius			Regional
Syagrus botryophora	Medicina e Ritual	LC	
Syagrus insignis		VU	
Syagrus macrocarpa	Alimentação	EN	
Symplocos altissima			Pontual
Symplocos corymboclados		EN	
Symplocos glaziovii			Pontual
Tachigali beaurepairei		VU	
Tachigali pilgeriana		NT	
Tapirira guianensis	Combustível e Construção		
Terminalia januariensis	Construção e Artefatos utilitários	LC	
Tillandsia roseiflora			Local
Tontelea lanceolata		EN	
Tontelea leptophylla		LC	Pontual
Tovomita glazioviana			Local
Urbanodendron bahiense		VU	
Utricularia geminiloba			Regional
Vanhouttea fruticulosa			Pontual
Virola gardneri	Construção e Medicina		
Vochysia schwackeana			Regional
Vriesea altomacaensis		CR	Local
Vriesea arachnoidea		EN	Regional
Vriesea atra			Local
Vriesea bituminosa		LC	
Vriesea garlippiana			Local
Vriesea hieroglyphica	Ornamentação	LC	
Vriesea hydrophora			Regional
Vriesea longiscapa			Regional
Vriesea paraibica			Regional
Vriesea sparsiflora		NT	Regional
Vriesea triligulata		NT	Local
Wunderlichia insignis			Local
Xylopia brasiliensis	Combustível, Recurso para a Fauna, Construção e Tecnologia	NT	
Zanthoxylum rhoifolium	Construção e Tecnologia		
Zollernia glaziovii			Local

Fonte: Lima; Guedes-Bruni (1997); Coelho (2000); Marquete (2005); Reif; Andreata (2006); Pinto-Sobrinho (2007), Costa; Wendt (2007), Rosa *et al.* (2018); lista de espécies da composição florística da APAMC, atualizada pelos registros de herbários neste estudo.

Nota: LC: Pouco Preocupante; NT: Quase Ameaçada; VU: Vulnerável; EN: Em Perigo; CR: Criticamente Ameaçada.

Muitas das espécies ameaçadas e/ou endêmicas também são de interesse econômico e assim muitas vezes encontram-se submetidas à elevada pressão antrópica, que pode levá-las a extinção. As espécies que são ameaçadas e tem uso econômico são 12 que representam 22,64% das espécies ameaçadas: *Alcantarea imperialis*, *Araucaria angustifolia, Beilschmiedia rigida, Cedrela fissilis, Cedrela odorata, Couratari pyramidata, Dicksonia sellowiana, Euterpe edulis, Mezilaurus navalium, Ocotea odorifera, Paubrasilia echinata, Syagrus macrocarpa.* Destas espécies 33,3% estão na categoria Vulnerável e 66,7% estão avaliadas como Em Perigo, e se distribuem em vários tipos de uso: ornamentação (4), construção e artefatos utilitários (5), alimentação (3), medicina/ritual/cosmética (3) e tecnologia (1).

As espécies *Aechmea caesia* e *Philodendron altomacaense*, de interesse ornamental, são também endêmicas de distribuição exclusiva local e pontual, respectivamente.

Seis espécies endêmicas da APA de Macaé de Cima merecem especial atenção quanto a sua conservação: A espécie *Beilschmiedia rigida* é de especial interesse, pois é endêmica da APAMC, de uso econômico na tecnologia e categorizada como Em Perigo, demonstrando preocupação quanto a sua conservação. *Solanum friburgense* está classificada como Vulnerável, *Mollinedia longicuspidata* como Em Perigo e *Bulbophyllum macroceras* como Criticamente Ameaçada. Além dessas espécies, vale ressaltar a classificação como Quase Ameaçada das espécies *Mollinedia stenophylla* e *Philodendron fragile*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos estudos realizados observa-se que a APA de Macaé de Cima apresenta alta relevância ecológica e os fragmentos florestais

remanescentes apresentam bom grau de conservação e conectividade alta e significativa, sendo assim extremamente importantes para a proteção do bioma Mata Atlântica. Esta singularidade reforça a necessidade de proteção da flora local e algumas espécies requerem atenção especial. Foram identificadas lacunas no conhecimento relativo as populações das espécies raras, das que tem maior valor de importância e das ameaçadas. O mesmo no que se refere aos estudos das relações ecológicas no ecossistema com o objetivo da manutenção da fauna associada a floresta.

Os estudos de vegetação, sua proteção, manejo e conservação, assumem um papel essencial na proteção da biodiversidade animal, nos serviços ecossistêmicos entre eles a manutenção da água e do carbono, manutenção do papel funcional das espécies e ainda na manutenção dos bancos genéticos para a restauração de ecossistemas de forma geral, não só florestal, mas do sistema como um todo.

Atualmente a proteção de blocos vegetacionais remanescentes de florestas no mundo, além das questões relacionadas com a proteção a biodiversidade, devem ser destacadas nas políticas voltadas para a manutenção das "florestas em pé" de forma a manter a funcionalidade do ecossistema e os serviços ecossistêmicos, sendo as unidades de conservação fundamentais neste contexto, tanto as de proteção integral como as de uso sustentável. Estas áreas e sua implementação e administração especifica, impedem e/ou dificultam o desmatamento, a degradação dos recursos naturais e numa escala mais ampla a emissão de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Os dados mostram que existe uma evolução intensa da floresta que acontece pela dinâmica de clareiras naturais e também pela regeneração natural de áreas, de antigo uso antrópico, em que esta acontece rápido. Esta regeneração pode se dar por rebroto e por plântulas do banco de sementes, que permanece com baixa alteração

e ainda por chuva de sementes, visto que nestes locais aparecem espécies climáticas, além das secundárias tardias e iniciais, que vêm da vegetação bem conservada ao redor. Estudos de áreas de diferentes idades, usos e vizinhanças deveriam ser realizados para conhecer melhor como se dá a sucessão e a regeneração de áreas antropizadas.

Nas atividades antrópicas, é importante que não se permita mais a abertura de novas áreas de floresta, em Zona de Conservação, para serem incluídas. As áreas a serem utilizadas para incluir na produção agropecuária, para construções e novos empreendimentos, devem ser as que já foram desmatadas anteriormente, as que são de expansão urbana e ainda aquelas que podem ser parceladas nos assentamentos humanos existentes, inclusive nas áreas denominadas no Plano de manejo como "de conflito". Na agricultura tradicional, o uso e manejo do pousio, deve ser permitido e é urgente promover estudos para estabelecer um tempo de recuperação da fertilidade para cada tipo de solo, e não usar um período arbitrário, de forma a manter a produtividade e não se perder as áreas agrícolas já utilizadas. Este procedimento evitará os conflitos e o uso ilegal ou irregular das áreas florestais.

As áreas de borda dos fragmentos, no máximo até 30 m (a literatura estabelece no máximo até 50 m), poderão ser utilizados com práticas de agrofloresta de forma a proteger a floresta com um cinturão verde e ao mesmo tempo diversificar a geração de renda da população. As espécies de uso econômico devem ser utilizadas para manejo sustentável, em especial os produtos não madeireiros e existem exemplos bem sucedidos de projetos implantados em Mata Atlântica com espécies herbáceas e epífitas nativas, espécies frutíferas e espécies de uso medicinal, entre outras. Projetos de educação/capacitação, transferência de tecnologia e adoção de biotecnologia, poderão levar a uma incorporação de conhecimentos à cultura local, levando a população a participar efetivamente do

projeto de proteção da floresta, com a diversificação da geração de renda em sítios integrados, com manejo de espécies nativas e o uso sustentável de recursos naturais.

REFERÊNCIAS

BOHRER, C. **Ecology and Biogeography of a Atlantic Montane Forest in Southeastern Brazil** (Tese de Doutorado em Geografia). Edinburgh: University of Edinburgh, 1998.

BOSCOLO, O. **Estudos Etnobotânicos na Comunidades de Galdinópolis e Rio Bonito, Nova Friburgo, RJ** (Tese de Doutorado em Botânica). Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Brasília: Planalto, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 22/11/2020.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Brasília: Planalto, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 22/11/2020.

CARVALHO, F.; NASCIMENTO, M.; BRAGA, J. "Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ., Brasil". **Revista Árvore**, vol. 31, n. 4, 2007.

COELHO, M. A. N. "*Philodendron* Schott (Araceae): morfologia e taxonomia das espécies da Reserva Ecológica de Macaé de Cima - Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil". **Rodriguésia**, vol. 51, n. 78, 2000.

COSTA, A.; WENDT, T. "Bromeliaceae na região de Macaé de Cima, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil". **Rodriguésia**, vol. 58, n. 4, 2007.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo**: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 1996.

FLORA DO BRASIL. "Jardim Botânico do Rio de Janeiro". **Portal Eletrônico Flora de Brasil** [2020]. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 22/11/2020.

GANDARA, F.; KAGEYAMA, P. "Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais". **Série Técnica IPEF**, vol. 12, n. 31, 1998.

GARCIA, R.; PIRANI, J. "Análise florística, ecológica e fitogeográfica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos junto à crista da Serra do Mar". **Hoehnea**, vol. 32, 2005.

GARCIA, R.; PIRANI, J. "Revisão sobre o diagnóstico da vegetação campestre junto à crista de serras, no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP, Brasil". **Hoehnea**, vol. 30, 2003.

GASTON, K. **Rarity**. London: Chapman & Hall, 1994.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. "Dia Nacional da Mata Atlântica: Rio beira desmatamento zero". **Portal Eletrônico do Governo do Estado do Rio de Janeiro** [2020]. Disponível em: < https://www.rj.gov.br>. Acesso em: 26/11/2020.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**: ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Editora Polígono, 1972.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br>. Acesso em: 26/11/2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da vegetação do Brasil. 1:5.000.000, 2004**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br>. Acesso em: 26/11/2020.

INEA - Instituto Estadual de Ambiente. **APA Estadual de Macaé de Cima**: Plano de Manejo - Informações sintetizadas da UC. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

IUCN. "The IUCN Red List of Threatened Species". **Portal Eletrônico IUCN** [2020]. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 22/11/2020.

KURTZ, B.; ARAÚJO, D. "Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil". **Rodriguésia**, vol. 51, n. 78, 2000.

LEITÃO-FILHO, H. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo: Editora da UNESP, 1993.

LIMA, H.; GUEDES-BRUNI, R. **Serra de Macaé de Cima**: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Jardim Botânico. 1997.

LIMA, M.; GUEDES-BRUNI, R. (orgs.). **Reserva ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo-RJ, aspectos florísticos das espécies vasculares**, vol. 1. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1994.

LIMA, M.; GUEDES-BRUNI, R. (orgs.). **Reserva ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo-RJ, aspectos florísticos das espécies vasculares**, vol. 2. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1996.

MAGURRAN, A. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: John Wiley & Sons, 2013.

MARCEL R. MORENO; MARCELO T. NASCIMENTO; BRUNO C. KURTZ. "Estrutura e Composição Florística do Estrato Arbóreo em Duas Zonas Altitudinais na Mata Atlântica de Encosta da Região do Imbé, RJ1". **Acta Botanica Brasilica**, vol. 17, n. 3, 2003.

MARQUETE, R. **O gênero *Casearia* Jacq. no estado do Rio de Janeiro**: Flacourticaceae (Dissertação de Mestrado em Botânica Tropical). Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

MARTINS, F. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1993.

MITTERMEIER, R.; GIL, P.; HOFFMANN, M. *et al.* **Hotspots Revisited**. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Mexico City: CEMEX, 2004.

MOREIRA, M.; CARRIJO, T.; ALVES-ARAÚJO, A. *et al.* "Using online databases to produce comprehensive accounts of the vascular plants from the Brazilian protected areas: The Parque Nacional do Itatiaia as a case study". **Biodiversity Data Journal**, vol. 8, 2020.

MYERS, N., MITTERMEIER, R., MITTERMEIER, C. *et al.* "Biodiversity hotspots for conservation priorities". **Nature**, vol. 403, 2000.

PINTO-SOBRINHO, S. **Conhecimento Etnobotânico de mateiros residentes no entorno de unidades de conservação no Estado do Rio de Janeiro** (Dissertação de Mestrado em Botânica Tropical). Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

QUINTELA, M.F. **Estudo do potencial de regeneração das espécies de uma floresta tropical de tabuleiros - Linhares, ES** (Tese de Doutorado em Ecologia). São Carlos: UFSCar, 1996.

REIF, C.; ANDREATA, R. "Sinopse das ervas de passarinho do estado do Rio de Janeiro, Brasil". **Pesquisas Botânica**, vol. 57, 2006.

RIZZINI, C. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Editora da USP, 1979.

ROCHA, C. **Biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora Rima, 2003.

