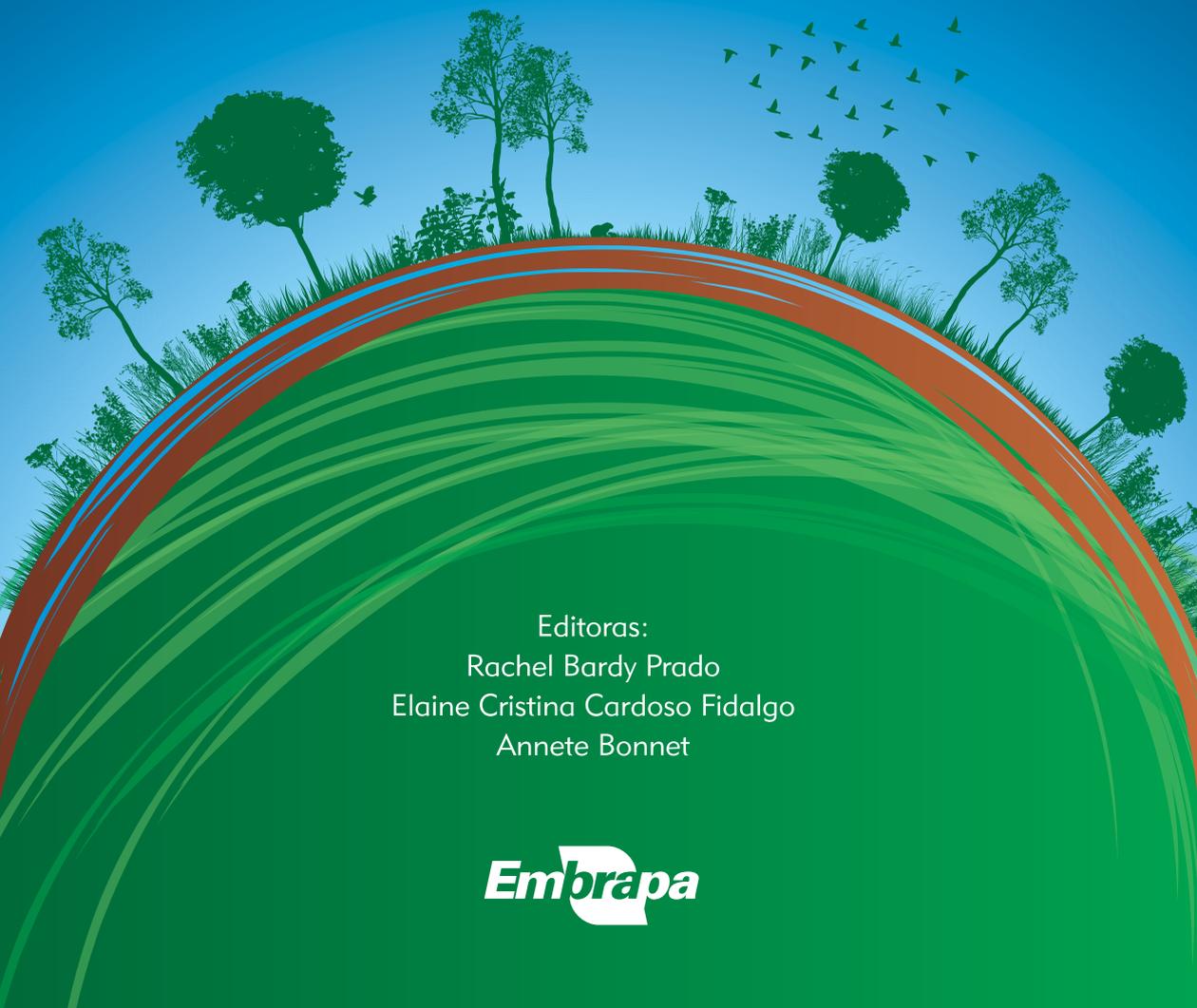


Monitoramento da revegetação do **COMPERJ**

Etapa Inicial



Editoras:

Rachel Bardy Prado

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Annete Bonnet

Embrapa

Monitoramento da revegetação do **COMPERJ**

Etapa Inicial

O livro em pauta retrata o esforço de pesquisa de uma grande equipe de profissionais da Embrapa e de colaboradores que se empenhou para caracterizar o ambiente no local onde está sendo implantado o Comperj, antes das principais intervenções antrópicas que decorrem da construção de um mega empreendimento industrial. Eu que tive a oportunidade de participar, desde o nascedouro, da formatação da parceria entre a Embrapa e a Petrobras com vistas a planejar e orientar tecnicamente as medidas de recuperação e compensação ambiental que estão sendo tomadas para mitigar esses impactos, vejo agora, com satisfação, os primeiros frutos desse projeto. Com certeza foi um caminho árduo para chegar até aqui, mas é bastante gratificante, observar nesta publicação a consolidação de idéias inovadoras voltadas para a recuperação de áreas degradadas. Além de ser o marco zero que permitirá quantificar as mudanças que ocorrerão no ambiente, inclui ainda informações sobre a formação e desenvolvimento dos Corredores Ecológicos, que já começaram a ser plantados e irão incorporar mais quatro milhões de árvores na região. Boa leitura para todos.

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia
Mandato de 2008 a 2013

Embrapa

**Agrobiologia
Florestas
Solos**

Monitoramento
da revegetação do
COMPERJ
Etapa Inicial

Parceiros:



UFRJ



Apoio:



PETROBRAS

Brasília, DF
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrobiologia
Rodovia BR 465, km 7
Seropédica, RJ
CEP: 23891-000
Tel: (21)3441-1500
Fax: (21)2682-1230
www.cnpab.embrapa.br
sac@cnpab.embrapa.br

Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111
Colombo, PR
CEP: 83411-000
Tel: (41) 3675-5600
Fax: (41) 3675-5601
www.cnpf.embrapa.br
sac@cnpf.embrapa.br

Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, 1024
Jardim Botânico
Rio de Janeiro, RJ
CEP: 22460-000
Tel: (21) 2179-4500
Fax: (21) 2274-5291
www.cnps.embrapa.br
sac@cnps.embrapa.br

Unidades responsáveis pelo conteúdo

Embrapa Agrobiologia
Embrapa Florestas
Embrapa Solos

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente
Daniel Vidal Pérez

Secretário Executivo
Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros
*Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina
Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine
Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria
Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias
Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro,
Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos*

Unidade responsável pela edição

Embrapa Solos

Supervisão Editorial
Jacqueline Silva Rezende Mattos

Revisão de texto
Gerson Ferracini
(www.estruturaetexto.com)

Normalização bibliográfica
Ricardo Arcanjo de Lima

Ilustração da abertura dos capítulos
Aruana Hansel

Capa e editoração eletrônica
Felipe Ilário Muruci – Fim Design

Layouts dos mapas
Dayse Thompson

Tratamento das ilustrações
Isabelle Cristine Miranda Laureano

1ª edição

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Monitoramento da revegetação do Comperj : etapa inicial / editores técnicos: Rachel
Bardy Prado, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo e Annete Bonnet. — Brasília, DF :
Embrapa, 2014.

350 p.: il.; 16 cm x 23 cm.
ISBN 978-85-7035-101-2

1. Monitoramento. 2. Indicadores ambientais. 3. Vegetação. 4. Água. 5. Solo. 6.
Biodiversidade. I. Prado, Rachel Bardy. II. Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso. III. Bonnet,
Annete. IV. Embrapa Agrobiologia. V. Embrapa Florestas. VI. Embrapa Solos. VII.
Universidade Federal do Rio de Janeiro. VIII. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

CDD (21.ed.) 333.7

© Embrapa 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Embrapa Florestas
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade Federal do Rio de Janeiro*

MONITORAMENTO DA REVEGETAÇÃO DO COMPERJ: ETAPA INICIAL

Editores Técnicos

*Rachel Bardy Prado
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Annete Bonnet*

*Embrapa
Brasília, DF
2014*

Agradecimentos

À Petrobras e toda a equipe do COMPERJ que vem acreditando no sonho de conciliar ações ambientais ao projeto de um Complexo Petroquímico.

Aos funcionários da Embrapa e instituições parceiras – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) que, direta ou indiretamente, participaram da etapa inicial do monitoramento, auxiliando na coleta, análise e organização dos dados.

Ao coordenador do Projeto Corredor Ecológico Comperj, Alexander Silva de Resende, pelo incentivo e apoio contínuo na execução do monitoramento e pelas contribuições para a organização deste volume. Aos funcionários da empresa Dédalos, contratada pela Petrobras, que auxiliaram nos levantamentos de solos e de vegetação.

Ao engenheiro florestal Fernando Lima Aires Gonçalves, pelo apoio técnico e logístico nos levantamentos de campo. Aos técnicos Telmo Félix e Carlos Fernando da Cunha, da Embrapa Agrobiologia, e Fabiano de Oliveira Araújo, da Embrapa Solos.

À secretária Andreia da Cunha de Jesus, pela intermediação com os pesquisadores e com a Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED), facilitando os levantamentos de campo, a

aquisição de material e equipamentos, a realização de eventos e a concretização de publicações diversas, incluindo a deste volume.

Aos funcionários da FAPED, pelo suporte administrativo.

A Mário Luiz Diamante Áglio e Ricardo de Oliveira Dart, pelo apoio às atividades de geoprocessamento e sensoriamento remoto desenvolvidas no Núcleo de Geoinformação (NGEO) da Embrapa Solos.

A Raul Rigoto Monteiro, da Petrobras, que organizou e disponibilizou os dados planialtimétricos da área do Comperj.

A todos os estagiários e estudantes de graduação e pós-graduação que auxiliaram na etapa inicial do monitoramento e na elaboração deste livro, bem como aos órgãos financiadores de suas bolsas.

Biografia dos autores

Ailton Santana, Biólogo

Mestrando em Ecologia, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ailton.santana@gmail.com

Alessandro de Paula Silva

Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, apsflorestal@yahoo.com.br

Alexander Silva de Resende

Engenheiro Florestal, Pesquisador em Recuperação de Áreas Degradadas e Ciclagem de C e N, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, alexander.resende@embrapa.br

Alexandre Ortega Gonçalves

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador em Agrometeorologia, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, alexandre.ortega@embrapa.br

Alexandre Uhlmann

Biólogo, Pesquisador em Florística e Fitossociologia, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, alexandre.uhlmann@embrapa.br

Annete Bonnet

Bióloga, Pesquisadora em Manejo Conservação e Uso da Flora, Embrapa Pesca Aquicultura e Sistemas Agrícolas, Palmas, Tocantins, annete.bonnet@embrapa.br

Ariene Basílio dos Santos

Bióloga, Bolsista CTC-A CNPq, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, ariene-bazilio@bol.com.br

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, bernadete.pedreira@embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador em Ciclagem de Nutrientes, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, bruno.alves@embrapa.br

Carlos Eduardo de Viveiros Grelle

Biólogo, Professor Adjunto do Departamento de Ecologia, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, grellece@biologia.ufrj.br

Carlos Fernando da Cunha

Técnico, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, carlos-fernando.cunha@embrapa.br

Christiano Pinheiro da Silva

Biólogo, Mestre em Ecologia e Evolução, UERJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, christiano.pinheiro@gmail.com

Cláudia dos Reis Ferreira

Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia- Ciência do Solo, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, cacau16@hotmail.com.

Cláudia Pozzi Jantalia

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora em Matéria Orgânica do Solo e Ciclagem de C e N, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, claudia.jantalia@embrapa.br

Eduardo Francia Carneiro Campello

Engenheiro Florestal, Pesquisador em Recuperação de Áreas Degradadas, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, eduardo.campello@embrapa.br

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, elaine.fidalgo@embrapa.br

Eliane Maria Ribeiro da Silva

Engenheira Florestal, Pesquisadora em Fungos Micorrízicos, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, eliane.silva@embrapa.br

Fabricio Augusto Hansel

Químico, Analista em Química Analítica, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, fabricio.hansel@embrapa.br

Fernando Lima Aires Gonçalves

Engenheiro Florestal, Residente do Projeto Corredor Ecológico Comperj, Itaboraí, Rio de Janeiro, fernando_lima85@yahoo.com.br

Fernando Zuchello

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, zuchello@gmail.com

Guilherme Montandon Chaer

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador em Microbiologia do Solo, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, guilherme.chaer@embrapa.br

Gustavo Ribas Curcio

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador em Solos e Ambientes Fluviais, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, gustavo.curcio@embrapa.br

Jamile Nehme de Azevedo

Graduanda em Engenharia Agrícola, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro,
jamileazevedo@yahoo.com.br

João Bosco Vasconcellos Gomes

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador em Classificação e Gênese de Solos, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná,
joao.bv.gomes@embrapa.br

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora em Planejamento Ambiental, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,
joyce.monteiro@embrapa.br

Liliane de Souza Seixas

Bióloga, Mestranda em Ecologia e Evolução, UERJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, lilianeseixas@yahoo.com.br

Maria Alice dos Santos Alves

Bióloga, Professora Adjunta do Departamento de Ecologia, UERJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, masaal@globo.com

Maria Elizabeth Fernandes Correia

Bióloga, Pesquisadora em Fauna do Solo, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, elizabeth.correia@embrapa.br

Mariana Iguatemy, Bióloga

Doutoranda em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, m_iguatemy@hotmail.com