ROSA, P.; BAEZ, C.; MARTINS, E.; MARTINELLI, G. **Guia Procura-se**: Flora endêmica do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Editora I Graficci, 2018.

SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba**. Rio de Janeiro: Editora SEMADS, 2001.

SOSMA/INPE. Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. São Paulo: SOSMA/INPE, 2019.

URURAHY, J.; COLLARES, J.; SANTO, M. *et al.* "Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico". *In*: IBGE. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Folha SE. 23/24 Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

VASCONCELOS, M. "O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?". **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 34, n. 2, 2011.

VELOSO, H.; RANGEL FILHO, A.; LIMA, J. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. 1991.

VON MARTIUS, K. **Die Physiognomie des Pflanzenreiches in Brasilien**. Eine Rede, gelesen in der am 14. Febr. 1824 gehaltnen Sitzung der Königlichen Bayerischen Akademie der Wissenschaften. München: Lindauer, 1824.

CAPÍTULO 8

A Floresta de Macaé de Cima: Sua Estrutura e Relações com Fatores Ambientais

A FLORESTA DE MACAÉ DE CIMA: SUA ESTRUTURA E RELAÇÕES COM FATORES AMBIENTAIS[16]

Cláudio Belmonte de Athayde Bohrer

A Mata Atlântica brasileira é considerada, a nível global, como uma das áreas de maior prioridade para conservação, por combinar uma alta diversidade biológica, com uma alta taxa de endemismos de espécies vegetais e animais, e grau de ameaça, devido às atividades humanas (OLSON; DINERSTEIN, 1998). Originalmente a floresta cobria aproximadamente um milhão de km^2, restando florestados atualmente somente 16-22% da área original, distribuídos de modo desigual ao longo do Bioma (RIBEIRO *et al.*, 2009; REZENDE *et al.*, 2018).

O Bioma Mata Atlântica é composto por diversos tipos de formações florestais, associadas à ampla variação latitudinal (entre 5-30º de latitude Sul) e fisiográfica, que resulta numa ampla variação climática, geomorfológica e de solos (AB'SÁBER, 1992), abrangendo florestas ombrófilas densas e mistas (mata de Araucária), estacionais semideciduais e outros ecossistemas associados (manguezais, restingas, campos úmidos e campos de altitude). As florestas se diferenciam também em função do relevo, variando desde formações aluviais ou ripárias ao longo dos rios, passando por florestas de baixadas a montanas (VELOSO *et al.*, 1991, OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000).

O conhecimento dos padrões de variação na estrutura e composição das florestas montanas do Rio de Janeiro em relação ao

[16] Dedicado a James D. Ratter (*in memoriam),* botânico e ecólogo escocês responsável pela formação de muitos pesquisadores brasileiros nas áreas de Botânica, Ecologia e Fitogeografia.
David Miller, proprietário rural e orquidófilo, entusiasta da conservação da floresta de Macaé de Cima.

ambiente físico é fundamental para uma melhor compreensão do Bioma como um todo (EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2015). Sua localização geográfica sugere ligações biogeográficas estreitas com as florestas subtropicais densas e mistas, e em menor grau, com as florestas semidecíduas interioranas e as florestas tropicais úmidas do Leste-Nordeste (HUECK, 1972; SCHNELL, 1987; POR, 1992). A alta diversidade e nível de endemismo, bem como a ocorrência de espécies de plantas e animais ameaçadas de extinção são outros fatores que reforçam a necessidade de se aprofundar no conhecimento sobre a ecologia das florestas do estado, que possui uma área considerável de florestas montanas remanescentes, relativamente menos estudadas do que as florestas de baixada e submontanas (NETTESHEIM *et al.*, 2010).

As florestas montanas da Região Neotropical compõem um dos mais valiosos ecossistemas do mundo, com uma alta biodiversidade e altos níveis de endemismo, além de seu alto valor para a conservação dos recursos hídricos das bacias locais (BRUIJNZEEL, 1989; BRUIJNZEEL; PROCTOR, 1993; CLARK et al., 2000). Ocorrem dispersas ao longo da cordilheira dos Andes (5ºN-25ºS), na cadeia de montanhas da América Central, em montanhas isoladas em ilhas do Caribe e nas montanhas do Sul-Sudeste brasileiro (SCATENA *et al.*, 2010). A formação floresta altomontana ou nebular, que ocorre em uma faixa altitudinal localizada entre a floresta montana e a vegetação tropical alpina (campo de altitude ou páramo), é caracterizada por uma cobertura constante de nuvens durante boa parte do ano, alta umidade, estatura relativamente mais baixa e menor diversidade, em comparação com as florestas submontanas e montanas, porém com ocorrência de espécies endêmicas locais da fauna e flora (WEBSTER, 1995).

As florestas nebulares altomontanas brasileiras ainda são relativamente pouco conhecidas, o que, combinado com as altitudes mais baixas em relação às demais áreas do continente, levantou

dúvidas sobre a sua inclusão entre as florestas nebulares neotropicais (STADTMULLER, 1987; FALKENBERG: VOLTOLINI; 1995; WEBSTER, 1995). Foram realizados poucos trabalhos sobre suas características florísticas e suas relações com o ambiente físico (FONTES; 1997; FRANÇA; STEHMANN, 2004; CARVALHO *et al.*, 2005; POMPEU *et al.*, 2014).

A existência de limites visíveis entre diferentes formações florestais é difícil de ser estabelecida (FRANKLIN, 1995; KENT *et al.*, 1997). Mesmo quando é possível distinguir diferenças na fisionomia, no campo e em fotografias aéreas, é difícil afirmar se tais diferenças correspondem a mudanças reais na estrutura e composição da comunidade florestal. Uma maneira de identificar, caracterizar e mapear os limites entre diferentes tipos florestais é através da análise multivariada de dados estruturais e geoambientais oriundos de amostras estabelecidas em diferentes locais, buscando por relações de similaridades ou descontinuidades entre as áreas (KENT; COKER, 1992). A análise pode auxiliar a identificar limites discretos entre diferentes comunidades florestais numa mesma formação, entre formações ou entre florestas em diferentes estágios de regeneração, associados a fatores geoambientais ou antrópicos.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar a estrutura da floresta montana e investigar as suas relações com o ambiente físico, na escala local e da paisagem, na área da antiga Reserva Ecológica Municipal de Macaé de Cima – REMC (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997), atualmente incluída na sua maior parte na APA Estadual de Macaé de Cima - APAMC (INEA, 2014) e no Parque Estadual dos Três Picos – PETP (INEA, 2013), no município de Nova Friburgo, estado do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

O ambiente físico de Macaé de Cima

A região montanhosa central do estado do Rio de Janeiro, conhecida como Serra dos Órgãos, é parte da Serra do Mar, cadeia montanhosa que representa a borda SE do antigo Escudo Brasileiro, se estendendo do Rio Grande do Sul ao Rio de Janeiro. A região forneceu o topônimo *organensis* para diversas espécies de plantas e animais descritas a partir de exemplares lá coletados (KUNKEL, 1990).

A região de Macaé de Cima está localizada na porção Sul do município de Nova Friburgo-RJ, entre 22°20'-22°28' S e 42°25'-42°35' O. O nome se refere às nascentes do rio Macaé, que corre na direção a W-E até o oceano Atlântico. O botânico e paisagista Glaziou coletou amostras botânicas extensivamente na região de Macaé de Cima, localizada no NE da Serra dos Órgãos, de onde se originou o topônimo *alto-macahensis* (KUNKEL, 1990; LIMA; GUEDES-BRUNI, 1994).

Devido à sua localização geográfica, com uma combinação de altitude elevada, proximidade com a costa e latitude próxima ao Trópico de Capricórnio, o clima local pode ser classificado como tropical com chuvas de verão, temperatura média anual de 17.8°C, e precipitação média de 1400 mm, do tipo Cfa, conforme o sistema de Köppen. De acordo com a relação ombrotérmica $P \leq 2T$ (WALTER, 1985), a estação climática de Nova Friburgo, com 70 dias secos, está localizada na transição entre o regime ombrófilo e o estacional (URURAHY *et al.*, 1983). Entretanto, dados de outras estações mostram uma amplitude na precipitação média anual entre 1534-2420 mm. Dados das estações Faz. São João e Galdinópolis (DNAEE, 1995; FIDERJ, 1978) sugerem uma precipitação média de 2000-2400 mm anuais para a área da REMC, podendo atingir valores

mais altos no limite Sul, o que implica na ausência de um período biologicamente seco (INEA, 2014).

A Serra dos Órgãos é constituída de rochas de aspectos graníticos e granulação grosseira. Supõe-se que sua origem seja resultado de dobramentos e falhamentos relacionados à linhas estruturais prévias do embasamento cristalino do Precambriano. Além dos aspectos tectônicos, a erosão teve um papel considerável desde o Oligoceno, ocorrendo dois grupos alternados de processos, erosão extensa das encostas acompanhadas pelo terraceamento lateral do dissecamento vertical do terreno, e uma formação ampla de solos, acompanhada por uma relativa estabilidade da paisagem (RADAMBRASIL, 1983). A área da REMC está totalmente localizada na unidade geomorfológica Faixa de Dobramento Remobilizados, Escarpa e Reverso da Serra do Mar/Serra dos Órgãos, com relevo composto por vales estruturais, caracterizado por dissecação diferencial, assinalada por controle estrutural (tectônico e litológico) definido por aprofundamento/abaixamento da drenagem.

A revisão de dados paleoecológicos, depósitos correlativos de morfologias erosivas e padrões biogeográficos atuais apontam para a possível existência de um clima mais seco e frio durante os eventos glaciais do período Pleistoceno, com consequentes mudanças na cobertura vegetal (BROWN JR; AB'SÁBER, 1979; ARRUDA; SCHAEFER, 2020). Períodos quentes e úmidos poderiam favorecer a expansão florestal, intemperismo químico e pedogênese, ao lado de algum dissecamento vertical, diminuindo o nível de base local, enquanto períodos mais frios e secos favoreceriam a retração florestal, remoção do regolito e nivelamento lateral, com a formação de pediplanos ou pedimentos (BIGARELLA, 1991; THOMAS, 1994).

Os solos da região resultam de uma combinação da litologia, do relevo altamente dissecado, do clima durante o Holoceno e a

densa cobertura florestal (RADAMBRASIL, 1983), apresentando um estado de equilíbrio precário, resultante das interações complexas entre vários processos simultâneos: erosão, intemperismo e processos influenciados pela vegetação. A floresta exerce uma forte influência nas propriedades físico-químicas, fornecendo proteção (interceptação da precipitação) e fixação mecânica através da ancoragem de suas raízes, produção e deposição de matéria orgânica (MO), e absorção de nutrientes (SANCHEZ, 1989; LIKENS; BORMANN, 1995). Os solos resultantes são caracterizados por baixos valores de pH e de nutrientes. Os principais tipos de solos são Cambissolo Háplico distrófico, Neossolo Litólico distrófico e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, além dos Afloramentos Rochosos (RADAMBRASIL, 1983; EMBRAPA, 1992; INEA, 2014).

Coleta e análise de dados

O trabalho se concentrou na área da REMC, com área total de 6.880 ha, localizada na região do alto curso dos rios Macaé, Flores e Bonito. A área foi previamente estudada pelo Programa Mata Atlântica (PMA), do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que levantou dados estruturais em duas parcelas florestais retangulares de 1 ha (PMA 01 e 02), complementados pela coleta extensiva de dados botânicos (LIMA; GUEDES-BRUNI 1994, 1996; LIMA; GUEDES-BRUNI, 1997). O levantamento forneceu um conjunto importante de informações botânicas, especialmente sobre a composição e a estrutura geral da floresta (INEA, 2014), no entanto sem analisar a variação espacial da floresta e suas relações com o ambiente físico local. Para tanto, foi efetuado o mapeamento da vegetação e uso da terra através da interpretação visual de fotografias aéreas P&B de 1976 (escala 1:22.000), e da classificação

supervisionada (Máxima Verossimilhança) de imagem Landsat TM de 1996 (resolução espacial de 30 m), através do software ERDAS-IMAGINE 8.03. Adicionalmente, foram digitalizados e armazenados dados cartográficos e de mapas temáticos utilizando o *software* ArcInfo 7.0.