Mariella Camardelli Uzêda

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora em Ecologia da Paisagem e Agroecologia, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, mariella.uzeda@embrapa.br

Maurício Brandão Vecchi

Biólogo, Professor Visitante do Departamento de Ecologia, UERJ, Rio de Janeiro, Rio Janeiro, mbvecchi@yahoo.com

Michele Ribeiro Ramos

Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, Paraná, miagro22@gmail.com

Nadjha Rezende Vieira

Bióloga, Consultora em Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, nadjhabio@yahoo.com.br

Nicelle Mendes Oliveira

Graduanda em Engenharia Florestal, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, nicellemendes@gmail.com

Rachel Bardy Prado

Bióloga, Pesquisadora em Geotecnologias Aplicadas ao Monitoramento Ambiental, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, rachel.prado@embrapa.br

Rafael Nogueira Scoriza

Biólogo, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, rafaelscoriza@gmail.com

Rangel Feijó de Almeida

Graduando em Agronomia, UFRRJ e Bolsista IC-PIBIC pela Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, rangel.agronomia@gmail.com

Reginaldo Honorato

Graduando em Ciências Biológicas, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, regi_honorato@hotmail.com

Renato Antonio Dedecek

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Aposentado em Física de Solos, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, dedecek@terra.com.br

Renato Crouzeilles

Biólogo, Doutorando em Ecologia, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, rcpr@biologia.ufrj.br

Rodrigo Grochoski

Graduando em Engenharia Agrônômica, UFPR, Curitiba, Paraná, ro_grow@yahoo.com.br

Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'anna

Biólogo, Doutorando em Agronomia, UFRRJ, Seropédica, Rio de Janeiro, selenobaldo@gmail.com

Sérgio Gaiad

Engenheiro Florestal, Pesquisador em Microbiologia do Solo, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, sergio.gaiad@embrapa.br

Victor Marcelo Fernandes

Biólogo, UERJ, Rio de Janeiro, Rio Janeiro, victorbio.uerj@gmail.com

Prefácio

A legislação ambiental brasileira é internacionalmente reconhecida como uma boa ferramenta para que se viabilize um modelo de desenvolvimento econômico em que seja igualmente efetivada a conservação dos recursos naturais. No que diz respeito ao processo de licenciamento ambiental, os órgãos públicos responsáveis têm desempenhado seu papel na indicação e fiscalização das medidas compensatórias e mitigadoras dos impactos inerentes aos empreendimentos responsáveis pelo desenvolvimento econômico. Algumas empresas, entretanto, cientes de seu potencial em colaborar com a sociedade, enxergam nesse aspecto mais que uma obrigação: enxergam uma oportunidade! Este livro é, assim, um primeiro produto de uma oportunidade.

Uma oportunidade que começou a ser construída com a visão da Petrobrás em buscar uma instituição com a experiência e a solidez da Embrapa para elaborar um projeto que sugerisse soluções.

Uma oportunidade que se consolidou com a iniciativa da Embrapa em entender que uma tarefa de tamanho porte necessitava de um grande esforço de colaboração multi-institucional, envolvendo a participação de diversos centros de pesquisa da própria empresa e de pesquisadores de universidades com reconhecida atuação.

Finalmente, uma oportunidade que se concretizou com uma proposta que, mais que corrigir eventuais impactos ambientais, visa a gerar conhecimento; uma proposta que compreende que a solução para questões ambientais deve ser construída com a visão dos mais diversos atores, com o diálogo entre o saber acadêmico e o tradicional.

Para que, mais à frente, seja possível saber se o caminho escolhido foi o mais adequado, é fundamental conhecer de onde se partiu. É este um dos propósitos das informações apresentadas nesse volume, as quais evidenciam que o projeto que ora se inicia tem por propósito a construção de uma paisagem em que a vertente ambiental, a econômica e a social estejam inseridos de forma equilibrada.

Luiz Fernando Duarte de Moraes
Pesquisador da Embrapa Agrobiologia
Membro da Rede Brasileira de Restauração Ecológica

Apresentação

Imaginem um laboratório de pesquisa ao ar livre, com mais de dois milhões de metros quadrados, que permite a uma equipe multidisciplinar de mais de 60 pesquisadores avaliar o impacto que ações de reflorestamento com espécies nativas da Mata Atlântica podem ter sobre indicadores físicos, químicos e biológicos do solo, da água, da flora e da fauna.

Esse sonho saiu da imaginação e começa a se materializar nas páginas deste livro: uma parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através de suas Unidades Agrobiologia e Solos, ambas localizadas no Rio de Janeiro, e a Unidade Florestas, no Paraná, com apoio de pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com financiamento da Petrobras.

As páginas deste volume delineiam um retrato do entorno da área em que será implantado o maior empreendimento já realizado em solo pela Petrobras: o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj). A Petrobras adquiriu cerca de dois milhões de metros quadrados adicionais a sua área de implantação para que se pudesse criar uma área verde, recompondo a vegetação nativa e propiciando um novo modelo de implantação de empreendimentos desse porte no país.

A Embrapa se sente honrada em fazer parte dessa história, que vai gerar diversas informações científicas que possibilitarão melhor entender como os mecanismos ecológicos se correlacionam quando se refloresta uma área que foi utilizada por quase 500 anos sem que a questão ambiental fosse priorizada.

Este livro, um marco inicial de como se encontrava a área antes do reflorestamento, é reflexo de mais de 100 excursões de amostragem sistematizada em campo e constituirá referência para estudos posteriores, em que os diversos especialistas poderão trabalhar de forma integrada e entender o modo como seu objeto de estudo influencia e é influenciado pela mudança ambiental proveniente da transformação de pastagens pouco produtivas em floresta nativa.

Mais que isso, espera-se que este volume possa marcar uma série histórica em que as questões ambientais são tratadas de forma prioritária, garantindo assim a nossos filhos e netos um ambiente inteiro, e não pela metade.

Alexander Silva de Resende
Pesquisador da Embrapa Agrobiologia
Coordenador geral do Projeto Corredor Ecológico Comperj

SUMÁRIO

Parte I O ambiente e o monitoramento

Capítulo 1

Compartimentação das paisagens

Gustavo Ribas Curcio, Annete Bonnet e Alexander Silva de Resende

23

Capítulo 2

Estratégia metodológica para o monitoramento

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Rachel Bardy Prado, Alexander Silva de Resende, Gustavo Ribas Curcio, Guilherme Mantondon Chaer, Annete Bonnet e Maria Elizabeth Fernandes Correia

37

Capítulo 3

Um retrato do uso e cobertura da terra

Rachel Bardy Prado, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo e Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

49

Capítulo 4

Caracterização climática

Alexandre Ortega Gonçalves

65

Parte II A água

Capítulo 5

Água: um reflexo do ambiente de entorno

Fabricio Augusto Hansel e Rachel Bardy Prado

85

Parte III A física e a química dos solos

Capítulo 6

Atributos químicos e mineralógicos dos solos

João Bosco Vasconcellos Gomes, Gustavo Ribas Curcio, Renato Antonio Dedecek e Michele Ribeiro Ramos

103

Capítulo 7

Características físico-hídricas dos solos

Renato Antonio Dedecek, Michele Ribeiro Ramos, Gustavo Ribas Curcio e João Bosco Vasconcellos Gomes

119

Parte IV **A biologia dos solos**

Capítulo 8

Biodiversidade de fauna e fungos de solo nos fragmentos florestais

Maria Elizabeth Fernandes Correia, Rafael Nogueira Scoriza, Cláudia dos Reis Ferreira e Eliane Maria Ribeiro da Silva

141

Capítulo 9

Caracterização microbiológica do solo

Guilherme Montandon Chaer, Sérgio Gaiad, Ariene Basílio dos Santos e Rodrigo Grochoski

159

Parte V **O carbono dos solos**

Capítulo 10

Biomassa vegetal nas áreas de pastagens e na serapilheira das florestas

Alessandro de Paula Silva, Fernando Lima Aires Gonçalves, Jamile Nehme de Azevedo, Nicelle Mendes Oliveira, Cláudia Pozzi Jantalia, Eduardo Francia Carneiro Campello e Alexander Silva de Resende

177

Capítulo 11

Imobilização de carbono nos solos

Gustavo Ribas Curcio, Michele Ribeiro Ramos, Renato Antonio Dedecek e João Bosco Vasconcellos Gomes

187

Capítulo 12

Emissão de gases de efeito estufa em solos sob floresta e sob pastagem

Joyce Maria Guimarães Monteiro, Bruno José Rodrigues Alves, Fernando Zuchello e Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'anna, Rangel Feijó de Almeida

207

Parte VI **A flora**

Capítulo 13

A cobertura vegetal das florestas e pastagens

Alexandre Uhlmann, Annete Bonnet, Gustavo Ribas Curcio, Alessandro de Paula Silva, Fernando Lima Aires Gonçalves e Alexander Silva de Resende

223

Capítulo 14

A presença de plântulas em fragmentos de vegetação com diferentes níveis de isolamento

Mariella Camardelli Uzêda e Mariana Iguatemy

245

Capítulo 15

Epífitos vasculares e sua distribuição na paisagem

Annete Bonnet, Carlos Fernando da Cunha, Gustavo Ribas Curcio, Alexander Silva de Resende, Fernando Lima Aires Gonçalves e Alexandre Uhlmann

263

Parte VII A fauna

Capítulo 16

Aves em diferentes ambientes e sua importância para a restauração florestal

Maria Alice dos Santos Alves, Maurício Brandão Vecchi, Liliane de Souza Seixas, Christiano Pinheiro da Silva e Victor Marcelo Fernandes

281

Capítulo 17

Mamíferos em uma paisagem fragmentada

Carlos Eduardo de Viveiros Grelle, Reginaldo Honorato, Nadjha Rezende Vieira, Ailton Santana e Renato Crouzeilles

309

Parte VIII Perspectivas de continuidade

Capítulo 18

Implicações do início do monitoramento e perspectivas para sua continuidade

Annete Bonnet, Alexander Silva de Resende, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Rachel Bardy Prado e Gustavo Ribas Curcio

325

O ambiente e o monitoramento

PARTE I



*Gustavo Ribas Curcio
Annete Bonnet
Alexander Silva de Resende*

Introdução

No município fluminense de Itaboraí, situado na confluência das bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu, região leste da baía de Guanabara, encontra-se em implantação o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj)¹. Na parte mais baixa dessas bacias, que também abrangem os municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Tanguá e São Gonçalo, o empreendimento vem tomando forma em meio a morrotes de pequena envergadura, mesclando-se a planícies com diferentes abrangências geográficas, atualmente drenadas.

Em direção às cabeceiras dos rios Guapiaçu, Macacu e Caceribu, em cotas altimétricas mais elevadas da serra dos Órgãos, são identificadas formações florestais mais conservadas, inclusive com coberturas estépicas de rara beleza incrustadas nas cumeeiras dessa serra. Esse mosaico de paisagens e os grandes fragmentos remanescentes de Mata Atlântica ali existentes estão protegidos por diferentes categorias de Unidades de Conservação (Figura 1.1), as quais fazem parte do Mosaico Central Fluminense de Mata Atlântica.

¹ Nesta obra consideramos a área das bacias hidrográficas Guapi-Macacu (resultado da junção artificial dos rios Guapiaçu e Macacu) e Caceribu como a região em que se localiza o Comperj.

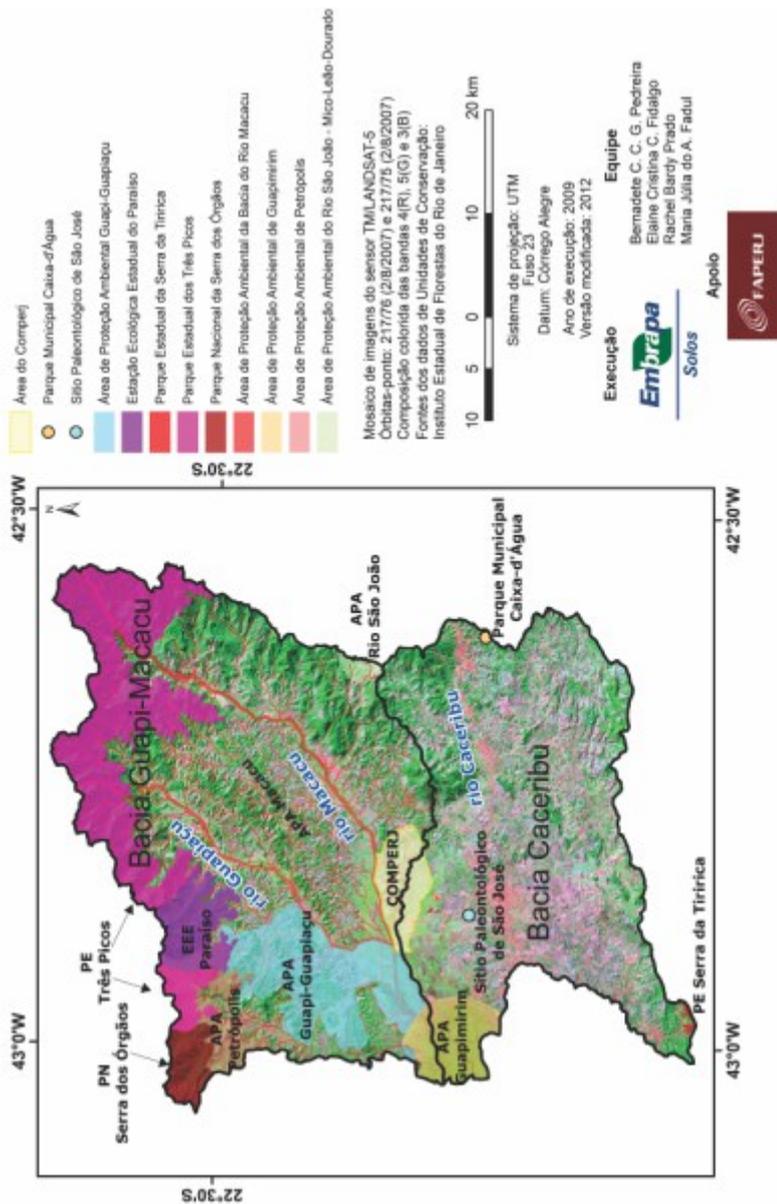


Figura 1.1. Imagem do satélite Landsat 5 (2007) com limites do Comperj, das bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu e das Unidades de Conservação. Fonte: adaptado de Pedreira et al., 2009.

A cobertura vegetal original das bacias Guapi-Macacu e Caceribu, assim como o restante da Baixada Fluminense, é essencialmente florestal, ou seja, apresenta elevado grau de diversidade, com expressiva relação entre seus organismos. As comunidades presentes nessas florestas estão distribuídas em ambientes muito distintos entre si, configurando uma grande diversidade de ecossistemas, reunidos na unidade fitoecológica Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1992). Essa unidade se caracteriza por árvores e arbustos com folhas permanentes, típicos de ambientes com chuvas bem distribuídas e elevadas temperaturas durante todo o ano. Em coerência com parâmetros principalmente altitudinais, foi subdividida em Floresta de Terras Baixas, Floresta Submontana, Floresta Montana e Floresta Altomontana (IBGE, 1992).

Na área do Comperj prevalecem padrões altitudinais que variam de 5 a 50 m. Por essa razão, a cobertura vegetal dominante é de Florestas de Terras Baixas, categoria que, segundo Amador (1997), constitui flora típica de relevos com baixa cota altimétrica. No Comperj, essa cobertura está presente não apenas nas paisagens do Terciário e do Proterozoico, mas também nas do Holoceno.

Ao longo de praticamente 500 anos de uso, os mecanismos integrados do desenvolvimento social e econômico da região se ampliaram e se intensificaram cada vez mais, em detrimento da cobertura florestal original. Esta foi sendo gradualmente substituída por diferentes sistemas de produção, culminando com o quadro atual, em que se observa elevado grau de degradação ambiental, restando poucos fragmentos florestais isolados, nenhum dos quais, sem dúvida, apresenta todos os atributos característicos de florestas primárias.

Para que os trabalhos de reconstrução florestal propostos pela Embrapa, assim como as pesquisas relacionadas ao monitoramento, pudessem ser implantados e adequadamente conduzidos, a paisagem compreendida pelo Comperj foi compartimentada com base em características abióticas (geologia, geomorfologia e pedologia) e bióticas (fitofisionomias e estádios sucessionais dos fragmentos florestais) e suas relações, procurando-se estabelecer uma hierarquia dos fatores que mais interferem no desenvolvimento das espécies.

No processo de compartimentação, partiu-se da certeza de que a natureza possui uma diversidade de fatores de composição e processos extraordinários, tanto que, na maioria das vezes, é concebida como uma trama de interatividades muito complexas e de difícil elucidação. Assim, sob o ponto de vista abiótico, embora a natureza se apresente de forma totalmente assimétrica em sua composição, algumas características guardam certa similaridade em termos dos componentes relacionados com sua formação. Exemplos disso são as descrições morfológicas de perfis de solos, que sempre incluem características da formação geológica local associadas a algumas informações sobre a cobertura vegetal primitiva e sobre o tipo de uso a que o solo foi e está sendo submetido. Dessa maneira, relacionam-se alguns atributos e fases dos solos ao conjunto de informações que explicita a dinâmica de sua existência. Da mesma forma, no campo da geomorfologia há uma série de elementos na paisagem que traduz, probabilisticamente, não só os fatores de composição relacionados a sua origem e suas intercalações ao longo do tempo, mas que sobretudo permite inferir o comportamento das formas dos volumes frente aos agentes do modelamento pretérito e atual.

Complementarmente, do ponto de vista biótico, embora a ocorrência das coberturas vegetais se condicione predominantemente pelo clima (CRAWLEY, 1986), a distribuição de algumas fitofisionomias, assim como o grau de desenvolvimento de suas espécies constituintes, é regida principalmente por atributos dos solos, especialmente pelos regimes hídricos destes. Por exemplo, é reconhecida a grande seletividade imposta à vegetação pelo halomorfismo (presença de sais no solo) (BRADY; WEIL, 1999), ou mesmo pelos diferentes graus de hidromorfismo (presença de água no solo) (KOZŁOWSKI, 1984). Do mesmo modo, em coerência com o tipo e as características das fitofisionomias existentes, há uma composição faunística que deve ser considerada ao se proceder à reconstrução da floresta original.

Assim, para a citada compartimentação da paisagem, procurou-se estabelecer alguns critérios que pudessem guardar máxima legitimidade em relação aos ambientes existentes e, sobretudo, proporcionar maior subsídio técnico para a reconstituição florestal no Comperj.

O objetivo deste estudo é estabelecer uma compartimentação de paisagem que identifique ambientes e substratos diferenciados para ações de plantio de árvores nativas, assim como fundamentar os princípios básicos para o monitoramento das funcionalidades ambientais e dos níveis de desenvolvimento das diferentes espécies nativas frente à diversidade de condições, especialmente dos regimes hídricos dos solos.

Descrição da compartimentação

Para hierarquizar os fatores a serem levados em conta na compartimentação ambiental, foram contempladas características abióticas e bióticas, iniciando pelas primeiras.

No universo abiótico, foram considerados aspectos relacionados à geologia, geomorfologia e pedologia. Dessa maneira, em um primeiro nível abstracional, esta metodologia consistiu em subdividir as paisagens do Comperj em dois grandes compartimentos: de planície e de encosta (Figura 1.2).



Figura 1.2. Paisagem com ambientes de encosta e de planície.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

A razão dessa subdivisão foi a de separar ambientes constituídos por solos hidromórficos e não-hidromórficos, permitindo evidenciar criteriosamente paisagens sujeitas à presença de água em abundância, devido à constante presença do nível freático.

Os ambientes de planície foram nominados tal como figuram comumente em mapas geológicos: ambientes de Quaternário (Holoceno)². Os efeitos da constante variação do lençol freático sobre a vegetação justificam a separação entre os ambientes de planície e os demais (CASANOVA; BROCK, 2000; MEDRI et al., 2002). Em concordância com essa colocação, Lobo e Joly (2000) comentam que a diversidade florística do estrato arbóreo das florestas sujeitas a saturação hídrica do solo é inversamente proporcional à intensidade, à duração e à recorrência do estresse. Nesse contexto, as adaptações das espécies interferem na variabilidade da cobertura vegetal (RODRIGUES; SHEPERD, 2000).

Para explicitar as variações existentes dentro das planícies da área do Comperj, sobretudo as variações na saturação hídrica, cumpre levar em conta que três classes de solos minerais foram identificadas: Gleissolos, Espodossolos e Cambissolos Flúvicos, contendo as duas primeiras maior grau de hidromorfia. Ainda nas planícies, com ampla expressão geográfica, foi constatada a presença de Antropossolos.

Os Gleissolos são volumes que possuem horizonte glei em subsuperfície e que apresentam textura predominantemente média ou argilosa, desenvolvidos em meio à presença de água. Por efeito dos processos de redução (gleização), possuem cores pálidas, geralmente tendentes às acinzentadas. Por sua vez, os Espodossolos exibem textura predominantemente arenosa, com sequência de horizontes A (superficial) ou E (subsuperficial eluvial) sobre horizonte B espódico (subsuperficial iluvial), este formado pela translocação da matéria orgânica. Em razão dos níveis elevados de hidromorfia, relacionados diretamente com a funcionalidade de recarga de aquífero livre, essas classes são consideradas de extrema vulnerabilidade.

Os Cambissolos Flúvicos, de textura média a argilosa, são formados sob condições em que o lençol freático frequentemente se encontra mais rebaixado, propiciando a formação de horizonte B

² Quaternário: período que se estende até os tempos atuais e abrange 1,6 milhão de anos. O Holoceno engloba os últimos 10 000 anos desse período.

incipiente. No entanto, sua posição de planície o sujeita a frequentes inundações, o que o torna um solo de elevada fragilidade.

Além dos tipos de solos naturais citados, foram identificados volumes de origem essencialmente antrópica – os Antropossolos. Esse tipo é resultante de duas possíveis ações executadas pelo homem em tempos passados: retirada de horizontes superficiais arenosos dos Gleissolos e dos Espodossolos ou remobilização de sedimentos pela retificação do rio Macacu, com subsequente formação de seu atual dique marginal.

Em um segundo nível abstracional procedeu-se a nova subdivisão, desta vez subcompartimentando os ambientes de encosta conforme os tipos de rocha presentes na área. Com isso se evidenciaram dois ambientes de encosta: as paisagens modeladas sobre rochas sedimentares pertencentes à Formação Macacu (volumes do Terciário³) e as assentes sobre rochas metamórficas (gnaisses) da Formação São Fidélis (volumes do Proterozoico³) (Figura 1.3).



Figura 1.3. Ambientes de encosta em morrotes do Terciário (mais baixos) e do Proterozoico.

Foto: Gustavo Ribas Curcio.

³Terciário: período que se estende de 1,6 a 65 milhões de anos passados. O Proterozoico se estende de 540 milhões de anos a 2,5 bilhões de anos.

Sobre ambas as formações predominam solos muito profundos, destacando-se Latossolos e Argissolos. Os primeiros se caracterizam por um alto grau de evolução pedogenética, com sequência de horizontes minerais A, B_w (B latossólico) e C. Em razão desse grau de evolução, apresentam grande similaridade entre os horizontes subsuperficiais, com pequenos acréscimos graduais da fração argila em profundidade, atingindo predominantemente textura argilosa.

Embora de elevado grau de evolução, os Argissolos da região do Comperj possuem sequência de horizontes com diferenças texturais expressivas, ou seja, acréscimos significativos da fração argila no horizonte B (B textural) em relação ao horizonte superficial. Esse incremento de argila impõe grande vulnerabilidade ambiental, pela maior suscetibilidade à erosão.

Embora essas duas classes de solos sejam identificadas em ambas as litotipias (rochas sedimentares e metamórficas), há diversas justificativas para compartimentar os ambientes de acordo com a proveniência litotípica. Algumas feições geomórficas inerentes àqueles tipos de rochas podem vir a ser protagonistas de diferenças na velocidade de reconstituição do ambiente florestal, sobretudo o comprimento e a declividade de rampa. Sem dúvida, estas variáveis interferem na capacidade de armazenamento de água pelo solo (SOUZA et al., 2002) e no potencial de erosão das paisagens. Na Formação São Fidélis (rochas metamórficas do Proterozoico), rampas com maiores comprimentos e declividades exibem maior potencial erosional do que rampas da Formação Macacu (rochas sedimentares do Terciário).

A justificativa principal para a compartimentação proposta reside, no entanto, no fato de que os solos desenvolvidos sobre volumes do Terciário, predominantemente Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, possuem horizontes coesos (Figura 1.4), volumes estes que apresentam certo grau de cimentação (SANTOS et al., 2006), apresentando-se, portanto, mais densos (CINTRA, 2001) e com menor grau de permeabilidade (LIBARDI; MELO FILHO, 2001). Indubitavelmente, em paisagens assemelhadas, solos menos permeáveis são mais sujeitos à erosão.



Figura 1.4. Latossolo Amarelo Distrocoeso típico.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Em razão desse atributo, considerou-se preponderante investigar se esse tipo de horizonte pode causar alguma diferença na reconstituição florestal, sobretudo com as intensidades de desenvolvimento das espécies arbóreas nativas, uma vez que já se detectaram, por exemplo, diferenças no estabelecimento das raízes de fruteiras cítricas (SOUZA et al., 2006). Ademais, possíveis diferenças nas características químicas, como a capacidade de troca catiônica (CTC⁴), a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio trocável (m%), todas possivelmente relacionadas com distintos graus de resiliência ambiental, podem ser prospectadas com maior rigor, abrindo uma nova perspectiva para as pesquisas a serem efetivadas.

Ainda no contexto abiótico, em um terceiro nível de abstração, estabeleceu-se uma nova subdivisão que secciona os ambientes de encosta do Terciário e do Proterozoico (Figura 1.5), subdividindo-os em três subcompartimentos em correspondência com o posicionamento na paisagem (terços superior, médio e inferior), com a finalidade de separar possíveis diferenças nos teores de umidade dos solos. Dessa maneira, é esperado que os solos que constituem as paisagens de terço inferior da encosta apresentem maior umidade ao longo do tempo do que os posicionados em terço superior, como

⁴ Capacidade de troca catiônica (CTC) = Ca + Mg + K + Na + Al + H.

Saturação por bases = $(Ca + Mg + K + Na) / 100 / CTC$.