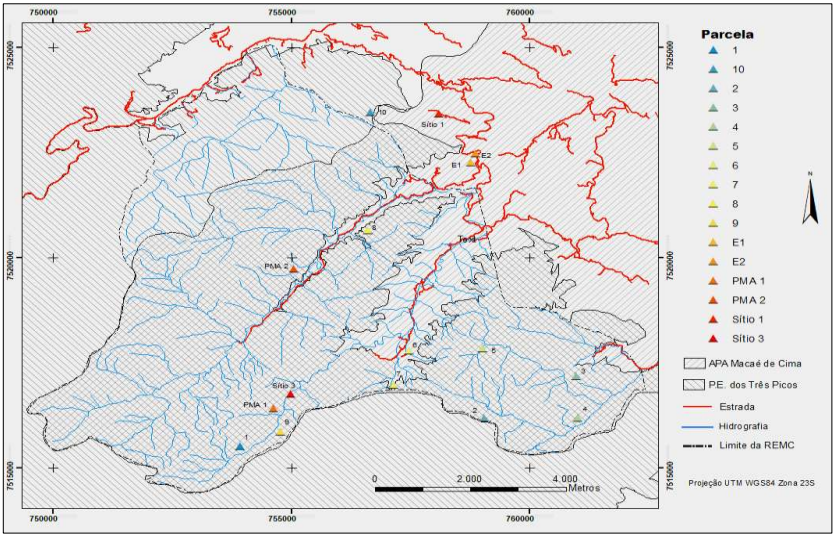
Para a análise estrutural e da relação floresta-ambiente, dados ecológicos e geoambientais foram coletados no decorrer do ano de 1996, em diferentes pontos da REMC (Figura 1), ao longo de gradientes ambientais observados nas imagens e no reconhecimento de campo. Foram estabelecidas dez parcelas com 20 x 20 m (400 m^2), com quatro subparcelas de 10 x 10 m em cada, localizadas em áreas de floresta madura ou secundária em estágio avançado de regeneração, e duas parcelas adicionais (25 x 10 m) em um plantio antigo de *Eucalyptus* sp. (Figura 1). Nas parcelas foram amostrados e medidos todos os indivíduos arbóreos com DAP (diâmetro à altura do peito, 1,30 m) $\geq$ 10 cm, coletando-se amostras botânicas para posterior identificação em herbário (Jardins Botânicos Reais de Edinburgh e Kew; Jardim Botânico do Rio de Janeiro). Coletaram-se amostras de solo (0-20 cm de profundidade), analisadas no CNPS-EMBRAPA, segundo EMBRAPA (1979). Anotou-se ainda as coordenadas aproximadas com GPS de mão Garmin. Foram registrados também altitude (altímetro), aspecto (bússola), declividade (clinômetro Suunto) e posição na encosta.

A partir do tabelamento dos dados ecológicos foram estimados os parâmetros fitossociológicos abundância, frequência, cobertura, Valor de Importância (VI) e de Cobertura (VC) (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974), utilizando-se o programa FITOPAC 1.

As relações florísticas entre as parcelas e parâmetros geoambientais, foram analisadas através de métodos multivariados de classificação e ordenação (KENT; COKER, 1992; FELFILI *et al.*, 2011), a partir de uma matriz de abundância de espécies por parcela.

As parcelas foram classificadas pela Análise de Espécies Indicadoras de Dupla Entrada (TWINSPAN). A Análise de Correspondência Distendida (ACD) foi empregada na ordenação indireta de parcelas e espécies. Os parâmetros geoambientais foram analisados inicialmente através da Análise de Componentes Principais (ACP), a fim de investigar a existência de correlação entre as variáveis. As variáveis selecionadas foram utilizadas conjuntamente com os dados florísticos na Análise de Correspondência Canônica (ACC), que identifica uma base ambiental para a ordenação (direta), detectando padrões de variação na composição das comunidades que melhor podem ser explicados pelos fatores ambientais (FELFILI *et al.*, 2011). Todas as análises foram realizadas através do programa PC-ORD 3.0 (MCCUNE; MEFFORD, 1997).

Figura 1 - Localização das 10 parcelas amostrais na REMC



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Sítio 1 e 3 são bases de campo, PMA 1 e 2 são parcelas de 1 ha do Programa Mata Atlântica do JBRJ (GUEDES-BRUNI *et al.*, 1997; PESSOA *et al.*, 1997). A figura mostra ainda a posição da REMC em relação à APA Macaé de Cima e o Parque Estadual dos Três Picos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Floresta de Macaé de Cima

A formação floresta ombrófila densa montana (VELOSO *et al.*, 1991) é o tipo dominante de vegetação na REMC. A floresta é caracterizada por um dossel denso e perene, com uma altura média de 25-35 m, com algumas árvores emergentes atingindo 40 m, especialmente nas encostas médias, com solos mais profundos e bem drenados. Embora seja relativamente baixa a ocorrência de árvores de grande porte, provavelmente devido à exploração seletiva ocorrida no passado, a floresta ainda armazena uma quantidade considerável de biomassa, com uma alta densidade de árvores de pequeno e médio porte. O sub-bosque é bastante denso, com uma abundância de varas e arvoretas, e a regeneração natural é intensa, com uma alta densidade de mudas e varas de espécies arbóreas do dossel inferior (umbrófilas) e superior (secundárias tardias e clímax).

A floresta montana abriga uma alta densidade de epífitas, com inúmeras espécies das famílias Orchidaceae, Bromeliaceae, Cactaceae e Araceae. Líquens e briófitas são abundantes nos troncos arbóreos. A palmeira *Euterpe edulis* é particularmente abundante, especialmente nas áreas mais úmidas ao longo da drenagem e córregos, atingindo até a meia-encosta. Outra palmeira de grande porte, *Attalea dubia,* ocorre especialmente nas altitudes mais baixas, sendo frequente nas florestas secundárias. Nos fundos de vale e áreas ripárias, a baixa disponibilidade de luz, ocorrência frequente de neblina e a alta umidade favorecem a alta densidade de espécies de Marantaceae, Musaceae, Begoniaceae, Araceae, Cyatheae e outras pteridófitas.

A superfície do dossel florestal é geralmente descontínua, com ocorrência de pequenas clareiras relacionadas à dinâmica natural de queda de grandes árvores mortas, ou a condições edáficas

locais. A alta declividade de relevo e os solos rasos favorecem a ocorrência de deslizamentos durante eventos extremos de chuvas intensas (LIMA *et al.*, 2017), podendo ocasionar cicatrizes extensas e alterar as características do solo, com perda do horizonte superior e detritos (galhos e troncos). O processo de recolonização dessas cicatrizes pode ser muito lento, em comparação às clareiras menores (WALKER; SHIELS, 2013). Ocorrem também manchas de bambu (*Chusquea, Guadua, Merostachis)*, provavelmente relacionadas a distúrbios, que podem atrasar consideravelmente a regeneração de outras espécies arbóreas.

Figura 2 - Aspecto da floresta densa altomontana na REMC



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Aspecto da floresta densa altomontana na REMC, próximo à parcela 10, mostrando um porte relativamente baixo e alta densidade de briófitas (musgos), bromélias e outras plantas epífitas.

A floresta altomontana ocorre na porção superior das encostas, ao longo dos limites Sul e Oeste da REMC. É caracterizada

por árvores pequenas e médias, geralmente com fustes bifurcados e quase totalmente cobertos por musgos (Figura 2). A estatura das árvores e o tamanho das folhas tendem a ser menores do que nas florestas montanas. Há uma grande abundância de Bromeliaceae e outras epífitas. Palmeiras *(Geonoma pohliana* e *G. wittigiana*) e pequenos bambus (*Chusquea*) são também abundantes. A fisionomia se assemelha à das florestas nebulares e anãs (*elfin forest*) que ocorrem em diversas áreas dos Andes, América Central e Caribe (STADTMULLER, 1987; SCATENA *et al.*, 2010).

A transição da floresta montana para altomontana pode ser gradual ou abrupta, conforme as condições ambientais locais. Além da altitude, a posição na encosta e as características do solo aparentam ter também um papel importante. A maioria das florestas altomontanas identificadas no campo e nas fotografias aéreas estão restritas às áreas de topo de montanhas. À medida que se sobe a encosta, mudanças graduais na fisionomia aparentemente correspondem a um aumento no teor de matéria orgânica (TANNER et al., 1998; CUNHA *et al.* 2009; ROMAN *et al.*, 2010), bem como a uma diminuição da profundidade do solo. Em diversas áreas o solo está coberto por uma espessa camada que se assemelha à turfa ("*moor"*), composta por raízes grandes e finas, folhas e húmus, relacionado à alta umidade (GRUBB, 1977). Os efeitos ecofisiológicos de baixas temperaturas, exposição a ventos e a ocorrência frequente de nuvens são importantes fatores adicionais nas florestas altomontanas nebulares (BRUIJNZEEL; PROCTOR, 1993; SCHAWE *et al.*, 2010). Diversos estudos apontam para um valor considerável de água e nutrientes absorvidos diretamente pelo dossel ("precipitação horizontal"), e a importância das epífitas no processo (CLARK *et al.*, 1998ab; CORTINES, 2012).

Em diversos pontos é difícil estabelecer se a floresta é primária (madura) ou secundária com base somente na fisionomia. Devido ao longo tempo decorrido desde que os primeiros colonos

europeus se estabeleceram na região (NICOULIN, 1996), áreas que apresentam características fisionômicas de floresta primária podem ter sido submetidas a algum grau de exploração e perturbação no passado. O alto número de trilhas que cruzam a REMC, bem como sinais de extração de madeira ou de palmito mesmo em áreas mais inacessíveis, são indícios de que poucas áreas podem ser consideradas como florestas primárias não perturbadas. Entretanto, devido à natureza dinâmica da floresta tropical, após alguns anos é difícil notar qualquer sinal da ação humana em muitas áreas.

As florestas secundárias apresentam um gradiente fisionômico contínuo, dos estágios sucessionais iniciais a avançados, ocorrendo nas encostas baixas e médias, nas porções central e NE da REMC. A abundância de espécies pioneiras varia em função do tempo decorrido desde o início do processo de sucessão e da ocorrência de novos distúrbios, como fogo e a extração de madeira. Entre os táxons pioneiros característicos estão espécies dos gêneros *Cecropia*, *Miconia* e *Tibouchina*, e das famílias Solanaceae, Euphorbiaceae e Asteraceae. Embora florestas secundárias menos perturbadas compartilhem muitas espécies com as florestas maduras, elas podem ser distinguidas pela maior abundância de árvores de diâmetro pequeno e ausência de árvores grandes emergentes, bem como pela menor densidade de epífitas (MILLER *et al.*, 2006; CHAZDON, 2016).

Estrutura e Composição Florística

O resultado da análise dos dados estruturais da floresta é apresentado na Tabela 1. Nas 10 parcelas amostrais foram medidos 445 indivíduos com DAP $\geq$ 10 cm, equivalente a uma densidade média de 1108 indivíduos/ha, com uma amplitude entre 700-1525 ind./ha. A altura total média estimada foi de 14 m (12-15,5 m), com a árvore mais alta (angelim-tento, *Ormosia altimontana*) atingindo

30 m. A altura média do fuste variou entre 9,1-10,4 m, com uma altura média geral de 9,7 m. A espessura média do dossel (H_{total} - H_{fuste}) foi de 4,3 m (2,8-5,3 m). Foi estimada uma área basal média (AB) de 43 m^2/ha (33,6-57,2). O DAP médio foi de 19,9 cm (17-25 cm), com a maior árvore (canela-preta, *Ocotea indecora*) atingindo 92,3 cm, equivalente a uma AB total de 0,669 m^2.

Tabela 1 - Sumário das medições dendrométricas nas 10 parcelas florestais

Parcela Dens	N ind.	Dap	H_{max}	H_f	Dossel	AB	AB/ha	Vol 1	Vol 1/ha	Vol 2/ha
1	45	21,26	14,60	10,40	4,11	1,94	48,55	13,519	337,98	178,10
2	28	25,06	13,73	9,44	3,88	2,03	50,78	14,113	352,83	123,95
3	43	17,34	12,05	9,25	2,81	1,66	41,53	11,140	278,50	168,58
4	41	19,64	13,74	9,45	4,19	1,60	39,95	10,701	267,53	161,25
5	49	15,60	13,14	9,24	3,66	1,56	39,05	9,479	236,98	179,68
6	41	13,05	13,98	9,94	4,04	1,34	33,58	9,149	228,73	150,93
7	51	16,23	15,34	9,78	5,11	2,29	57,20	12,408	310,20	197,18
8	62	19,42	13,64	9,69	3,89	1,76	44,10	10,542	263,55	222,68
9	54	17,19	14,88	9,75	5,13	1,47	36,70	8,947	223,68	196,73
10	30	21,61	15,47	10,44	5,03	1,54	38,43	9,863	246,58	134,28
Total:	445					17,19		109,86		
Média	44,5	19,87	14,06	9,74	4,19	1,72	42,99	10,986	274,65	171,33
Desv. padrão	10,19	2,624	1,047	0,426	0,733	0,29	7,23	1,813	45,32	30,20
Variância	103,79	6,887	1,097	0,182	0,537	0,08	52,20	3,287	2054,35	912,02

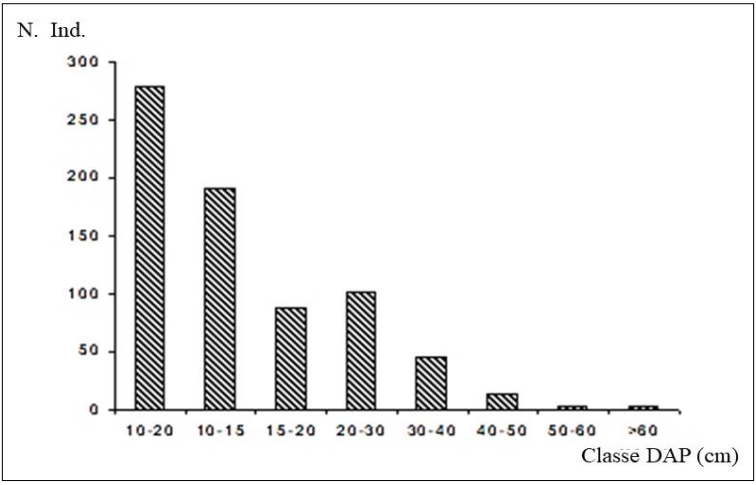
Fonte: Elaboração própria.