Saturação por alumínio trocável = $100 \cdot Al / (Al + S(Ca + Mg + K + Na))$.

verificado por Souza et al. (2006) em Sapeaçu, município do Recôncavo Baiano. Sem dúvida, distinções nesse nível também podem proporcionar diferenças no desenvolvimento de arbóreas nativas, assim como gerar potenciais resilientes distintos, ou seja, ensejar melhores condições de desenvolvimento tanto das espécies plantadas como daquelas que venham a ingressar naturalmente nesses ambientes.

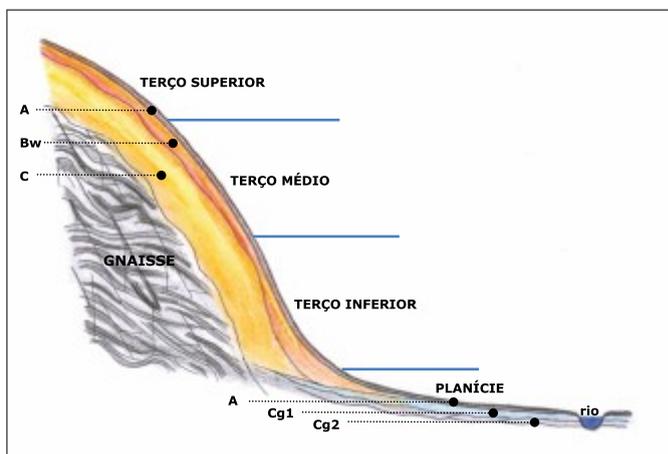


Figura 1.5. Segmentação ambiental de acordo com o posicionamento (ambientes de encosta e de planície).

Ilustração: Gustavo Ribas Curcio.

Os anos de uso, sobretudo o mau manejo praticado nos sistemas produtivos, incorreram em forte degradação dos solos, a ponto de a influência de alguns atributos ficar dissimulada. Nesse sentido, não só as espessuras do horizonte superficial se descaracterizaram em relação a seu posicionamento na paisagem, mas o mesmo ocorreu com a saturação por bases e o teor de carbono, entre outros atributos. Ainda assim, foi considerada pertinente a compartimentação.

Complementarmente, nova compartimentação (quarto nível abstracional) foi empreendida, desta vez com enfoque essencialmente biótico, separando os ambientes de encosta com vegetação florestal daqueles que se encontram sob pastagens, portanto considerando aspectos fitofisionômicos (Figura 1.6).



Figura 1.6. Paisagem com floresta e pastagem, ambas em relevos do Proterozoico.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Cabe aqui uma ressalva, pois nos ambientes florestais, porquanto fosse constatado apenas um estágio sucessional, podem ser identificadas dinâmicas sucessionais florestais distintas, tanto em planícies como em encostas (Figura 1.7), como descreve o Capítulo 13.



Figura 1.7. Ambiente florestal em relevo do Proterozoico.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Finalmente, os ambientes de planície – de Quaternário (Holoceno) – foram subcategorizados com base na presença de duas coberturas vegetais: pastagem e formação arbustiva. No primeiro caso, a vegetação é essencialmente herbácea, enquanto no segundo há dominância da melastomatácea *Tibouchina moricandiana* Baill., caracterizando um estágio sucessional florestal inicial em planície.

A Tabela 1.1 e a Figura 1.8 sintetizam as compartimentações adotadas para as paisagens do Comperj, considerando fatores abióticos e bióticos.

Tabela 1.1. Compartimentação de paisagens, critérios e compartimentos gerados.

Compartimentação	Critérios	Compartimentos
1. ^a	tipo de paisagem	planície, encosta
2. ^a	derivação geológica de encosta	Proterozoico, Terciário
3. ^a	posicionamento na encosta	superior, médio, inferior
4. ^a	fitofisionomia	floresta, pastagem, arbustiva

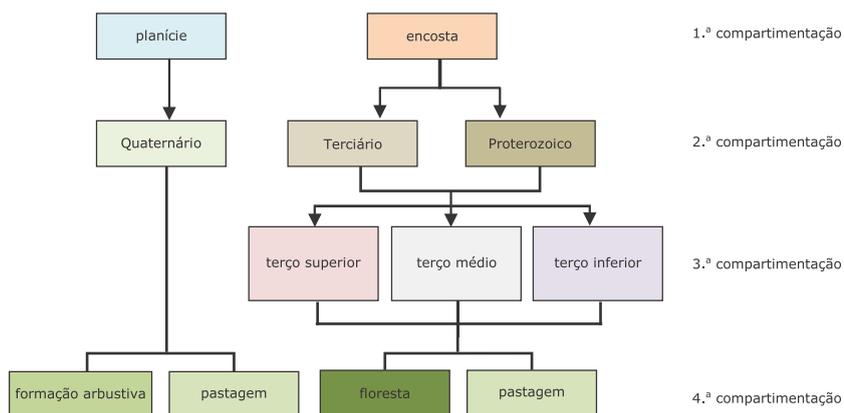


Figura 1.8. Esquema da compartimentação das paisagens.

Considerações finais

A compartimentação proposta se reveste de vital importância, pois possibilita melhor entendimento das características abióticas das paisagens que constituem o Comperj, além de possibilitar maior compreensão da interação entre os componentes bióticos e abióticos da

paisagem. Também indica uma hegemonia de nomeações para o trabalho de pesquisadores que se dedicam à investigação e monitoramento da revegetação e restauração das funcionalidades de ambientes naturais.

Referências

AMADOR, E. da S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza**. Rio de Janeiro: E. S. Amador, 1997. 539 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 12. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 881 p.

CASANOVA, M. T.; BROCK, M. A. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? **Plant Ecology**, v. 147, p. 237-250, 2000.

CINTRA, F. L. D. Distribuição do sistema radicular na presença de horizontes coesos. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju, **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros, 2001. p. 229-239.

CRAWLEY, M. J. The structure of plant communities. In: CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Oxford: Blakwell Scientific Publications, 1986. p 3-50.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992. 92 p.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding. In: KOZLOWSKI, T. T. **Flooding and plant growth**. Orlando: Academic Press Inc., 1984. p. 129-163.

LIBARDI, P. L.; MELO FILHO, J. F. de. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju, **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros, 2001. p. 193-227.

LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudoeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2000. p. 143-158.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; COLLI, S.; MÜLLER, C. Estudos sobre tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: Copyright, 2002. p.133-172.

PEDREIRA, B. da C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; FADUL, M. J. do A.; BASTOS, E. C.; SILVA, S. A. da; ZAINER, N. G.; PELUZO, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi-Macacu e Caceribu - RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 65 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>>. Acesso em: 21 dez. 2009.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2000. p. 101-107.

SOUZA, L. S.; PAIVA A. Q.; SOUZA L. D.; COGO N. P. Água no solo influenciada pela posição na paisagem, em uma topossequência de solos de tabuleiro do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 843 – 855, 2002.

SOUZA, L. D.; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C. A. da S.; SOBRINHO, A. P. da C. Distribuição das raízes dos citros em função da profundidade da cova de plantio em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 87 – 91, 2006.

*Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Rachel Bardy Prado
Alexander Silva de Resende
Gustavo Ribas Cúrcio
Guilherme Mantondon Chaer
Annete Bonnet
Maria Elizabeth Fernandes Correia*

Introdução

O Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) localiza-se em uma paisagem profundamente alterada como resultado de longo período de intervenção antrópica, no qual se sucederam diversos sistemas de produção e exploração que geraram impactos ambientais negativos, principalmente desflorestamento, erosão e perda de fertilidade dos solos e retificação de cursos d'água. Por outro lado, como apontado no Capítulo 1, a região em que o empreendimento foi instalado é composta de um mosaico de usos e coberturas da terra, que incluem também grandes fragmentos remanescentes de Mata Atlântica, muitos dos quais protegidos na forma de Unidades de Conservação que compõem o Mosaico Central Fluminense de Mata Atlântica.

A área do Comperj se localiza entre os rios Guapi-Macacu e Caceribu e a montante da maior extensão de manguezal remanescente na baía de Guanabara, porção essa que faz parte da Área de Proteção Ambiental Guapimirim. Portanto, o Comperj ocupa uma importante área de conexão entre os maciços da área serrana, os fragmentos da Baixada Fluminense e o manguezal. As ações do Projeto Corredor Ecológico Comperj visam restabelecer a cobertura florestal e as funcionalidades ambientais por meio da revegetação da área ao redor do empreendimento industrial. Espera-se que a estratégia de revegetação adotada pela Embrapa e seus parceiros promova, em um

primeiro momento, o restabelecimento de funções primárias da vegetação, tais como a cobertura e, conseqüentemente, o controle dos processos erosivos, bem como proporcione o acondicionamento do solo, assegurando com isso melhores condições de armazenamento e recarga hidrológica dos aquíferos. Com o plantio de árvores, pretende-se também proporcionar condições mais favoráveis para a reinserção do componente epifítico em áreas muito empobrecidas.

Alcançando-se maior estabilidade dos ambientes, outros importantes processos dos ecossistemas, como a ciclagem de nutrientes e a amplificação da biodiversidade, serão impulsionados.

Para o acompanhamento dos resultados do projeto e a avaliação da eficácia de suas ações, foi implantado um programa de monitoramento ambiental. Este se presta a obter, ao longo do tempo, dados e informações sobre vários temas ambientais, com o objetivo de avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em determinado momento e as alterações neles ocorridas nos períodos analisados, permitindo formular prognósticos.

O monitoramento abrange diversos parâmetros bióticos e abióticos e seus resultados contribuem para a identificação de processos de degradação ou recuperação ambiental, assim como para a especificação dos locais em que ocorrem e da intensidade em que se processam. O monitoramento é um instrumento fundamental para o planejamento e conservação ambiental, auxiliando na definição de políticas e diretrizes.

O monitoramento se estenderá pelos sete anos de duração do Projeto Corredor Ecológico Comperj, envolvendo a coleta de dados relacionados aos temas solo, água, clima, uso da terra, flora e fauna, os quais serão abordados nos capítulos subsequentes. A estratégia de amostragem adotada visa a obtenção de dados de todos os temas, sua análise integrada e a espacialização dos resultados, permitindo entender aspectos das relações existentes em cada compartimento geológico da área do projeto (descritos no Capítulo 1). Os dados integrados também poderão ser extrapolados para as bacias Caceribu e Guapi-Macacu em locais que apresentem condições ambientais e usos de terra similares, e assim subsidiar ações de recuperação ambiental em toda a região.

Estratégia amostral

A estratégia amostral para o monitoramento foi traçada considerando-se a compartimentação da paisagem do Comperj, esquematizada na Figura 2.1 e descrita no Capítulo 1. A compartimentação foi realizada em quatro níveis distintos, desde a divisão das paisagens segundo suas feições de encosta e planície, até a distinção entre as fisionomias da cobertura vegetal (florestas, formações arbustivas e pastagens). Nas áreas de pastagem foram ainda consideradas duas formas de reestruturação das florestas: através do plantio de mudas e da regeneração natural das espécies florestais. Para cada condição, abrangendo os quatro níveis de compartimentação e os dois tipos de intervenção em áreas de pastagem, foram selecionadas duas áreas de amostragem. A exceção para essa seleção de áreas foram as pastagens do compartimento Quaternário, nas quais não haverá plantio de mudas, mas apenas acompanhamento da regeneração natural. Dessa forma, selecionaram-se 16 áreas de amostragem, perfazendo 40 parcelas de amostragem. As áreas de amostragem, seus compartimentos e respectivos códigos são apresentadas na Tabela 2.1. Sua distribuição é apresentada na Figura 2.2. Os locais de amostragem foram georreferenciados com auxílio de instrumentos GPS (Global Positioning System).

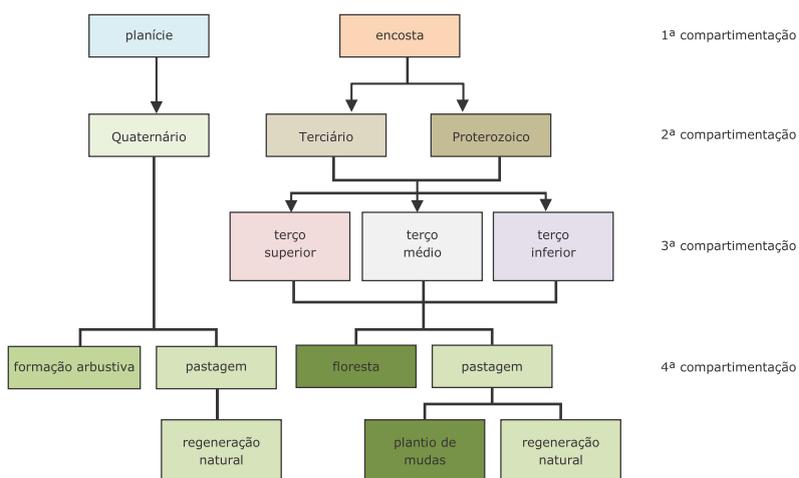


Figura 2.1. Compartimentação da paisagem e estratégia de revegetação adotadas como base para a definição do monitoramento.

Tabela 2.1. Códigos das parcelas de amostragem e características correspondentes às compartimentações.