Nota: valores totais (N Ind: Número de indivíduos) e médios por parcelas de diâmetro (Dap, cm); altura (m) total (H_{max}) e do fuste (H_f); expessura do dossel (Dossel, m); área basal (AB, m^2); volume de madeira (Vol, m^3) por parcela e por ha, Vol 1 = H_{max}*AB*F, onde F = 0,65; e Vol 2 = EXP {-11,4932 + 0,9317351 Ln (cap^2*H_{max})} (r^2 = 0,98), onde cap = circunferência à altura do peito (1,30 m).

A distribuição das classes de diâmetro (Gráfico 1) da floresta apresentou o tradicional formato de J invertido, indicando uma distribuição balanceada, com maior concentração nas classes inferiores. A análise individual das parcelas indicou, porém, uma maior heterogeneidade, com a ausência das classes superiores ou mesmo de uma ou mais classes intermediárias em algumas parcelas, o que pode estar associado à perturbação natural (queda) ou

antrópica (corte), ou ao estágio intermediário de regeneração florestal.

Gráfico 1 - Distribuição de diâmetros (média de todas as parcelas)



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A classe inferior (10-20 cm) foi subdividida em duas subclasses (10-15 e 15-20 cm) para ilustrar melhor a dominância das árvores de menor diâmetro na estrutura geral da floresta.

O volume médio de madeira apresentou uma grande variação, conforme o modelo adotado, uma vez que os cálculos são bastante sensíveis ao critério adotado na medição da altura, a erros de medição, e à equação adotada. A estimativa com base na equação genérica $V = H_{total}*AB*F$ resultou num volume médio equivalente a 274,6 m^3/ha, adotando-se o fator de forma F = 0,65. Já com o modelo desenvolvido para a região em inventário florestal realizado no estado (IBDF, 1984), estimou-se um volume médio de 171,3 m^3/ha, valor situado dentro da amplitude de valores encontrado em florestas similares do estado.

Foi registrado um total de 164 morfo-espécies nas parcelas amostrais, com 129 classificadas ao nível de espécie, 15 ao nível de gênero e 12 apenas no nível de família, em sua maioria Myrtaceae, restando 18 espécies não identificadas, tendo em vista o grande número de amostras com material infértil, o que dificulta sobremaneira a identificação. Considerando-se as morfo-espécies, foi estimado o índice de Shannon-Weaver (H') de 4,44 e de Equabilidade (J) de 1,67. indicando uma alta diversidade β, relacionada à grande diversidade geoambiental local e à dinâmica de processos ecológicos.

Foram registradas 42 famílias botânicas, com Myrtaceae registrando o maior número de espécies (36), vindo a seguir Lauraceae (14), Leguminosae (12), Melastomataceae, Monimiaceae e Rubiaceae (7), e Clusiaceae (6), padrão que se assemelha a outras áreas da Mata Atlântica do SE (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2005). A floresta apresentou similaridade a nível genérico (*Clethra, Clusia, Dendropananx, Drimys, Eugenia, Ficus, Ilex, Inga, Miconia, Micropholis, Myrsine/Roupala, Ocotea, Persea, Prunus, Quiina, Rapanea, Schefflera, Sloanea, Stephanopodium, Symplocos, Tibouchina, Weinmannia* e *Zanthoxylum*) com outras florestas nebulares Neotropicais (WEBSTER, 1995), com florestas montanas/altomontanas do Sudeste, e com as florestas subropicais do Sul do Brasil (VELOSO, 1945; FONTES, 1997; FRANÇA; STEHMANN, 2004; CARVALHO *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2006; WESEMBERG; SEELE, 2009; BERTONCELLO *et al.*, 2011; EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2014; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2015).

Uma proporção relativamente alta (50%) do total de espécies arbóreas encontradas em extenso levantamento realizado pelo PMA-JBRJ (LIMA; GUEDES-BRUNI, 1994) foi registrada nas parcelas amostrais. A riqueza pode ser comparada também aos levantamentos fitossociológicos realizados previamente, que registraram um total

de 189 (PMA I) e 157 espécies (PMA II), em floresta primária (GUEDES-BRUNI *et al.*, 1997); e secundária (PESSOA *et al.*, 1997) respectivamente, considerando que em ambos foi utilizada uma parcela amostral maior (1 ha), com a inclusão de árvores com DAP $\geq$ 5 cm.

A análise fitossociológica (Tabela 2) indicou que as dez espécies de maior IVI que foram, em ordem decrescente: *Euterpe edulis,* mortas, *Licania kunthiana, Vochysia saldanhae, Cryptocarya moschata*, *Kielmeyera insignis, Calycorectes* sp.1, *Dendropanax trilobium, Ocotea divaricata,* e *Matayba guianensis*. A espécie com maior densidade e VI foi o palmito-jussara (*E. edulis*), com um total de 72 indivíduos, equivalente a 180 palmeiras/ha, confirmando resultado de estudo realizado por Wesemberg e Seele (2009) no PARNA Serra dos Órgãos. Por outro lado, *Alchornea triplinervia*, que esteve entre as de maior VI nas parcelas levantadas pelo PMA-JBRJ, especialmente na floresta secundária, ficou aqui na trigésima posição, o que pode indicar um estágio mais avançado de regeneração florestal nas parcelas deste estudo. A maioria (55 %) das espécies esteve representada por um único indivíduo, padrão comum observado nas florestas tropicais. A importância das árvores mortas sugere a ocorrência de uma alta taxa de reposição e a influência de perturbação devido a causas humanas ou naturais, tais como deslizamentos ou quebra de troncos e galhos ocasionados por fortes chuvas e vendavais (STRONG, 1977).

A análise dos demais parâmetros estruturais revela a ocorrência de diferentes estratégias por parte das espécies arbóreas, com algumas priorizando uma maior densidade e frequência (*E. edulis, L. kunthiana, Calycoretes sp 1. D. trilobium, M. robusta*), e outras uma maior área basal (*O. indecora, K, insignis, C. moschata*). Já a *V. saldanhae* aparentemente possui uma estratégia intermediária, com valores médios a altos nos três parâmetros.

Tabela 2 - Fitossociologia da floresta de Macaé de Cima, com as 50 espécies com maior Valor de Importância

Nº	Espécie	Nome comum	N ind	D Ab	D Rel	F Ab	F Rel	C Ab	C Rel	VI	VC
1	*Euterpe edulis*	Palmito-jussara	72	180,0	16,18	52,5	6,1	1,88	4,33	26,6	20,5
2	*Mortas*		14	35,0	3,15	27,5	3,2	1,73	4,00	10,3	7,1
3	*Licania kunthiana*	Milho-cozido	11	27,5	2,47	20,0	2,3	1,17	2,69	7,5	5,2
4	*Ocotea indecora*	Canela-preta/cravo	5	12,5	1,12	12,5	1,5	2,01	4,65	7,2	5,8
5	*Vochysia saldanhae*	Murici caixa d'água	8	20,0	1,80	15,0	1,7	1,49	3,45	7,0	5,2
6	*Calycorecteres* sp.1	Araçá	11	27,5	2,47	22,5	2,6	0,62	1,44	6,5	3,9
7	*Dendropanax trilobium*	Mandioqueiro	9	22,5	2,02	20,0	2,3	0,92	2,11	6,5	4,1
8	*Kielmeyera insignis*	Bacubixá	5	12,5	1,12	10,0	1,2	1,67	3,84	6,1	5,0
9	*Cryptocaria moschata*	Canela-batalha	6	15,0	1,35	12,5	1,5	1,33	3,07	5,9	4,4
10	*Meriania robusta*	Cinzeiro	9	22,5	2,02	20,0	2,3	0,43	0,99	5,3	3,0
11	*Clethra scabra*	Abacateiro	7	17,5	1,57	12,5	1,5	0,90	2,07	5,1	3,6
12	*Matayba guianensis*	Camboatá-ferro	6	15,0	1,35	12,5	1,5	0,89	2,05	4,9	3,4
13	*Ocotea divaricata*	Canela-óleo-rosa	5	12,5	1,12	12,5	1,5	0,83	1,91	4,5	3,0
14	*Cupania* sp.1	Camboatá	6	15,0	1,35	12,5	1,5	0,65	1,50	4,3	2,8
15	*Sclerolobium rugosum*	Caingá-rosa	5	12,5	1,12	10,0	1,2	0,87	2,00	4,3	3,3
16	*Marlieriea suaveolens*		6	15,0	1,35	12,5	1,5	0,50	1,16	4,0	2,5
17	*Mollinedia gilgiana*	Trançadinho	6	15,0	1,35	10,0	1,2	0,54	1,24	3,8	2,6
18	*Eugenia stictosepala*		6	15,0	1,35	15,0	1,7	0,24	0,56	3,7	1,9
19	*Ormosia altimontana*	Angelim-tento	4	10,0	0,90	10,0	1,2	0,68	1,58	3,7	2,5
20	*Cupania emarginata*	Camboatá	5	12,5	1,12	7,5	0,9	0,49	1,13	3,1	2,3
21	*Amaioua intermedia*		4	10,0	0,90	7,5	0,9	0,57	1,31	3,1	2,2
22	*Myrcia fallax*		4	10,0	0,90	10,0	1,2	0,44	1,01	3,1	1,9
23	*Ocotea aciphila*	Canela	6	15,0	1,35	10,0	1,2	0,23	0,53	3,0	1,9
24	*Myrceugenia kleinii*		4	10,0	0,90	7,5	0,9	0,52	1,21	3,0	2,1
25	*Marlierea silvatica*		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,60	1,39	2,9	2,1
26	*Clusia sturdatiana*	Mata-pau	4	10,0	0,90	7,5	0,9	0,49	1,14	2,9	2,0
27	*Pseudopiptadenia schumaniana*		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,57	1,31	2,9	2,0
28	*Coccoloba* sp,1		3	7,5	0,67	5,0	0,6	0,65	1,50	2,8	2,2
29	*Guapira opposita*	Carne-de-vaca	1	2,5	0,22	2,5	0,3	0,96	2,22	2,7	2,4
30	*Alchornea triplinervia*	Folha-de-bolo	4	10,0	0,90	7,5	0,9	0,42	0,97	2,7	1,9
31	*Trichilia lepidota*	Camboatá	6	15,0	1,35	5,0	0,6	0,33	0,77	2,7	2,1
32	*Pouteria caimito*	Bapeba	2	5,0	0,45	5,0	0,6	0,72	1,66	2,7	2,1
33	*Brosimum* sp,2		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,43	1,00	2,5	1,7
34	*Eugenia* sp,1	Araçá	4	10,0	0,90	10,0	1,2	0,20	0,47	2,5	1,4
35	*Clusia lanceolata*		3	7,5	0,67	5,0	0,6	0,55	1,28	2,5	1,9
36	*Cabralea cangerana*	Cangerana-cedro	4	10,0	0,90	10,0	1,2	0,19	0,43	2,5	1,3
37	*Calyptranthes lucida*		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,39	0,89	2,4	1,6
38	*Pimenta pseudocaryophyllus*	Araçá	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,35	0,80	2,3	1,5
39	*Ocotea silvestris*	Canela	3	7,5	0,67	5,0	0,6	0,44	1,03	2,3	1,7
40	*Psychotria pubigera*		2	5,0	0,45	5,0	0,6	0,53	1,23	2,3	1,7
41	*Mollinedia salicifolia*	Trançadinho-branco	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,28	0,64	2,2	1,3
42	*Posoqueria acutifolia*		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,25	0,58	2,1	1,3
43	*Myrceugenia* sp,1		3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,25	0,57	2,1	1,2
44	*Duguetia salicifolia*	Imbiú-pimenta	3	7,5	0,67	5,0	0,6	0,36	0,84	2,1	1,5
45	*Ilex paraguariensis*	Erva-mate	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,18	0,42	2,0	1,1
46	*Vochysia* sp,1	Murici	2	5,0	0,45	5,0	0,6	0,40	0,92	1,9	1,4
47	*Prunus myrtifolia*	Pessegueiro	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,15	0,35	1,9	1,0
48	*Eugenia curvatopetiolata*	Araçá	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,12	0,28	1,8	1,0
49	*Myrocarpus frondosus*	Caboraíba	2	5,0	0,45	5,0	0,6	0,32	0,73	1,8	1,2
50	*Myrciaria floribunda*	Goiabeira	3	7,5	0,67	7,5	0,9	0,09	0,21	1,8	0,9