Compartimento geológico	Fitofisionomia e intervenção	Área de amostragem	Posição (terço da encosta)	Código
Proterozoico	Floresta	1	superior	PF1S
			médio	PF1M
			inferior	PF1I
		2	superior	PF2S
			médio	PF2M
			inferior	PF2I
	Pastagem, regeneração natural	1	superior	PN1S
			médio	PN1M
			inferior	PN1I
		2	superior	PN2S
			médio	PN2M
			inferior	PN2I
	Pastagem, plantio de mudas	1	superior	PI1S
			médio	PI1M
			inferior	PI1I
2		superior	PI2S	
		médio	PI2M	
		inferior	PI2I	
Terciário	Floresta	1	superior	TF1S
			médio	TF1M
			inferior	TF1I
		2	superior	TF2S
			médio	TF2M
			inferior	TF2I
	Pastagem, regeneração natural	1	superior	TN1S
			médio	TN1M
			inferior	TN1I
		2	superior	TN2S
			médio	TN2M
			inferior	TN2I
	Pastagem, plantio de mudas	1	superior	TI1S
			médio	TI1M
			inferior	TI1I
2		superior	TI2S	
		médio	TI2M	
		inferior	TI2I	
Quaternário	Pastagem, regeneração natural	1		QN1
		2		QN2
	Formação arbustiva	1		QT1
		2		QT2

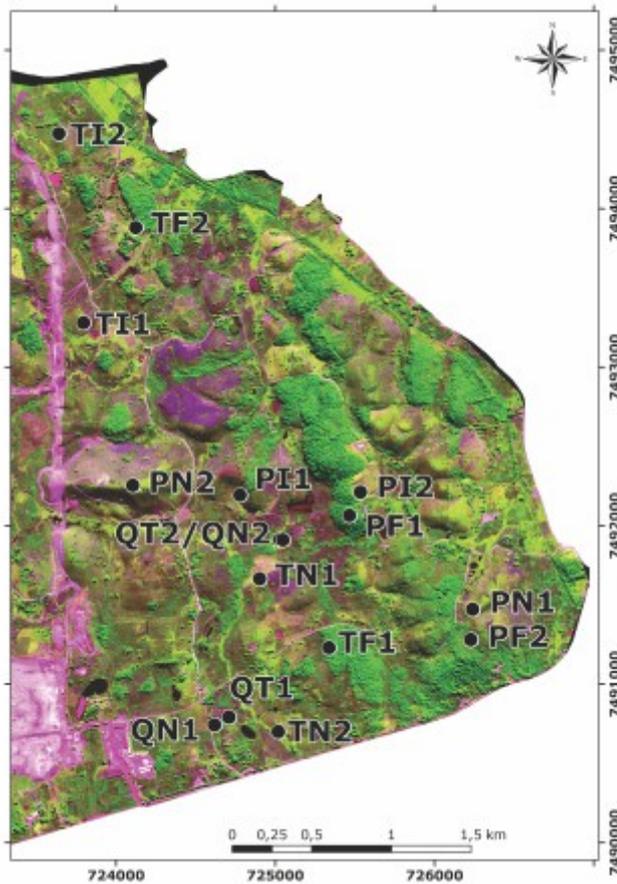


Figura 2.2. Locais amostrados para monitoramento, em composição de imagens de 30 de junho de 2009 do satélite QuickBird.

A coleta de amostras compreende três fases. A primeira amostragem (Tempo 0, ou T0), cujos resultados são apresentados neste volume, ocorreu nos primeiros anos de execução do projeto, de 2009 a 2011. Os resultados dessa amostragem refletem as condições atuais do ambiente, resultantes do histórico de uso da terra e, mais recentemente, do uso nas antigas propriedades rurais estabelecidas no local. A segunda etapa de amostragem (Tempo 1, ou T1), prevista para 2013, no quinto ano do projeto, representa um intervalo aproximado de três anos após o início das intervenções voltadas à reestruturação das florestas por meio do plantio de mudas. A terceira etapa (Tempo 2, ou T2)

ocorrerá no sétimo ano do projeto, representando um intervalo de aproximadamente cinco anos após o início das atividades.

O delineamento amostral para o monitoramento de alguns parâmetros ambientais foi diferenciado em razão de características particulares. Isso ocorreu no caso das análises de atributos e características químicas, físicas e de matéria orgânica dos solos (Capítulos 6, 7 e 11), da vegetação epífita e de plântulas de espécies arbóreas (Capítulos 14 e 15), da água (Capítulo 5) e da avifauna e de pequenos mamíferos (Capítulos 16 e 17).

Para a caracterização dos solos da área do Comperj, foram abertos perfis complementares, adicionais aos perfis abertos nos locais de amostragem comuns aos demais estudos (Tabela 2.2 e Figura 2.2). No compartimento Proterozoico, os perfis complementares foram analisados em uma encosta sob pastagem, considerando seus terços superior, médio e inferior. No Terciário, perfis complementares foram analisados em duas áreas distintas, uma sob floresta e outra sob pastagem, levando-se em conta cada uma nas três posições ao longo da encosta. Já no compartimento Quaternário, os perfis amostrais complementares foram analisados em bacias de inundação no interior da área (dois perfis) e nos limites da área do Comperj, nas margens do rio Guapi-Macacu (três perfis).

Tabela 2.2. Amostras complementares de solos e suas características.

Compartimento geológico	Nome de referência	Fitofisionomia	Posição (terço da encosta)	Número do perfil
Proterozoico	Morro das Antenas	Pastagem	superior	1
			médio	2
			inferior	3
Terciário	Morro do Empurrão	Pastagem	superior	12
			médio	13
			inferior	14
	Cambará da gleba 7	Floresta	superior	34
			médio	35
			inferior	33
Quaternário	Interior da área	Pastagem	planície alçada	18
	Planície do rio Guapi-Macacu		bacia de inundação	19
	Planície do rio Guapi-Macacu		dique marginal	20
	Planície do rio Guapi-Macacu		terraço	21
	Interior da área		planície	23

Para caracterizar a vegetação epifítica, foram feitos levantamentos florísticos em toda a área do Comperj e em seus arredores. Esses levantamentos subsidiaram a escolha das áreas para monitoramento e consistiram em observações gerais das árvores que possuíam algum epífita. Para monitoramento dessas plantas, foram selecionadas seis áreas comuns aos demais estudos, sendo quatro de floresta, nos compartimentos Proterozoico e Terciário, e duas com formação arbustiva, no compartimento Quaternário (Tabela 2.1).

As plântulas presentes nas florestas dos fragmentos serão monitoradas dentro e fora da área do Comperj, o que é motivado pela necessidade de consolidação do conhecimento sobre o efeito que a matriz da paisagem exerce sobre a capacidade de regeneração dos fragmentos. Quatro fragmentos estão localizados na área do Comperj, sendo três comuns aos demais estudos e um selecionado do compartimento Terciário, denominado Pista de Concreto (Figura 2.3). Outros dois fragmentos são externos ao Comperj, mas ainda nos limites da bacia hidrográfica Guapi-Macacu. Ambos estão assentes sobre solos derivados de rochas do Terciário.



Figura 2.3. Locais amostrados para monitoramento de plântulas, em composição de imagens de 2 de agosto de 2007 do satélite TM Landsat 5.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado em dois córregos situados na área experimental. Um deles (córrego 1) localiza-se integralmente, desde a nascente, na área do Comperj; o segundo (córrego 2) situa-se na porção oeste da área experimental, fazendo divisa com a área externa do complexo. A qualidade da água foi avaliada em três pontos em cada corpo d'água: P01, P02 e P03, no córrego 1, e P04, P05 e P06, no córrego 2 (Figura 2.4).

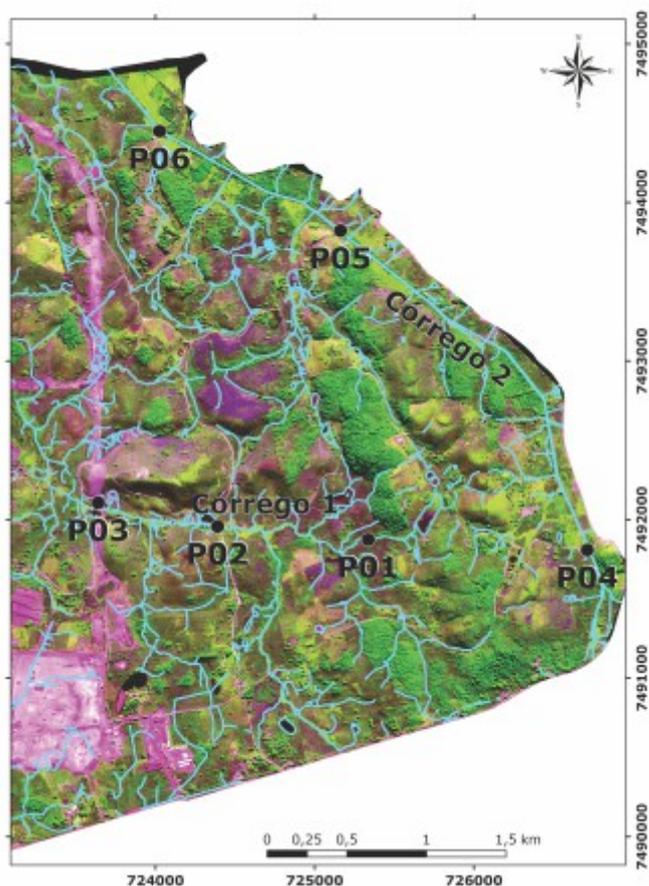


Figura 2.4. Locais amostrados para monitoramento da qualidade de água, em composição de imagens de 30 de junho de 2009 do satélite QuickBird.

Os locais de amostragem de aves e mamíferos foram escolhidos de acordo com o tipo de uso e cobertura do solo, uma vez que esses animais estão mais estritamente associados a essas características do que propriamente aos compartimentos geológicos. Além disso, tais espécies não respondem a pequenas diferenças de altitude, o que descarta a necessidade de distinguir os terços das encostas na área de estudo. Em visita de reconhecimento ao local, foram selecionadas seis áreas para amostragem, constituindo duas réplicas de três tipos de ambiente: floresta, planície e pastagem (Figura 2.5). Os locais de amostragem situados em floresta, denominados F11 e F12, correspondem aos locais de monitoramento conjunto identificados

como PF1 (Proterozoico) e TF2 (Terciário), respectivamente. Os locais de amostragem situados em pastagem, denominados Pa1 e Pa2, correspondem aos locais identificados no monitoramento conjunto como PI1 e PN1 (ambos no Proterozoico), respectivamente. As duas áreas de planície foram denominadas Pl1 e Pl2, havendo predomínio de arbustos de *Tibouchina moricandiana* Baill. (quaresmeira) na primeira e de pastagem na segunda. Os locais amostrados compreendem transecções com pontos de coleta distanciados 200 m um do outro. Na Figura 2.5 estão representados todos os pontos de coleta e o início e final de cada transecção.

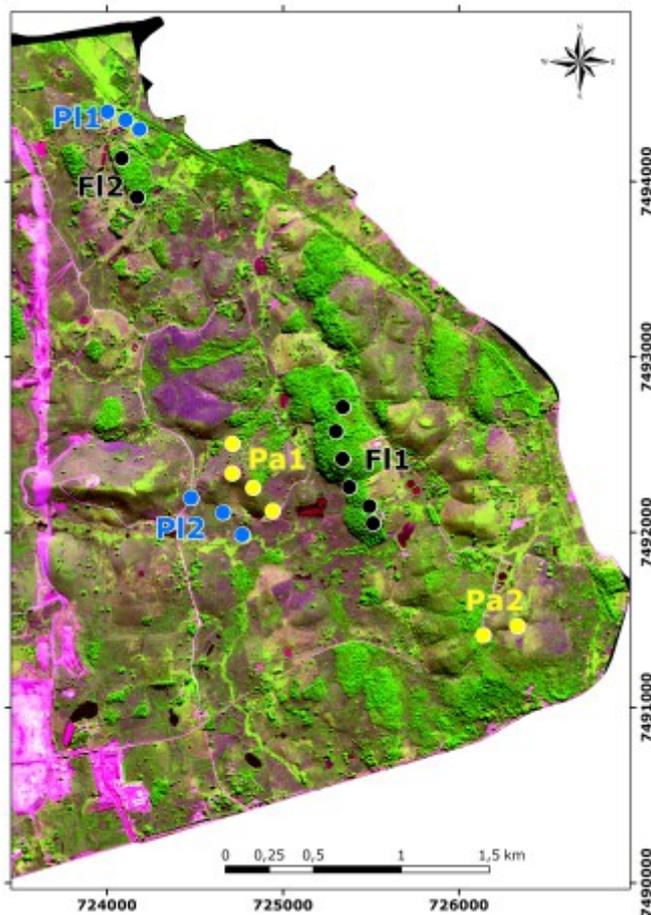


Figura 2.5. Locais de amostragem de aves e pequenos mamíferos, em composição de imagens de 30 de junho de 2009 do satélite QuickBird.

Considerações finais

Monitoramentos que integram diversos temas, como o adotado no Projeto Corredor Ecológico Comperj, requerem um delineamento amostral comum, que permita que os dados obtidos sejam analisados de forma integrada. Esse requisito é fundamental para que se possa compreender o grau de restabelecimento da funcionalidade ambiental da área estudada. A estratégia metodológica adotada tem potencial para ser reproduzida e adaptada a outras regiões do Brasil para monitoramento de situações similares.