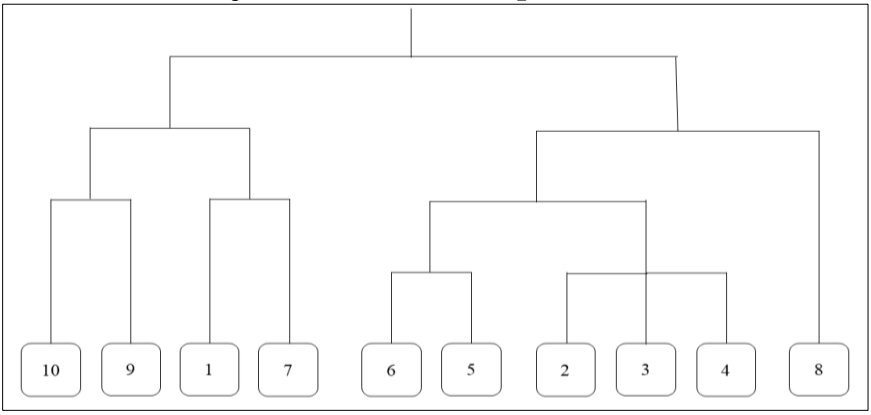
Fonte: Elaboração própria.

Nota: N ind: Número de indivíduos; D Ab: densidade absoluta; D Rel: densidade relativa; F Ab: frequência absoluta; F Rel: frequência relativa; C Ab: cobertura absoluta; C Rel: cobertura relativa; VI: valor de importância; VC: valor de cobertura.

Relação Floresta-Ambiente

O resultado da primeira divisão da classificação numérica TWINSPAN das parcelas, (autovalor 0,88) apresentado na Figura 3, revelou a existência de dois grupos distintos, com as parcelas 1, 7, 9 e 10 em um grupo e as parcelas 2, 3, 4, 5, 6 e 8 no outro. A segunda divisão (autovalor 0,76) subdividiu o primeiro grupo (parcelas 1 e 7 e parcelas 9 e 10), segregando a parcela 8 das demais parcelas no outro grupo. Uma terceira divisão do grupo à direita do diagrama separa as parcelas 5 e 6 das demais. Esse resultado indica a ocorrência de pelo menos dois tipos distintos de comunidades florestais, com o primeiro grupo possuindo em comum a localização na porção média a superior das encostas e, com exceção da parcela 7, altitude acima de 1300 m, além da ausência de *E. edulis*, a espécies com maior VI na análise estrutural geral.

Figura 3 - Dendrograma da classificação TWINSPAN das parcelas florestais

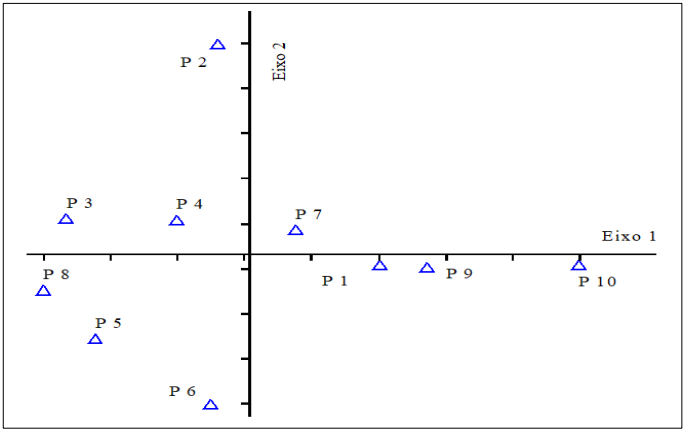


Fonte: Elaboração própria.

Nota: A primeira divisão evidência a ocorrência de dois grupos principais, relacionados à altitude e relevo, com as divisões seguintes associadas à perturbação (parcela 8), ambientes ripários (5 e 6) e de meia-encosta (2, 3 e 4).

O segundo grupo aparenta ser mais heterogêneo. A parcela 8 estava localizada em área com sinais visíveis de perturbações passadas, como poucas epífitas, maior penetração de luz e ocorrência de espécies pioneiras ou secundárias iniciais. A divisão seguinte segregou as parcelas localização em terraço aluvial de baixa declividade (5) e fundo de vale (6) das localizadas em meia encosta (2, 3 e 4), o que sugere uma diferenciação entre florestas em ambientes ripários e de encostas, provavelmente relacionada a fatores como profundidade, textura, drenagem e teor de nutrientes dos solos.

Gráfico 2 - Ordenação indireta ACD (eixos 1 x 2)



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Ordenação indireta ACD (eixos 1 x 2), mostrando dois grupos principais (parcelas 1, 7, 9, 10 à direita, as demais à esquerda) ao longo do eixo 1, aparentemente relacionado a um gradiente altitudinal.

O resultado da ordenação ACD parece confirmar a classificação TWINSPAN, com o primeiro eixo do diagrama aparentemente associado a um gradiente altitudinal, com as parcelas com maior altitude distribuídas no lado direito. As demais parcelas,

localizadas no lado esquerdo, apresentaram um padrão mais irregular, ligado à sua posição no eixo 2, o que por sua vez pode estar relacionado a um gradiente de umidade, com as parcelas de menor altitude ou na porção inferior da encosta (5 e 6) localizadas na parte inferior diagrama, opostas às parcelas de meia encosta e média altitude (Gráfico 2).

A Tabela 3 apresenta um sumário de dados estruturais e geoambientais de todas as parcelas. Com relação ao ambiente físico, a declividade variou entre 10-45°, e a altitude entre 950-1520 m., com as parcelas distribuídas ao longo de um gradiente de relevo variando de terraço aluvial ou baixa encosta, a média e alta encosta. Com relação ao aspecto, a maioria das parcelas foram estabelecidas em encostas voltadas para NO (4), seguidas por NE e S (2 cada).

Os resultados das análises de solo revelaram um padrão comum de pH extremamente baixo (3,6-4,0), níveis baixos a médios de Al (1,6-4,1 mE/100g) e Ca+Mg (0,3-0,6 mE/100g). O teor de C variou entre 2,47-4,48%. Considerando-se somente as amostras em floresta natural, o valor máximo de C foi de 4,07%. A distribuição nas classes texturais variou entre argila (6-26%), silte (12-48%), areia fina (1-15%), e areia (21-72%). Considerando-se todas as amostras, a parcela EI, localizada em um antigo plantio de *Eucaliptus* sp. com sub-bosque de espécies nativas, apresentou valores mais altos de P, CTC e %C, enquanto a parcela 6 apresentou a mais alta proporção de areia grossa (82%). De modo geral, esses resultados indicam uma semelhança com os solos de outras florestas montanas (CUNHA *et al.*, 2009; ROMAN *et al.*, 2010).

A ordenação ACP revelou a existência de uma alta correlação entre %C e níveis de Ca+Mg (r^2 = 0,9). Os níveis de Al foram responsáveis por grande parte da variação nas propriedades dos solos (39,5%, autovalor de 5,13), vindo a seguir %C (18%, 2,34), Ca+Mg (13,9%, 1,81), CTC (9,8%, 1,27), argila (7,3%, 0,95), areia fina

(4,1%, 0,53) e H+Al (3,4%, 0,44), com o conjunto dessas variáveis correspondendo a 96,1% da variância total.

Tabela 3 - Parâmetros estruturais (riqueza) e geoambientais das parcelas florestais na REMC

Parâmetros Estruturais e Geoambientais	Floresta Nativa										Plantio de Eucalipto	
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	EI	EII
Altitude	1300	1040	1020	950	1150	1020	1150	1080	1200	1520	1130	1100
Posição	MdTp	MdTp	Md	MdBx	Te	TeBx	MdTp	Md	Md	MdTp	Md	Md
Exposição	S	NO	O	S	SE	NO	NE	NO	NE	NO	NO	N
Declividade	30	30	20	40	10	10	30	20	40	20	30	45
N. espécies[1]	31	22	20	24	27	30	28	24	29	23	1	1
pH	-	3.6	3.6	3.9	3.9	3.7	3.7	3.7	4.0	3.8	4.0	3.7
Al	-	1.6	2.1	1.5	1.6	1.8	1.8	4.1	1.9	1.7	2.5	2.0
Ca+Mg	-	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3
H+Al	-	13.5	10.9	8.4	11.4	13.5	13.5	12.9	13.5	14.7	15.7	11.2
Na	-	0.078	0.052	0.061	0.078	0.039	0.070	0.022	0.039	0.030	0.078	0.039
K	-	0.220	0.240	0.159	0.159	0.159	0.179	0.220	0.240	0.189	0.320	0.240
P	-	3	2	2	2	2	4	5	2	4	8	4
CTC	-	11.4	11.69	8.92	11.94	12.24	14.15	13.64	14.28	15.52	16.4	11.78
C	-	3.9	2.81	2.47	3.72	3.13	3.28	3.38	3.8	4.07	4.48	2.83
Areia	-	21	42	46	50	72	38	40	47	55	40	50
Areia Fina	-	7	12	15	1	10	14	12	12	13	11	9
Silte	-	48	24	23	27	12	28	22	25	18	23	19
Argila	-	24	22	16	22	6	20	26	16	14	26	22

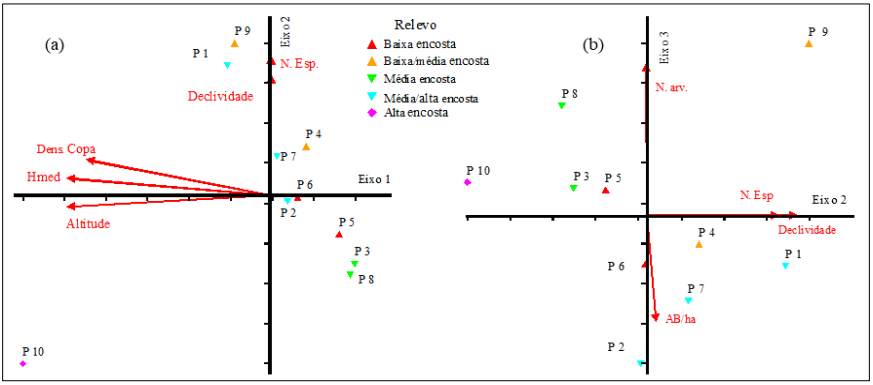
Fonte: Elaboração própria.

Nota: posição na encosta: Bx – baixa, Md - média, Te – terraço, Tp – topo; declividade em graus; altitude, e altura em m; AB em m2. Valores de elementos químicos em mE/100g, exceto P (ppm), C e textura (%). *Os dados de solos da parcela 1 não estão disponíveis. 1 os demais dados estruturais utilizados nas análises ACP e ACC estão na Tabela 1.

Foi realizada uma segunda análise ACP incluindo um conjunto de dados estruturais e geoambientais (Tabelas 1 e 3). Os primeiros três eixos da ordenação apresentaram autovalores de 6,67, 4,49 e 2,84 respectivamente, contribuindo para 65,7% da variância total. O diagrama mostrou alguma semelhança com o eixo 1 da ordenação ACD, indicando uma relação semelhante, estrutural-florística e geoambiental, entre as parcelas. O eixo 2 aparentou estar relacionado ao pH do solo, com o eixo 3 negativamente

correlacionado com os níveis de Al. Encontrou-se altos coeficientes de correlação entre altitude e Al (-0,96), riqueza e %C (0,96), área basal e K (0,93), e entre o teor de argila e declividade (0,94), posição no relevo (0,92) e %C (0,91), o que sugere uma forte influência da altitude e do relevo nas variáveis estruturais da floresta e em alguns parâmetros dos solos.