Os dados sobre os diversos temas ambientais, obtidos ao longo do projeto, estão sendo organizados em uma base de dados, etapa essa essencial para o sucesso do monitoramento. A isso se agrega o uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, que viabilizam a espacialização de informações que auxiliam o planejamento das atividades desse monitoramento.

*Rachel Bardy Prado
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira*

Introdução

A apropriação e o povoamento da região em que se localiza o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) constituem um processo que remonta a meados do século XVI, com o estabelecimento definitivo dos colonizadores portugueses e a fundação da cidade do Rio de Janeiro (CABRAL, 2004). Em torno da capela de Santo Antônio, construída em 1612, desenvolveu-se o primeiro núcleo de povoamento, que dispunha de agricultura próspera, o que contribuiu para sua elevação à categoria de freguesia de Santo Antônio de Casseribu (CARVALHO, 1993). Em 1697, a freguesia foi elevada a vila, denominada Santo Antônio de Sá. A evolução histórica da região deixou marcas na área do Comperj, entre elas as ruínas do convento de São Boaventura de Macacu, fundado em 1660 e um dos cinco mais antigos do país.

Trata-se de uma região que ao longo do tempo vivenciou vários ciclos econômicos e agrícolas, como o extrativismo madeireiro e os ciclos do café e da cana-de-açúcar, assim como o período em que se destacaram as olarias, ainda presentes em alguns municípios.

No século XVIII, as atividades econômicas consistiam no cultivo de cana-de-açúcar (para fabricação de açúcar e aguardente), de anil e de gêneros alimentícios, assim como no comércio de lenha, madeira e carvão (SANTOS, 1974). A estrutura portuária, urbana e comercial surgida na baixada da Guanabara em resposta à cana-de-açúcar, acabou servindo também ao ciclo de exploração mineral.

Como os engenhos necessitavam de gado bovino para as moendas e para o transporte da cana, as fazendas reservavam as extensas áreas de brejos, cobertas por vegetação de campos naturais, para a pecuária. Dos vales extraía-se a tabatinga, argila propícia à fabricação de telhas e tijolos em pequenas e primitivas olarias (MACHADO; CASTRO, 1997).

Um surto de produção cafeeira ocorreu na região de meados da década de 1840 até o início dos anos 1870, impulsionado pelo aumento do preço desse produto no mercado internacional. O crescimento da produção de café exigiu maior capacidade de transporte de carga, o que promoveu a construção de ferrovias que permitissem escoar a produção do alto da serra. Os vales dos rios Macacu e Caceribu foram atravessados por uma considerável malha ferroviária, responsável por importantes mudanças na dinâmica regional (CARVALHO, 1993).

Os alagamentos periódicos naturais nessa região ocasionaram várias epidemias, que, associadas à crise açucareira, à cafeeira e à de mão de obra (esta última devida ao fim da escravidão), contribuíram para um gradativo desinteresse e abandono das terras por parcela dos grandes proprietários.

A decadência dos engenhos de açúcar levou ao investimento em outras atividades econômicas, dentre elas a produção de laranjas, que valorizou as terras e provocou a fragmentação de algumas fazendas em lotes de pequenos sítios. Ao longo do segundo e terceiro quartéis do século XX, o cultivo desse produto chegou a tornar-se o principal item da pauta de arrecadação fluminense, anteriormente ocupada pelo açúcar e pelo café (GEIGER, 1956).

No final do século XIX, nas áreas alagáveis dessas bacias (ambiente de planícies descrito no Capítulo 1), tiveram início as obras de drenagem e retificação dos rios Macacu, Guapiaçu e Caceribu. Juntamente com essas obras voltadas ao saneamento, foram construídas rodovias, como a atual BR-101, que liga o Rio de Janeiro à região dos Lagos. Isso contribuiu de forma decisiva para que o uso e a colonização das terras da região se alterassem significativamente.

A partir daí, ampliou-se a ocupação, por pequenas propriedades, das áreas drenadas, nas quais tiveram início as culturas anuais (incluindo a mandioca, o feijão e o milho) e perenes

(principalmente a laranja), fosse para subsistência ou para comercialização e suprimento de parte do mercado consumidor da cidade do Rio de Janeiro (MACHADO; CASTRO, 1997). Apesar das grandes transformações por que passaram, essas atividades econômicas ainda prosseguem na região.

O local escolhido para a implantação do Comperj pertencia, em sua maior parte, à antiga Fazenda Macacu, cuja principal atividade era a pecuária leiteira, seguida do cultivo de cítricos. Além dessa fazenda, muitas pequenas chácaras, principalmente de veraneio, faziam parte da área. Os principais tipos de uso e cobertura da terra presentes no início da implantação do empreendimento eram pastagens e, em certas áreas, cultivos de coco e cítricos, ora abandonados, além de pequenas áreas denominadas “quintais”, locais contíguos às moradias nos quais se cultivavam algumas espécies frutíferas.

Para o acompanhamento das mudanças no entorno das instalações do empreendimento, e enfatizando o restabelecimento da vegetação, vem-se monitorando o uso e cobertura da terra na área do Comperj utilizando imagens de alta resolução provenientes de satélites.

Os resultados desse monitoramento, configurados em diferentes formatos (mapas, descrições e quantificações das classes de uso e cobertura da terra), e a identificação das mudanças ocorridas proporcionam maior segurança para o planejamento inicial detalhado das ações do Projeto Corredor Ecológico Comperj – por exemplo, na seleção de espécies vegetais e de modelos de revegetação, assim como na estimativa da quantidade de mudas de árvores e de mão de obra necessárias para esse plantio. Auxiliam, portanto, também na previsão dos custos da intervenção e na delimitação de áreas em que serão instaladas as vitrines tecnológicas e demais componentes de educação ambiental e transferência de tecnologia.

Ao longo do projeto, o mapeamento do uso e cobertura da terra do Comperj em diferentes períodos também proporcionará apoio à identificação de áreas que não estiverem respondendo adequadamente às intervenções, permitindo o redirecionamento das ações.

O objetivo deste capítulo é apresentar as principais características e fazer o mapeamento não só do uso e ocupação das terras, mas também da situação do marco inicial (Tempo 0) do

monitoramento da área de intervenção do projeto.

Métodos

As principais etapas estabelecidas para o mapeamento do uso e cobertura da terra foram:

- organização da base cartográfica em formato digital e de todo o material de apoio em uma base de dados georreferenciada (com informação espacial associada);
- seleção da imagem de satélite de alta resolução a ser utilizada;
- aplicação de ferramentas de processamento digital de imagens para identificação e mapeamento das classes de uso e cobertura da terra;
- definição das classes de uso e cobertura da terra a comporem a legenda do mapa a ser obtido;
- levantamento em campo para identificação e verificação de padrões das classes mapeadas;
- elaboração de mapa em escala 1:10 000; e
- cálculo da área de cada classe.

Os dados da base cartográfica utilizados foram o conjunto de fotografias aéreas obtido antes do início da terraplanagem e informações fornecidas pela Petrobras referentes aos limites da área, sua hidrografia, curvas de nível e pontos cotados. Esses dados foram reunidos em uma base digital empregando-se o sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS, da ESRI. O uso desses sistemas otimiza a organização dos dados espaciais a serem utilizados, bem como para sua integração, permitindo apresentá-los na forma de mapas que facilitem a tomada de decisões no planejamento e acompanhamento das atividades relacionadas à revegetação da área.

Selecionou-se uma imagem de alta resolução do satélite QuickBird, de 30 de junho de 2009, que abrange toda a extensão do Comperj. Essa imagem, de resolução espacial de 2,40 m, permitiu a elaboração de um mapa final em escala 1:10000.

A opção pelo uso de imagem de alta resolução deve-se às vantagens dessa tecnologia. A melhor resolução espacial permitiu que o mapeamento do uso e cobertura da terra no Comperj fosse executado

em maior escala, ou seja, com maior detalhamento. Mesmo as classes de uso e cobertura da terra de pequenas dimensões (maiores que 256 m², área considerada mínima para o mapeamento) puderam ser mapeadas, permitindo maior precisão em termos de identificação, caracterização e posicionamento das áreas de interesse no espaço, bem como precisão do cálculo de sua extensão. Além disso, a possibilidade de obter com frequência imagens de alta resolução possibilita acompanhar as mudanças ocorridas ao longo do tempo, condição fundamental para o monitoramento da dinâmica do uso e cobertura da terra.

Para o processamento digital da imagem, foi utilizado o programa ENVI, versão 4.5 (licença adquirida em 2008 com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro). O processamento incluiu georreferenciamento, ou seja, as imagens tiveram suas coordenadas geográficas ajustadas utilizando-se como referência as coordenadas geográficas do conjunto de fotografias aéreas da área do Comperj. Em seguida, foram aplicadas técnicas de classificação automática de imagens, visando-se obter o melhor resultado na identificação e delimitação das classes dos diversos usos e coberturas da terra.

As classes de uso e cobertura assim mapeadas foram definidas com base na legislação e em mapeamentos anteriores realizados especificamente para essa região (PEDREIRA et al., 2007 a, 2007 b, 2009 a, 2009 b; FIDALGO et al., 2008 e 2010).

Um refinamento do mapeamento foi obtido utilizando-se informações provenientes de um levantamento de campo empreendido em 6 e 7 de maio de 2010 para se conhecerem aspectos da realidade local e da distribuição espacial dos diferentes usos e coberturas da terra na área de estudo, assim como para sanar dúvidas referentes à interpretação visual das imagens, coletar pontos amostrais de uso e cobertura da terra e gerar informações atualizadas para alimentar a base de dados georreferenciada do projeto. Os pontos amostrais foram registrados com auxílio de um aparelho GPS (Global Positioning System) e os locais foram fotografados. No total, visitaram-se 43 pontos distribuídos de forma a representar as diferentes classes de uso e cobertura da terra na área (Figura 3.1). Os resultados foram inseridos na base de dados georreferenciada do projeto, de forma que esta

incluísse os pontos numerados, a classe observada em campo, a identificação das fotos do local e observações adicionais.

Uma vez reunidas à base de dados as informações obtidas em campo, procedeu-se a todos os ajustes e correções necessários à elaboração do mapa de uso e cobertura da terra em escala 1:10000 e ao cálculo das extensões de todas as classes mapeadas.

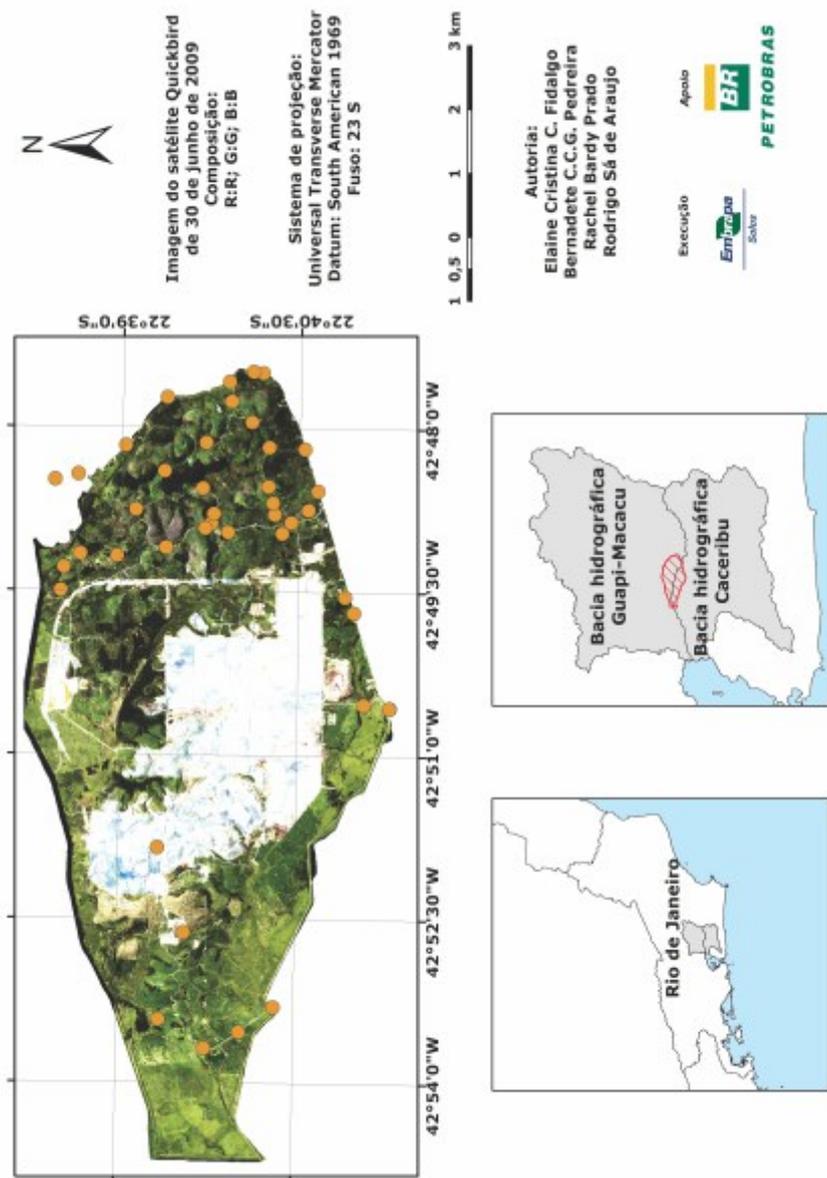


Figura 3.1. Pontos visitados na fase de verificação de campo (em laranja), sobre composição de imagens de 30 de junho de 2009 do satélite QuickBird.

Resultados e discussão

Foram mapeadas nove classes de uso e cobertura da terra (Figura 3.2, de *a* até *h*). A vegetação presente na área do Projeto Corredor Ecológico Comperj é detalhada nos Capítulos 13, 14 e 15.

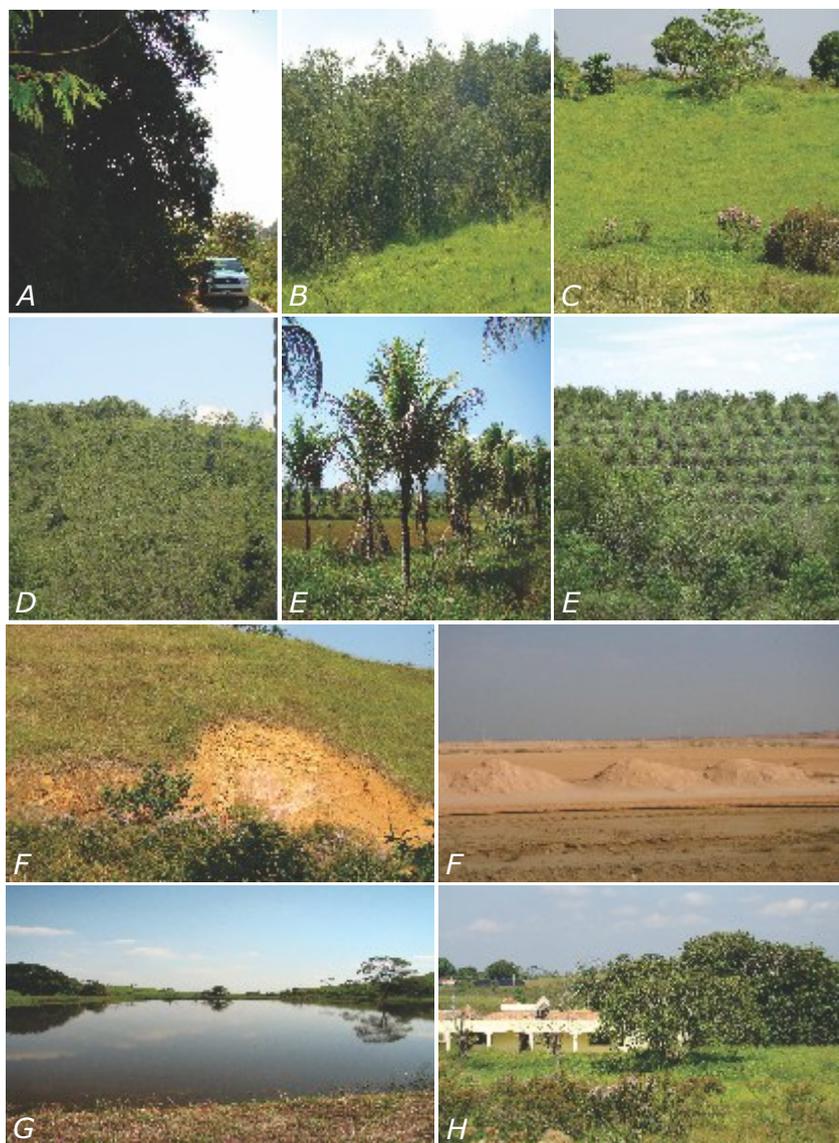


Figura 3.2. Classes de uso e cobertura da terra mapeadas no Comperj.
Fotos: Rachel Bardy Prado, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo e Bernadete da Conceição Carvalho Gomes.

Classes de uso e cobertura da terra

- a) *Vegetação em regeneração* (Figura 3.2a): Refere-se à vegetação em estágio de regeneração médio e inicial. Apresenta fisionomia arbustiva ou arbórea, dossel aberto e por vezes coberto por um emaranhado de lianas, com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra. A altura média das árvores varia de 5 a 10 m, com indivíduos emergentes de até 18 m; a serapilheira está por vezes presente, assim como plântulas e algumas espécies de sub-bosque; as trepadeiras, quando registradas, são predominantemente lenhosas (Capítulo 13). Nesta classe também foram incluídas áreas de vegetação com predomínio de *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (cambará) e *Tibouchina moricandiana* Baill. (Figura 3.2b), de forma adensada. Tais áreas apresentam predomínio de arbustos e piso florestal composto de espécies herbáceas, com cobertura aberta, presença de espécies predominantemente heliófitas e ausência de sub-bosque. A serapilheira, quando existente, forma uma camada fina e pouco decomposta. As epífitas são raras, mas podem ocorrer trepadeiras. *G. polymorpha* predomina nas encostas dos compartimentos Terciário e Proterozoico e *T. moricandiana* nas planícies do Quaternário (Capítulo 13). Ambas são espécies lenhosas com altura média de até 3 m, de crescimento rápido e ciclo biológico curto.
- b) *Pastagem* (Figura 3.2c): Compreende áreas cobertas por vegetação herbácea rasteira que foram submetidas a diferentes tipos de manejo, não sendo atualmente utilizadas em atividade pecuária. Nesta classe também foram incluídos os campos higrófilos, que apresentam solos semi-hidromórficos devido ao afloramento do lençol freático em alguns períodos do ano.
- c) *Pasto sujo* (Figura 3.2d): Abrange áreas cobertas por vegetação herbácea entremeada com vegetação arbustiva. Em geral, são áreas de pastagem abandonadas nas quais teve início o processo de sucessão da vegetação nativa. Nesta classe foram incluídas áreas com presença de indivíduos esparsos de cambará (*Gochnatia polymorpha*) e também arbustos esparsos, entre eles assa-peixe (*Vernonia* sp.) e *Tibouchina moricandiana*, comuns nos campos

higrófilos da região.

- d) *Área agrícola* (Figura 3.2e): Consiste em pequenas glebas de culturas perenes de coco (*Cocos nucifera* L.) e citros (*Citrus* spp.) que atualmente encontram-se abandonadas.
- e) *Solo exposto* (Figura 3.2f): Compreende a área em que está sendo executada a terraplanagem para construção do empreendimento, áreas que apresentam processos erosivos e áreas degradadas por intervenções antrópicas.
- f) *Corpo hídrico* (Figura 3.2g): Corresponde a áreas ocupadas por lagos, muitas delas nas proximidades de quintais de antigas residências que hoje encontram-se abandonados. A maioria dos corpos hídricos encontra-se em estado avançado de assoreamento e eutrofização.
- g) *Quintal* (Figura 3.2h): Abrange áreas próximas a antigas residências (atualmente demolidas no todo ou em parte), com presença de árvores frutíferas e também espécies arbóreas e arbustivas, nativas ou exóticas, utilizadas para lenha, cercas-vivas ou outras finalidades. Também foram incluídos nesta classe locais com resquícios de residências e outras construções correspondentes a chácaras, sítios e fazendas desapropriados.
- h) *Sombra*: Áreas de paisagem sombreadas pelo relevo ou, em alguns casos, por árvores de maior porte.

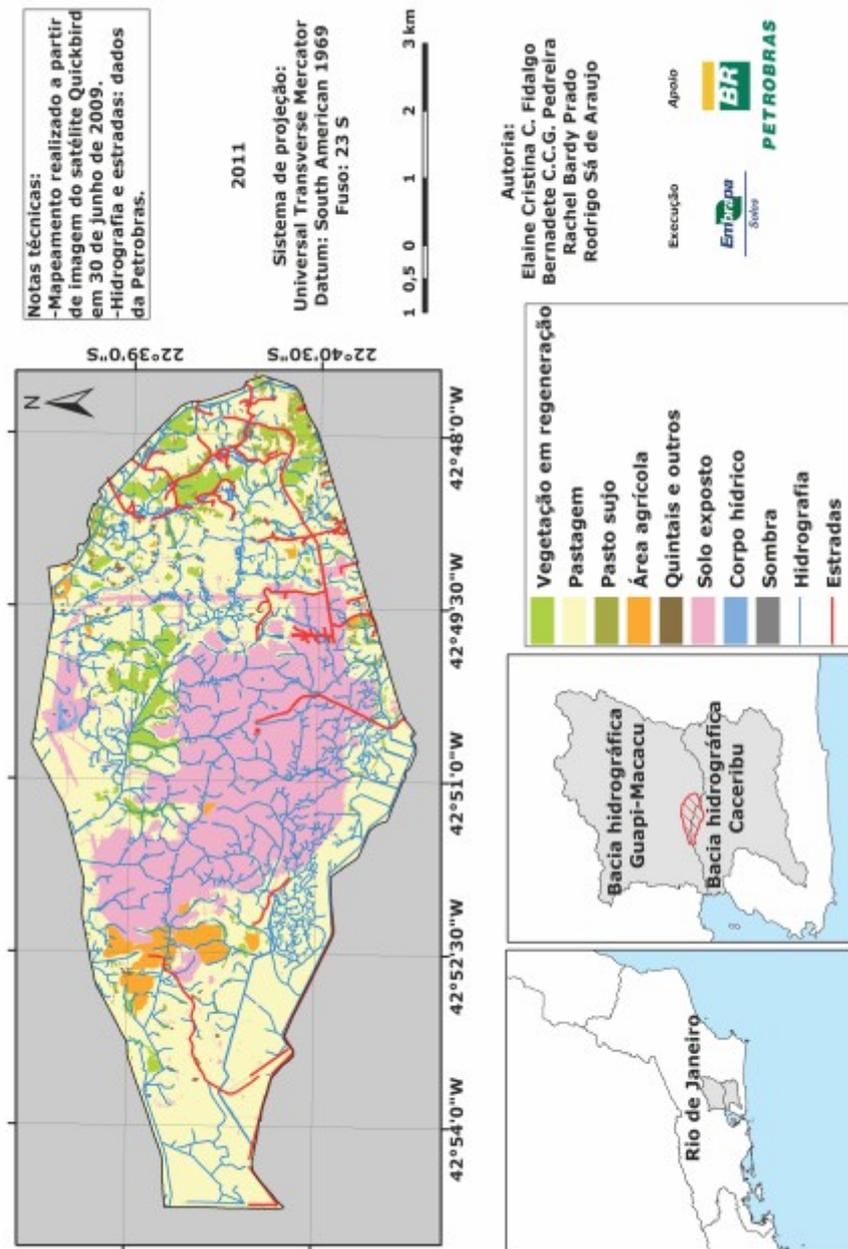


Figura 3.3. Uso e cobertura da terra na área do Comperj em 2009.

A análise das áreas de cada classe de uso e cobertura (Tabela 3.1 e Figura 3.3) revela que, na área total mapeada (4 449,18 ha), prevalece a categoria 'Pastagem', constituída por extensões atualmente sem uso e com predomínio de gramíneas bastante desenvolvidas, já que o gado foi delas retirado após as desapropriações. Áreas dessa classe encontram-se distribuídas ao longo de toda a área mapeada, com maior predomínio na parte oeste. A classe 'Pasto sujo', que perfaz mais de 2% do total, apresenta-se associada à área da categoria 'Pastagem' na forma de pequenas manchas, caracterizando-se por maior tempo de abandono e presença de vegetação herbácea entremeada com vegetação arbustiva esparsa. Esta classe é mais presente na porção leste do Comperj, na qual as ações de revegetação do projeto estão se iniciando.

Tabela 3.1. Áreas das classes de uso e cobertura da terra do Comperj em 2009.

Classe	Área (m²)	Área percentual
Pastagem	2 620,49	58,90
Solo exposto	1 330,93	29,91
Vegetação em regeneração	207,94	4,68
Pasto sujo	118,73	2,67
Área agrícola	111,89	2,51
Corpo hídrico	23,53	0,53
Quintal	29,96	0,67
Sombra	5,71	0,13
Total	4 449,18	100,00

A segunda maior classe em extensão foi a de 'Solo exposto' (29,91%), pelo fato de abranger majoritariamente a área de terraplanagem do empreendimento. Embora a área correspondente à terraplanagem do Comperj tenha sido mapeada como 'Solo Exposto', o propósito do mapeamento dessa classe foi identificar na área de intervenção do projeto a ocorrência de solo exposto situado aquém da terraplanagem, onde essa classe tem pequena expressão. Ao longo do tempo, se buscará intervir nessas áreas com manejo adequado do solo, visando-se controlar processos erosivos que comprometem a qualidade do solo e da água e que, se não revertidos, podem dificultar ou

impedir o processo de regeneração ou crescimento da vegetação.