Gráfico 3 - Diagrama da ordenação ACC de parcelas florestais e variáveis geoambientais, eixos 1x2 (a) e 2x3 (b)



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Cores indicam a posição na encosta. Parcelas no lado direito apresentam relação negativa com altitude, densidade do dossel e altura (eixo 1), e na parte superior positiva com declividade e riqueza (eixo 2); o segundo diagrama (b) mostra a relação negativa entre densidade e área basal (eixo 3).

Os resultados da ordenação ACC são apresentados nos Gráficos 3 e 4 (diagramas), e na Tabela 5 (coeficientes de correlação). O diagrama do Gráfico 3a mostra a ocorrência de uma correlação negativa entre altitude e o primeiro eixo (r = -0,88), com todas as parcelas localizadas acima de 1150m situadas em um lado do diagrama, o mesmo ocorrendo com os parâmetros altura total (r = -0,74) e do dossel (r = -0,61). Declividade (r = 0,64) e riqueza (r = 0,66) mostraram uma correlação positiva com o eixo 2. Em relação

ao relevo, o diagrama mostra as parcelas localizadas nas encostas baixas geralmente nos lados direito e inferior, e as de meia-alta encosta no lado esquerdo e superior do diagrama. Já o eixo 3 (Gráfico 3b) mostra a ocorrência de uma correlação positiva com a densidade (r = 0,78), e negativa com a área basal (r = -0,55), indicadora de biomassa, realçando novamente um padrão relacionado à posição das parcelas na encosta.

Tabela 5 - Correlações de Pearson e Kendall

Eixo	1			2			3		
	R	R^2	tau	R	R^2	tau	R	R^2	tau
Altitude	-0,882	0,777	-0,659	-0,202	0,041	-0,023	0,215	0,046	0,159
Declividade	-0,118	0,014	-0,221	0,639	0,408	0,515	0,022	0,000	-0,025
Hmed	-0,735	0,541	-0,689	0,207	0,043	0,289	0,010	0,000	-0,067
Dossel	-0,609	0,371	-0,556	0,271	0,073	0,422	0,091	0,008	-0,022
AB/ha	0,105	0,372	0,022	0,171	0,029	0,022	-0,550	0,302	-0,422
N. espécies	-0,060	0,373	-0,360	0,660	0,436	0,494	0,029	0,001	-0,090
N. indivíduos	0,175	0,374	0,135	0,066	0,004	0,000	0,784	0,614	0,405
Ca+Mg	-0,168	0,376	-0,072	-0,558	0,312	-0,454	0,187	0,035	0,215
H+Al	-0,087	0,377	-0,276	-0,510	0,260	-0,276	0,212	0,045	0,184
P	-0,119	0,379	0,000	-0,681	0,464	-0,511	0,228	0,052	0,153
CTC	-0,117	0,380	-0,200	-0,528	0,279	-0,289	0,369	0,136	0,422
%C	-0,095	0,381	-0,244	-0,499	0,249	-0,333	0,237	0,056	0,200

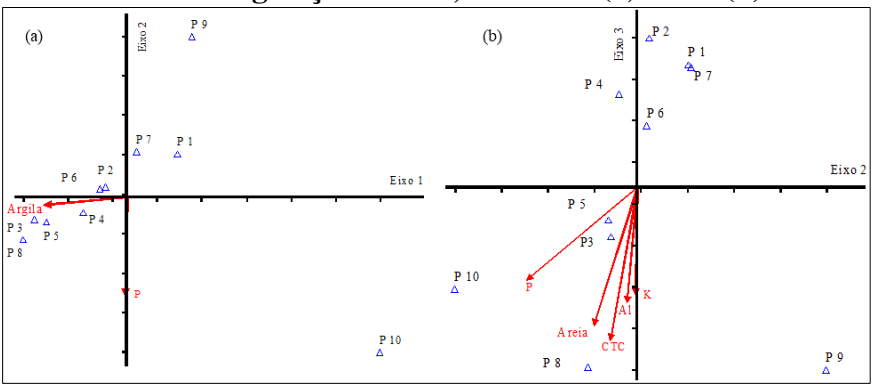
Fonte: Elaboração própria.

Nota: Entre as variáveis estruturais/ambientais e os três principais eixos da ordenação ACC (N=10), com R > 0,5.

O diagrama do Gráfico 4a (eixos 1x2) mostra as parcelas 1, 7, 9 e 10 associadas a baixos teores de argila. Já com relação ao eixo 2, o diagrama do Gráfico 4b ressaltou a existência de correlação negativa com teores de P (R = - 0.68), com a parcela 10 isolando-se das demais, seguida, em menor grau, pelas parcelas 8, 5, 3 e 4. A posição das parcelas 1, 2, 6, 7 e 9 ao longo deste eixo aparenta indicar um gradiente de umidade, possivelmente relacionado à localização geográfica na porção Sul da REMC. O diagrama ressalta também

uma correlação negativa do eixo 3 com os níveis de P, Ca+Mg, H+Al e CTC, com as parcelas 1, 2, 6 e 7 localizadas em oposição a estes parâmetros, indicadores de fertilidade do solo.

Gráfico 4 - Diagrama da ordenação ACC de vegetação x solos, eixos 1x2 (a) e 2x3 (b)



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Diagrama da ordenação ACC de vegetação x solos, eixos 1x2 (a) e 2x3 (b), mostrando uma relação positiva entre parcelas no lado esquerdo e o teor de argila (eixo 1), e uma relação negativa entre parcelas na parte superior e níveis de P (eixo 2), e entre Al, K, CTC, areia e, em menor grau, P (eixo 3).

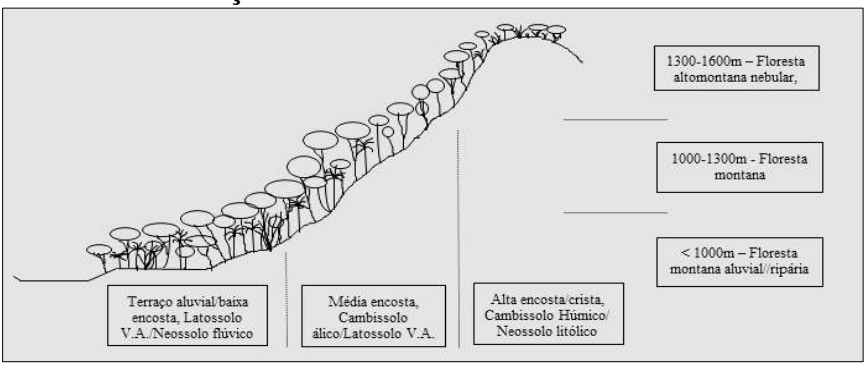
Os resultados das ordenações ACP, ACD e ACC apresentaram semelhanças entre si e com a classificação TWINSPAN, indicando que as variações na estrutura e composição da floresta, assim como as condições de sítio, estão fortemente relacionadas à altitude e a duas características associadas ao relevo, posição na encosta e declividade. A área basal, um indicador da biomassa arbórea, apresentou uma alta correlação com valores de K, Al e com a textura do solo. Valores mais baixos de biomassa podem estar relacionados também a impactos de perturbações naturais ou antrópicas, não detectados nas análises.

Considerando-se os resultados de todas as análises, as parcelas podem ser classificadas em quatro grupos. O primeiro está relacionado com a formação floresta montana, representado pelas parcelas 2, 3 e 4, localizadas na meia encosta. As parcelas 5 e 6 representam um habitat mais especializado desta formação (floresta ripária), caracterizado pela influência da drenagem. A parcela 8 também pertence à formação montana, mas apresenta fortes indícios (alta densidade, presença de espécies pioneiras e secundárias iniciais, distribuição de classes de Dap) de perturbações antrópicas, podendo ser classificada como floresta secundária em estágio médio de regeneração. As parcelas restantes correspondem a uma transição (parcela 7) entre as formações montana e altomontana, ou a esta segunda formação (parcelas 1, 9 e 10). Essas três parcelas apresentaram valores altos de riqueza e área basal, o que pode estar associado, além dos fatores ambientais locais, ao maior grau de conservação, tendo em vista localizarem-se em locais de difícil acesso, distantes das áreas de ocupação humana.

A constatação da ocorrência de variação fisionômica e florística associada à altitude e posição no relevo confirma resultados de estudos em outras áreas de floresta montana e altomontana (RODRIGUES; SHEPHERD, 1992; CARVALHO *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2006; NETTESHEIM *et al.*, 2010; BERTONCELLO, 2011; SANCHEZ *et al.*, 2013). Wesemberg e Seele (2009) também observaram no PARNA Serra dos Órgãos a ocorrência de uma área de transição entre as formações montana e altomontana, com fisionomia semelhante à primeira, mas com estrutura e composição florística associada à segunda, correspondendo às áreas acima de 1200 m na REMC. Pereira *et al.* (2006) apontam ainda para a singularidade das florestas ripárias ou aluviais (VELOSO *et al.*, 1991), mesmo em áreas de floresta montana/altomontana, realçando a influência de umidade e drenagem na diferenciação florística e estrutural (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 1994ab; CARVALHO *et al.*, 2005). MANTOVANI *et*

al. (1990), em estudo realizado no trecho paulista da Serra do Mar, propuseram uma subdivisão da formação montana em três setores, conforme a posição no relevo (vale/baixa encosta, média encosta e topo/crista), modelo que pode ser aplicado para a floresta na REMC (Figura 4) e em outras áreas da APAMC.

Figura 4 - Perfil idealizado da relação floresta-solo-relevo na REMC



Fonte: Elaboração própria.

Esses resultados permitem caracterizar as florestas da REMC como pertencentes a duas ou três formações florestais distintas, conforme o sistema de classificação adotado. O tipo predominante de vegetação na REMC é a Floresta Ombrófila Densa montana (VELOSO *et al.*, 1991), Subtropical ínfero/superomontana (OLIVEIRA-FILHO, 2009) ou Baixo-serrana (OLIVEIRA-FILHO, 2015), cobrindo as encostas de 900 até 1300 m de altitude. É caracterizada por um dossel perene fechado e irregular, com altura média de 25-35 m, uma biomassa considerável, com alta densidade de árvore de pequena a média estatura, e uma alta densidade e diversidade de epífitas. Já a floresta altomontana (VELOSO *et al.*, 1991), Subtropical supero-montana (OLIVEIRA-FILHO, 2009) ou

alto-serrana (OLIVEIRA-FILHO, 2015), ocorre na porção superior das encostas e nas cristas, em áreas restritas acima de 1300 m. Esta formação possui uma estatura média relativamente menor (10-20 m), sendo caracterizada por árvores pequenas com fuste irregular coberto por musgos, folhas pequenas, e grande abundância de bromélias e outras epífitas. A transição fisionômica entre as formações geralmente é gradual, com exceção das cristas, caracterizadas por uma fisionomia mais baixa e solos ricos em matéria orgânica.

Mapeamento da Vegetação e do Uso da Terra

A região de Macaé de Cima é coberta em grande parte por floresta densa primária ou madura (crescimento antigo). Apesar das pressões e impactos ocasionados pela ocupação humana, aparentemente ocorreu um aumento na cobertura florestal nas últimas décadas, processo que pode ser explicado pelo gradual abandono de áreas de cultivo agrícola e de pastagens.

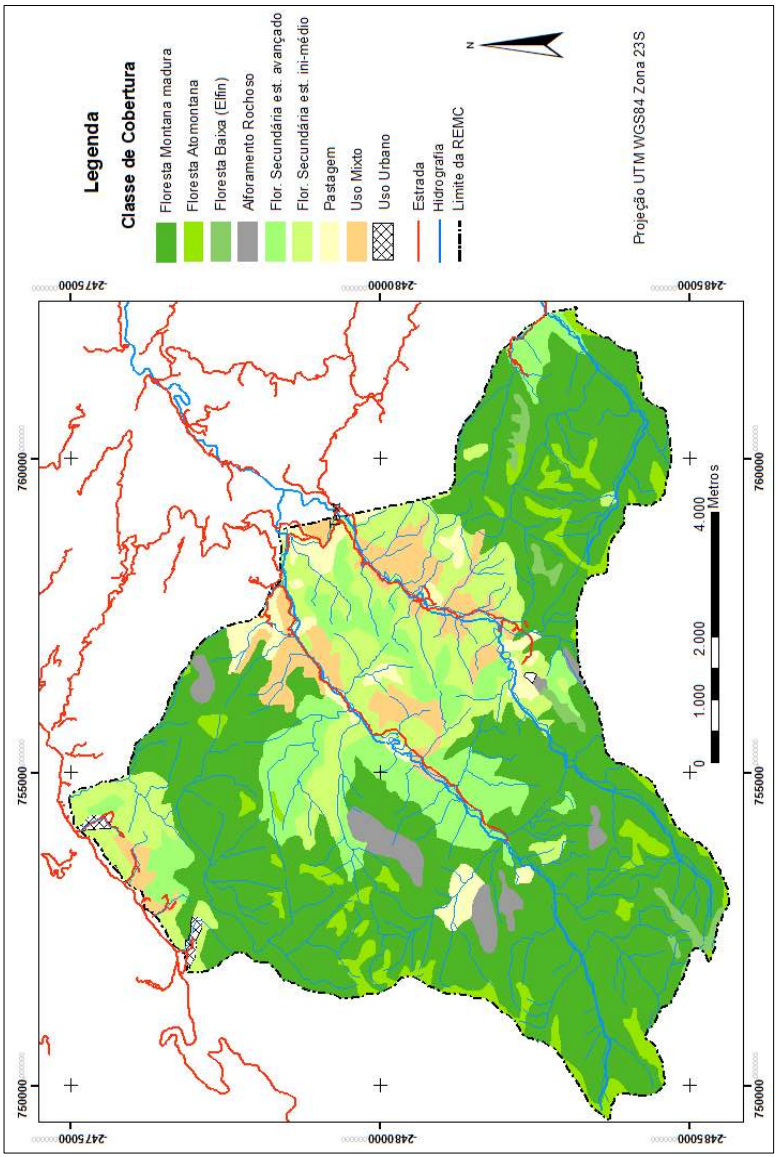
O mapa resultante da interpretação de fotografia aéreas P&B mostra a situação da REMC em 1976 (Figura 5). A maior parte da REMC estava coberta pela floresta montana madura, com uma área total de 3.846 ha, vindo a seguir a floresta secundária baixa (estágio inicial a médio de regeneração) com 921 ha, e a floresta secundária alta (estágio médio a avançado) com 807 ha. A classe de uso misto (426 ha) se refere a pequenas áreas de pastagens e cultivos agrícolas, associadas a florestas secundárias, parte das quais provavelmente destinadas como áreas de pousio, prática agrícola tradicional na região. Pastagens maiores cobriam um total de 264 ha. A floresta altomontana, com 350 ha, mostrou um padrão espacial fragmentado, com várias manchas pequenas (média de 10,6 ha) localizadas nas cristas e topos das montanhas, mais conectadas nas margens Oeste e

Sul da REMC, ao longo do divisor da bacia. Algumas áreas de floresta altomontana foram classificadas como floresta baixa (82 ha), por apresentarem uma fisionomia distinta, com um dossel mais baixo, contínuo e uniforme. Os afloramentos rochosos ocorrem numa área considerável (159 ha), parcialmente cobertos por vegetação rupestre herbácea esparsa, com abundância de Bromeliaceae e outras plantas rupícolas.

Fatores como acesso e declividade tem um papel importante, onde terrenos planos e de baixa declividade tem maior probabilidade de serem desmatados ou perturbados. Consequentemente, as áreas antrópicas e as florestas secundárias nos estágios iniciais de regeneração ficaram concentradas ao longo das estradas de acesso, paralelas aos Rios Macaé e das Flores, e nas encostas baixas. Já as áreas das cabeceiras das três sub-bacias aparecem em estado melhor de conservação.

Outro fator relevante é o aspecto, mais aparente na classificação de imagem Landsat de 1996 (BOHRER, 1998), com a maior parte do uso agropecuário localizado nas encostas voltadas para N-NE, que recebem maior radiação solar do que as voltadas para o Sul, especialmente durante o inverno, fator importante numa região com clima relativamente úmido e frio. Este padrão reflete uma tendência regional, com um aumento do uso agrícola das áreas mais úmidas e frias voltadas para o Sul em direção às áreas mais quentes e secas mais ao Norte, numa transição para as áreas originalmente cobertas por florestas semidecíduas, na bacia do Rio Paraíba do Sul (URURAHY *et al.*, 1983). Assim, de modo geral as áreas de encostas voltadas para o Sul, ao longo da crista da Serra dos Órgãos e de maior altitude nas cabeceiras do rio Macaé e afluentes, aparentam estar mais bem conservadas.

Figura 5 - Mapa de cobertura vegetal e uso da terra da REMC, referente ao ano de 1976



Fonte: Elaboração própria.

Um importante aspecto adicional, que pode estar associado à baixa intensidade atual do uso agrícola na área da REMC, é a alta acidez e os baixos teores de nutrientes dos solos. Entretanto, mapas de solos indicam a ocorrência de solos relativamente mais férteis na porção N-NE da REMC (EMBRAPA, 1992; RADAMBRASIL, 1983), o que se reflete na maior intensidade de uso agrícola da terra nessas e em outras áreas da APAMC (INEA, 2014). De modo geral, o mapeamento mostrou que o uso agropecuário e as florestas secundárias de porte variável cobriam porções significativas da REMC em 1976, padrão que vem mudando desde então, com o aumento da cobertura florestal ocasionado pelo abandono de terrenos agrícolas e a consequente regeneração florestal (CHAZDON, 2016), como constatado também em outras áreas da região serrana do estado (BOHRER, 2003; REZENDE *et al.*, 2015), associado a fatores como o aumento do custo de produção e decréscimo da população rural, resultado da emigração para áreas urbanas e de mudanças na política e gestão ambiental governamental e de atitude de alguns proprietários rurais em relação ao ambiente natural.

CONCLUSÃO

Os resultados das análises dos dados florísticos quantitativos e ambientais levantados na área da REMC suportam a hipótese inicial de um mosaico local de vegetação composto por diferentes comunidades vegetais, que podem ser relacionadas a características dos sítios e representadas pela posição no relevo e altitude. Os padrões revelados podem ser utilizados no estabelecimento de um modelo conceitual sobre as relações entre a floresta de Macaé de Cima e o ambiente físico local. O estudo das relações entre a floresta montana e o ambiente físico local, preenche algumas lacunas no

conhecimento atual do ecossistema Floresta Atlântica. Fornece ainda informações que podem auxiliar o manejo e conservação das florestas montanas do estado, e da APAMC em particular.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. "Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios". *In*: MORELLATO, L. P. C. (org.). **História Natural da Serra do Japi**: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil. Campinas: UNICAMP/FAPESP, 1992.

ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. "Dinâmica climática e biogeográfica do Brasil no Último Máximo Glacial: o estado da arte". **Estudos Avançados**, vol. 34, n. 98, 2020.

BERTONCELLO, R.; YAMAMOTO, K.; MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J. "A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil". **Biodiversity Conservation**, vol. 20, n. 2011.

BIGARELLA, J. J. "Physical landscape features". *In*: CÂMARA, I. G. (org.). **Mata Atlântica – Atlantic Rain Forest**. São Paulo: Editora Index-Fund; SOS Mata Atlântica-Fund; Banco do Brasil, 1991.

BOHRER, C. B. A. "Evolução da cobertura de florestas e vegetação secundária no estado do Rio de Janeiro - Mapas IBGE/DSG - 1965/1975 e Mapa CIDE – 2001". *In:* PERES, W. R. (ed.). **Índice de Qualidade dos Municípios - Verde II**. Rio de Janeiro: Fundação CIDE, 2003.

BOHRER, C. B. A. **Ecology and biogeography of an Atlantic montane forest in Southeastern Brazil (PhD thesis in Geography)**. Edinburgh: The University of Edinburgh, 1998.

BROWN JR, K. S.; AB'SÁBER, A. N. "Ice-age forest refuges and evolution in the Neotropics: correlation of paleoclimotological, geomorphological and pedological data with modern biological endemismo". **Paleoclimas**, vol. 5, 1979.

BRUIJNZEEL, L. A. "Nutrient cycling in moist tropical forests: the hydrological framework". *In*: PROCTOR, J. (ed.). **Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1989.

BRUIJNZEEL, L. A.; PROCTOR, J. "Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know?". *In*: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. (eds.). **Tropical Montane Forests – Proceedings of an International Symposium**. San Juan: East-West Center/UNESCO/USFS-IITF, 1993.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VAN DER BERG, E.; FONTES, M. A. L.; VILELA, E. A.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, W. A. C. "Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil". **Acta Botanica Brasilica**, vol. 19, n. 1, 2005.

CHAZDON, R. L. **Renascimento de florestas**: regeneração na era dos desmatamentos. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2016.

CLARK, K. L.; LAWTON, R. O.; BUTLER, P. R. "The physical environment". *In*: NADKARNI, N. M.; WHEELWRIGHT, N. T.

(eds.). **Monteverde**: ecology and conservation of a tropical cloud forest. Oxford: Oxford University Press, 2000.

CLARK, K. L.; NADKARNI, N. M.; GHOLZ, H. L. "Growth, net production, litter decomposition, and net nitrogen accumulation by epiphytic bryophytes in a tropical montane forest". **Biotropica**, vol. 30, n. 1, 1998a.

CLARK, K. L.; NADKARNI, N. M.; SCHAEFER, D.; GHOLZ, H. L. "Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica". **Journal of Tropical Ecology**, vol. 14, n. 1, 1998b.

CORTINES, E. **Influência da interceptação horizontal na determinação de zonas de umidade em vertentes a sotavento da Serra do Mar, RJ** (Tese de Doutorado em Ciências Florestais e Ambientais). Seropédica: UFRRJ, 2012.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. "Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região Norte do Estado do Rio de Janeiro". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 33, n. 5, 2009.

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Banco de Dados Hidrometeorológicos**. Brasília: DNAEE, 1995.

EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. "Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic forests of Southeastern Brazil". **Biotropica**, vol. 47, n. 6, 2015.

EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. "Tree species composition in areas of Atlantic Forest in southeastern Brazil is

consistent with a new system for classifying the vegetation of South America". **Acta Botanica Brasilica**, vol. 28, n. 2, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro - Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade, escala 1:250.000**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1992.

FALKENBERG, D. B.; VOLTOLINI, J. C. "The Montane Cloud forest in southern Brazil". *In*: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. (eds.). **Tropical Montane Cloud Forest**. New York: Springer-Verlag, 1995.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S.; MACHADO, E. L. M. "Análise multivariada: princípios e métodos em estudo de vegetação". *In*: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L.; NETO, J. A. A. M. (eds.). **Fitossociologia no Brasil**: métodos e estudos de caso, vol. 1. Viçosa: Editora da UFV, 2011.

FIDERJ - Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. **Indicadores climatológicos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FIDERJ, 1978.

FONTES, M. A. **Análise da composição florística das florestas nebulares do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais** (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais). Lavras: UFLA, 1997.

FRANÇA, G. S.; STEHMANN, J. R. "Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil". **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 27, n. 1, 2004.

FRANKLIN, J. "Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradientes". **Progress in Physical Geography**, vol. 19, n. 4, 1995.

GRUBB, P. J. "Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains, with special reference to mineral nutrition". **Annual Review of Ecology and Systematics**, vol. 8, 1977.

GUEDES-BRUNI, R. R.; PESSOA, S. V. A.; KURTZ, B. C. "Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho preservado de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima". *In*: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.). **Serra de Macaé de Cima**: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: JBRJ, 1997.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul** - ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Editoras da UnB-Ed e Polígono, 1972.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Inventário Florestal Nacional** - **Florestas Nativas**: Rio de Janeiro e Espírito Santo. Brasília: IBDF, 1984.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **APA Estadual de Macaé de Cima**: plano de manejo - informações sintetizadas da UC. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Parque Estadual dos Três Picos**: plano de manejo. Rio de Janeiro: INEA, 2013.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis** - A practical approach. New York: John Wiley & Sons, 1992.

KENT, M.; GILL, W. J.; WEAVER, R. E.; ARMITAGE, R. P. "Landscape and plant community boundaries in biogeography". **Progress in Physical Geography**, vol. 21, n. 3, 1997.

KUNKEL, G. **Geography through botany**. The Hague: SPB Academic, 1990.

LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H. **Biogeochemistry of a forested ecosystem**. New York: Springer-Verlag, 1995.

LIMA, B. C.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. A. "Deslizamentos e fragmentação florestal na região serrana do estado do Rio de Janeiro". **Ciência Florestal**, vol. 27, n. 4, 2017.

LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. **Serra de Macaé de Cima**: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: JBRJ, 1997.

LIMA, M. P. M.; GUEDES-BRUNI, R. R. **Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo - RJ**: aspectos florísticos de espécies vasculares, vol. 1. Rio de Janeiro: JBRJ, 1994.

LIMA, M. P. M.; GUEDES-BRUNI, R. R. **Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo - RJ**: aspectos florísticos de espécies vasculares, vol. 2. Rio de Janeiro: JBRJ, 1996.

MANTOVANI, W.; RODRIGUES, R. R.; ROSSI, L.; ROMANIUC-NETO, S.; CATHARINO, E. L. M.; CORDEIRO, I. "A vegetação da Serra do Mar em Salesópolis, SP". **Anais do 2º Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira**, vol. 1. Águas de Lindóia: ACIESP, 1990.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 3.0**. Gleneden Beach: MjM Software Design, 1997.

MILLER, D.; WARREN, R.; MILLER, I. M.; SEEHAWER, H. **Serra dos Órgãos** – sua história e suas orquídeas. Nova Friburgo: David Miller, 2006.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. London: John Wiley & Sons, 1974.

NETTESHEIM, F. B.; MENEZES, L. F. T.; CARVALHO, D. C.; CONDE, M. S.; ARAUJO, D. S. D. "Influence of environmental variation on Atlantic Forest tree-shrub-layer phytogeography in southeast Brazil". **Acta Botanica Brasilica**, vol. 24, n. 2, 2010.

NICOULIN, M. **A Gênese de Nova Friburgo** – emigração e colonização Suíça no Brasil 1817-1827. Rio de Janeiro: Fundaçao Biblioteca Nacional,1996.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. "Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema – prático e flexível – ou uma injeção a mais de caos?". **Rodriguésia**, vol. 60, n. 2, 2009.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. "Um sistema de classificação fisionômico-ecológico da vegetação Neotropical: segunda aproximação". *In*: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. A. A. M. **Fitossociologia no Brasil**: métodos e estudos de caso, vol. 2. Viçosa: Editora da UFV, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; EISENLOHR, P. V.; NEVES, D. N. "Delving into the variations in

tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests". **Journal of Plant Ecology**, vol. 8, n. 3, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. "Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate". **Biotropica**, vol. 32, n. 4, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; TAMEIRÃO-NETO, E.; CARVALHO, W. A. C.; WERNECK, M.; BRINA, A. E.; VIDAL, C.; REZENDE, S. C.; PEREIRA, J. A. A. "Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de floresta Atlântica *sensu lato* na região das bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio De Janeiro)". **Rodriguésia**, vol. 56, n. 87, 2005.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. "Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest Southeastern Brazil". **Flora**, vol. 189, n. 4, 1994a

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A.; GAVILANES, M. L. "Effect of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in Southeastern Brazil". **Journal of Tropical Ecology**, vol. 10, n. 4, 1994b.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E. "The Global 200: a representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions". **Conservation Biology**, vol. 12, n. 3, 1998.

PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTELHO, S. A., CARVALHO, W. A. C.; FONTES, M. A. L.; SCHIAVINI, I.; SILVA, A. F. "Composição florística do compartimento arbóreo de

cinco remanescentes florestais do maciço de Itatiaia, Minas Gerais e Rio de Janeiro". **Rodriguésia**, vol. 57, n. 1, 2006.

PESSOA, S. V. A.; GUEDES-BRUNI, R. R.; KURTZ, B. C. "Composição florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho secundário de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima". *In*: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. (eds.). **Serra de Macaé de Cima**: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica. Rio de Janeiro: JBRJ, 1997.

POMPEU, P. V.; FONTES, M. A. L.; SANTOS, R. M.; GARCIA, P. O.; BATISTA, T. A.; CARVALHO, W. A. C.; OLIVEIRA FILHO, A. T. "Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira mountain range of Brazil". **Acta Botanica Brasilica**, vol. 28, n. 3, 2014.

POR, F. D. **Sooretama, the Atlantic Rain Forest of Brazil**. The Hague: SPB Academic, 1992.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais, 32**. Folha S.F. 23/24 - Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: Projeto Radambrasil - MME-SG, 1983.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. "From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest". **Perspectives in Ecology and Conservation**, vol. 16, n. 4, 2018.

REZENDE, C. L.; UEZU, A.; SCARANO, F. R.; ARAUJO, D. SUE D. "Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale". **Biodiversity Conservation**, vol. 24, 2015.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. "The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation". **Biological Conservation**, vol. 142, n. 6, 2009.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. "Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação e características edáficas, num gradiente altitudinal na Serra do Japi, Jundiaí, SP". *In*: MORELLATO, L. P. C. (org.). **História Natural da Serra do Japi**: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil. Campinas: Editora da UNICAMP/FAPESP, 1992.

ROMAN, L.; SCATENA, F. N.; BRUIJNZEEL, L. A. "Global and local variations in tropical montane cloud forest soils". *In*: BRUIJNZEEL, L. A.; SCATENA, F. N.; HAMILTON, L. S. (eds.). **Tropical Montane Cloud Forests**: science for conservation and management. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. "Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude". **Flora**, vol. 208, 2013.

SANCHEZ, P. A. "Soils". *In*: LIETH, H.; WERGER, M. J. A. (eds.). **Tropical Rain Forest Ecosystems** - Biogeographical and Ecological Studies. Ecosystems of the World 14B. Amsterdam: Elsevier, 1989.

SCATENA, F. N.; BRUIJNZEEL, L. A.; BUBB, P.; DAS, S. "Setting the stage". *In*: BRUIJNZEEL, L. A.; SCATENA, F. N.; HAMILTON, L. S. (eds.). **Tropical Montane Cloud Forests**:

science for conservation and management. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

SCHAWE, M.; GEROLD, G.; BACH, K.; GRADSTEIN, S. R. "Hydrometeorological pattern in relation to montane forest types along an elevational gradient in the Yungas of Bolívia". *In*: BRUIJNZEEL, L. A.; SCATENA, F.N.; HAMILTON, L. S. (eds.). **Tropical Montane Cloud Forests**: science for conservation and management. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

SCHNELL, R. **La Flore et la Végétation de L'Amérique Tropicale**, II Tomes. Paris: Masson, 1987.

STADTMULLER, T. **Cloud Forests in the Humid Tropics** - A Bibliographic Review. Turrialba: UNV-CATIE, 1987.

STRONG JR., D. R. "Epiphyte loads, tree falls and perennial disruption: A mechanism for maintaining higher tree species richness in the tropics without animals". **Journal of Biogeography**, vol. 14, 1977.

TANNER, E. V. J.; VITOUSEK, P. M.; CUEVAS, E. "Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains". **Ecology**, vol. 79, n. 1, 1998.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics** - A study of weathering and denudation in low latitudes. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

URURAHY, J. C. C.; COLLARES, J. E. R.; SANTOS, M. M.; BARRETO, R. A. A. "Vegetação - As regiões ecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico". *In*: **Levantamento de Recursos Naturais, Folha SF 23/24**, vol. 32. Rio de Janeiro: MME-SG, 1983.

VELOSO, H. P. "As comunidades e as estações botânicas de Teresópolis, Estado do Rio de Janeiro". **Boletim do Museu Nacional – Botânica**, vol. 3, 1945.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

WALKER, L. R.; SHIELS, A. B. **Landslide Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

WALTER, H. **Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geobiosphere**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1985.

WEBSTER, G. L. "The panorama of Neotropical cloud forests". *In*: CHURCHILL, S. P.; BALSLEV, H.; FORERO, E.; LUTYEN, J. L. (eds.). **Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests**. New York: NYBG, 1995.

WESEMBERG, J.; SEELE, C. "Floristic-structural composition and diversity of tree and woody understorey vegetation in the montane Atlantic forest of the Serra dos Órgãos National Park, Teresópolis, RJ, Brazil". *In*: GAESE, H.; ALBINO, J. C. T.; WESEMBERG, J.; SCHLÜTER, S. (eds.). **Biodiversity and Land Use Systems in the Fragmented Mata Atlântica of Rio de Janeiro**. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2009.

SOBRE OS AUTORES

SOBRE OS AUTORES

Ana Valéria Freire Allemão Bertolino é graduada, mestra e doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora Associada do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). E-mail para contato: anaval@uerj.br

André Bittencourt Amador é graduado e mestre em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Trabalha como Engenheiro de Meio Ambiente na empresa Petróleo Brasileiro (PETROBRAS), matriz do Rio de Janeiro (RJ). E-mail para contato: andrebamador@gmail.com

Antonio José Teixeira Guerra é graduado e mestre em Geografia. Doutor em Erosão dos Solos. Pós-doutorado na Universidade de Oxford e na Universidade de Wolverhampton. Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: antoniotguerra@gmail.com

Cláudio Belmonte de Athayde Bohrer é graduado em Engenharia Florestal, mestre em Gestão de Recursos Naturais e doutor em Geografia pela Universidade de Edimburgo. Professor Associado do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail para contato: cbohrer@id.uff.br

SOBRE OS AUTORES

Cristiane Nunes Francisco é graduada em Geografia, mestra em Engenharia de Transportes e doutora em Geociências pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professora Associada do Departamento de Análise Geoambiental da Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail para contato: cristianenf@id.uff.br

Cristiane Passos de Mattos é graduada e mestra em Geografia. Doutora em Psisossociologia de Comunidades e Ecologia Social. Professora Associada do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ). E-mail para contato: cristianemattos@cefet-rj.br

Fábio da Silva Lima é graduado em Geografia e em Direito. Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisador associado do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação do Solos (LAGESOLOS/ UFRJ). E-mail para contato: fabiolimageo@gmail.com

Flavia Colacchi é graduada em Ciências Biológicas, especialista em Engenharia Ambiental e mestra em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisadora Associada do Laboratório de Ecologia Aplicada (LEA/UFRJ). E-mail para contato: colacchi@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Guilherme Hissa Villas Boas é graduado em Turismo, bem como em Geografia. Mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: guilherme.hissa@igeo.ufrj.br

Hugo Alves Soares Loureiro é graduado, mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pesquisador Associado do Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação do Solos (LAGESOLOS/ UFRJ). E-mail para contato: hugogeogr@gmail.com

Luana Balbino dos Santos é graduada em Ciências Biológicas. Mestra e doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora da Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura do Rio de Janeiro. E-mail para contato: luanasantos200@rioeduca.net

Maria Clara Erthal Alhanati é graduanda em Ciência Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF), instituição na qual é envolvida em projetos de ensino, pesquisa e extensão. Estagiária do Laboratório de Ecologia e Biogeografia. E-mail para contato: mariaclaraalhanati@id.uff.br

SOBRE OS AUTORES

Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes é graduada em Ciências Biológicas, mestra em Geografia e doutora em Ecologia. Professora Associada do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: mfqecoaplicada.ibufrj@gmail.com

Monica dos Santos Marçal é graduada e mestra em Geologia. Doutora em Geografia. Possui pós-doutorado na Universidade de Auckland. Professora Associada do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: monicamarcal@gmail.com

Pilar Amadeu de Souza é graduada e mestra em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Analista de Geoprocessamento na Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail para contato: amadeupilar@gmail.com

Rafael Magno Guimarães Mussi é graduado em Geografia. Mestre em Ciência Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Analista ambiental na LOCUS Engenharia e Meio Ambiente e professor da Universidade Estácio - Campus Nova Friburgo. E-mail para contato: rafael.locus@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Raphael Nunes de Souza Lima é licenciado e bacharel em Geografia. Mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor da Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura do Rio de Janeiro. E-mail para contato: raphaelgeo85@gmail.com

Thales Ornellas é graduado em Biologia Vegetal e mestre em Botânica pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). Pesquisador associado do Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LEA/ UFRJ). E-mail para contato: bio.puera@gmail.com

NORMAS DE PUBLICAÇÃO





NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

As editoras IOLE e EDTur recebem propostas de livros autorais ou de coletânea a serem publicados em fluxo contínuo em qualquer período do ano. O prazo de avaliação por pares dos manuscritos é de 7 dias. O prazo de publicação é de 60 dias após o envio do manuscrito.

O texto que for submetido para avaliação deverá ter uma extensão de no mínimo de 50 laudas. O texto deverá estar obrigatoriamente em espaçamento simples, letra Times New Roman e tamanho de fonte 12. Todo o texto deve seguir as normas da ABNT.

Os elementos pré-textuais como dedicatória e agradecimento não devem constar no livro. Os elementos pós-textuais como biografia do autor de até 10 linhas e referências bibliográficas são obrigatórios. As imagens e figuras deverão ser apresentadas dentro do corpo do texto.

A submissão do texto deverá ser realizada em um único arquivo por meio do envio online de arquivo documento em Word. O autor / organizador / autores /organizadores devem encaminhar o manuscrito diretamente pelo sistema da editora IOLE: http://ioles.com.br/editora

CONTATO

EDITORA IOLE

Caixa Postal 253. Praça do Centro Cívico

Boa Vista, RR - Brasil

CEP: 69.301-970

@ http://ioles.com.br/editora

EDTur

Rua São Francisco Xavier, 524.

4º Andar. Sala 4023. Bloco B. Maracanã

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

CEP: 20550-900

@ http://www.dtur.uerj.br