Menos de 5% da área do Comperj encontra-se coberta por vegetação de Mata Atlântica em estágio médio e inicial de regeneração (Tabela 3.1). Essa classe abrange principalmente dois fragmentos florestais, sendo o de maior extensão conhecido popularmente por Mata da Antiga Fazenda Macumba. Para esse local foram levados os exemplares de fauna capturados por ações de resgate após a desapropriação das terras e início das obras do empreendimento. Tais fragmentos deverão ser mantidos ou enriquecidos no processo de intervenção do projeto, visando-se o restabelecimento da funcionalidade ambiental, bem como a conectividade entre estes e os demais fragmentos vizinhos à área do Comperj. A classe 'Vegetação em regeneração' concentra-se na porção leste do Comperj, bem como dentro do perímetro do setor industrial do empreendimento, em sua porção norte. A classe 'Área agrícola' corresponde a 2,51% do total (Tabela 3.1) e é constituída por áreas de cultivo de citros e coco, predominantemente localizadas na antiga Fazenda Macacu, na porção oeste do Comperj. No trabalho de verificação terrestre, constatou-se que as plantações de citros já eram raras, substituídas em sua maior parte por outras espécies arbustivas. Na imagem de satélite, porém, essas áreas puderam ser identificadas pelo padrão de plantio em linhas.

A classe 'Quintal', totalizando menos de 1% da área mapeada (Tabela 3.1), diferenciou-se no processo de mapeamento por conter espécies frutíferas e outras espécies arbóreas de grande porte e arbustivas, tanto nativas quanto exóticas. Algumas dessas áreas apresentam grande potencial para enriquecimento, podendo servir de vitrine aos visitantes do projeto. Essa classe apresenta-se na forma de pequenos polígonos distribuídos predominantemente na porção leste do Comperj.

A classe 'Corpo hídrico' correspondeu, em sua maior parte, a lagos de diferentes tamanhos, remanescentes de antigas chácaras e outras propriedades, perfazendo menos de 1% da área mapeada (Tabela 3.1). Uma grande área alagada formada pelas obras da indústria, na porção norte, foi também classificada como corpo hídrico. Muitos lagos encontram-se em processo de assoreamento e eutrofização, configurando uma tendência à redução de suas

dimensões até o completo desaparecimento ao longo dos anos, se mantidas as condições atuais. A qualidade da água na área de intervenção do projeto é discutida no Capítulo 5.

Considerações finais

A imagem de alta resolução permitiu bom grau de detalhe para o mapeamento do uso e cobertura da terra do Comperj e precisão no cálculo de áreas, revelando-se como ferramenta essencial para subsidiar o planejamento das ações de intervenção e demais monitoramentos do Projeto Corredor Ecológico Comperj.

A verificação em campo foi fundamental para a confirmação das classes adotadas, pois permitiu identificar padrões e corrigir erros de interpretação.

O mapeamento mostrou o predomínio de pastagens na área de estudo em 2009, com presença de poucos e pequenos fragmentos florestais em regeneração, evidenciando a necessidade de intervenção para promover o restabelecimento das funcionalidades ambientais da área destinada à revegetação.

Referências

CABRAL, D. C. Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro do final do século XVIII – evidências empíricas para a região do vale do Macacu. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 126-143, 2004.

CARVALHO, J. **As transformações dos usos da terra em Cachoeiras de Macacu**. 1993. 167 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B.; MOURA, I. B.; GODOY, M. D. P. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 105).

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; PRADO, R. B.; ARAÚJO, R. S. **Mapa de uso e cobertura da terra do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. Escala 1:15.000.

GEIGER, P. P.; MESQUITA, M. G. C. **Estudos rurais da baixada fluminense (1951-1953)**. IBGE: Rio de Janeiro, 1956. (Biblioteca Geográfica Brasileira, 12).

MACHADO, L.; CASTRO, B. **Gente do Caceribu, sua geografia, sua história: diagnóstico sócio-econômico da bacia do Caceribu**. Rio de Janeiro: IBG, 1997.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; ABREU, M. B. **Proposta de legenda para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007a. (Embrapa Solos. Documentos, 91).

PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B.; FIDALGO, E. C. C. **Mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007b. Escala 1:50.000.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B. **Mapa de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu em 2007**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009a. Escala 1:50000.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; FADUL, M. J.; BASTOS, E.C.; SILVA, S.A.; ZAINER, N.G.; PELUZO, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009b. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).

SANTOS, A. M. **Vida econômica de Itaboraí no século XIX**. 1974. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

Introdução

Podemos definir *clima* como a sucessão habitual dos tipos de “tempo” meteorológico em determinado local da superfície terrestre, sendo *tempo* o conjunto de valores dos fenômenos meteorológicos que, em dado momento e certo lugar, caracterizam o estado atmosférico. Desse modo, o clima, configurado pelos fatores físicos de uma região, é elemento essencial para a análise dos potenciais naturais, da organização regional das atividades econômicas e sociais e do desenvolvimento da vegetação.

A partir de dados obtidos em postos de observação meteorológica de referência, determinam-se valores médios e extremos de elementos meteorológicos que permitem classificar e avaliar o comportamento do clima durante determinado período e em determinada região.

Elementos meteorológicos como radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, além do prévio conhecimento de sua dinâmica ao longo do tempo, desempenham papel importante no planejamento de atividades não só do meio rural, mas também do urbano, como expõem Pitton e Domingos (2004), Roseiro (2002), Anjos, Nery e Martins (2002) e Nääs (1989).

Para uso dos recursos naturais de uma região, torna-se necessário o conhecimento dos regimes térmico e hídrico e da interação entre estes. Calcular o balanço hídrico climático da região é uma

maneira eficaz de conhecer essa interação.

O cálculo do balanço hídrico climático, método climatológico introduzido por Thornthwaite (1948) e aprimorado por Thornthwaite e Mather (1955), consiste em efetuar a contabilidade de água em relação a uma dada superfície vegetada, computando-se sistematicamente todos os ganhos e perdas. Consideram-se ganhos as contribuições devidas à precipitação pluviométrica e perdas as ocasionadas pela evapotranspiração real.

Decisões quanto à necessidade de irrigação, de técnicas culturais para conservação da umidade, de estudos das aptidões agroclimáticas de uma região e de previsões de safras são algumas das várias situações que se beneficiam do conhecimento das variações da disponibilidade de água no solo mediante o cálculo do balanço hídrico. Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 1990), os estudos de balanço hídrico são úteis para caracterizar o clima de uma região ou área e tornam-se fundamentais na etapa de definição e planejamento de prioridades agrícolas e na formulação de projetos de pesquisa.

Este estudo tem por objetivo apresentar informações meteorológicas sobre a área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), no município de Itaboraí. Espera-se com essas informações subsidiar estudos e ações que envolvam principalmente o plantio de mudas de espécies arbóreas e epifíticas, cujo sucesso é bastante dependente de adequado conhecimento das condições climáticas. As informações meteorológicas também podem auxiliar no planejamento das ações de monitoramento e na interpretação de seus resultados, como por exemplo na análise da qualidade dos recursos hídricos e dos parâmetros microbiológicos do solo e na estimativa de perda de solos.

Métodos

Não se dispõe de séries longas de dados climáticos sobre a área do Comperj. Tal lacuna requereu que se empreendesse pesquisa bibliográfica para levantar informações que permitissem estabelecer os valores médios das variáveis climáticas da região.

Temperatura do ar

A latitude e a altitude são responsáveis por grandes variações de temperatura. No estado do Rio de Janeiro, particularmente, o relevo acentuado em parte significativa do território faz com que a altitude seja fator determinante dos valores de temperatura.

Considerando-se a inexistência de dados mensurados de temperatura do ar na área de estudo em séries com mais de 30 anos, optou-se pelo uso de equações e modelos matemáticos capazes de estimar seus valores. Para tanto, utilizou-se o programa Radiasol, versão 2.0, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2010), que permite estimar valores médios, mínimos e máximos mensais de temperatura do ar para diversas localidades do país mediante inserção de coordenadas geográficas e altitudes.

Precipitação pluviométrica

Assim como para a temperatura do ar, tampouco se dispõe de séries longas de precipitação para a área de estudo. Isso requereu utilizar os valores médios referentes a três postos pluviométricos (Tabela 4.1) da região do empreendimento (médias ponderadas das distâncias entre cada posto e o ponto central do Comperj, de coordenadas 22°40'S e 42°50'40"W). Empregaram-se dados de precipitação pluviométrica referentes ao período 1968-2009, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela 4.1. Coordenadas (em graus decimais) dos postos pluviométricos da região do Comperj considerados no estudo da precipitação pluviométrica.

Posto	Latitude	Longitude
Fazenda do Carmo	-22,438	-42,767
Fazenda São Joaquim	-22,441	-42,622
Japuíba	-25,550	-42,698

Para o cálculo dos eventos extremos, utilizou-se a mesma matriz de dados de precipitação pluviométrica, porém em sua totalidade e sem ponderação por distância, considerando-se os valores

máximos encontrado a cada mês.

Foram definidos como dias de chuva aqueles em que a precipitação pluviométrica foi igual ou superior a 1 mm em todos os três postos. O cálculo foi feito mês a mês e ao final computou-se a média desses valores no período focalizado.

Radiação solar

Os valores médios de radiação solar foram simulados utilizando-se o programa Radiasol, que emprega uma rotina baseada em informações meteorológicas de superfície de todo o Brasil coletadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e interpola valores para o ponto desejado, com base na latitude e longitude definidas pelo usuário. No Comperj, foi utilizado o ponto central descrito na seção anterior.

Umidade relativa do ar

Devido à falta de dados históricos de umidade relativa do ar do município de Itaboraí, utilizaram-se valores simulados com o programa Radiasol para as coordenadas do ponto central (já referido) da área do Comperj.

Balanço hídrico

O balanço hídrico foi calculado com o método de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando-se procedimentos computacionais elaborados por Rolim e Sentelhas (1999), considerando como 100 mm a capacidade de armazenamento de água no solo. Os dados de temperatura do ar empregados no cálculo foram estimados com o programa Radiasol. A evapotranspiração potencial (EP) mensal foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948). Contabilizando-se a precipitação e a evapotranspiração de referência (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), foram estimadas a evapotranspiração real, a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC) para cada ano. Os valores desses últimos parâmetros permitiram obter o índice hídrico

(IH), o índice de umidade (IU) e o índice de aridez (IA), por meio das seguintes expressões:

$$IH = (100 \text{ EXC} - 60 \text{ DEF})/EP$$

$$IU = (100 \text{ EXC})/EP$$

$$IA = (100 \text{ DEF})/EP$$

Classificação climática

Adotou-se a classificação climática de Köppen (1948), com algoritmo automatizado elaborado por Gonçalves et al. (2005).

Resultados e discussão

Regime térmico

A temperatura média anual estimada para a área do Comperj é de 21,4°C (Tabela 4.2). A amplitude térmica registrada em cada um dos três postos pluviométricos variou de 8,0 a 9,8°C.

Tabela 4.2. Temperaturas do ar máximas, mínimas e médias estimadas para a área do Comperj ao longo do ano.

Mês	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)
jan	29,0	20,6	24,2
fev	29,7	20,8	24,5
mar	29,0	20,4	23,9
abr	26,9	18,6	22,0
mai	25,6	16,5	20,1
jun	24,1	14,8	18,6
jul	23,9	14,3	18,2
ago	24,8	15,0	19,0
set	24,7	16,1	19,7
out	25,6	17,6	21,0
nov	26,8	18,8	22,3
dez	27,8	19,7	23,3
Média anual	26,5	17,8	21,4

As maiores temperaturas médias do ar ocorrem no período de dezembro a fevereiro, sendo fevereiro o mês que apresenta maior temperatura máxima média (29,7°C). Em junho e julho as temperaturas médias são as mais baixas (em torno de 18°C), com mínima média de 14,3°C.

Regime pluviométrico

Dada a extensão do estado do Rio de Janeiro e um relevo com acentuadas diferenças em grande parte de seu território, o regime pluviométrico apresenta grande diversidade. No entanto, há características comuns a praticamente todas as regiões fluminenses. Uma delas é a existência de dois períodos bem definidos: um chuvoso no verão e outro seco no inverno. Outra é que a quase totalidade da precipitação concentra-se em seis ou sete meses do ano (outubro-abril), sendo o quadrimestre dezembro-março responsável por mais de 50% do total anual (ANDRÉ et al., 2008).

Dez a 25 dias ao ano, ou por vezes com maior duração, ocorre o fenômeno regionalmente conhecido como “veranico”, durante o qual não há precipitação durante o período chuvoso. O fenômeno, que normalmente se verifica em janeiro e/ou fevereiro, coincide com a ocorrência de temperaturas elevadas e, conseqüentemente, de evapotranspiração também pronunciada (ANTUNES, 1986).

Tabela 4.3. Precipitações pluviométricas mensais máximas, mínimas e médias na área do Comperj no período 1968-2009.

Mês	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Média (mm)	Máxima em 24 h (mm)
jan	454	78	210	224
fev	294	8	150	168
mar	339	29	158	144
abr	208	27	117	138
mai	190	19	81	130
jun	190	10	47	77
jul	124	5	52	90
ago	126	5	56	83
set	222	14	90	83
out	233	52	106	117
nov	314	50	181	191
dez	392	113	213	442

Verifica-se na Tabela 4.3 que, em termos médios, os meses mais chuvosos são novembro, dezembro e janeiro, com 181, 213 e 210 mm de precipitação, respectivamente. Somados, esses valores perfazem 41% do total anual. Por sua vez, as menores precipitações médias ocorrem de junho a agosto, sendo junho o mês em que essa média é menor (47 mm). O total médio anual de precipitação pluviométrica, considerando-se os dados obtidos pelos postos pluviométricos listados na Tabela 4.1, foi de 1 463 mm.

Dias de chuva

Nem sempre o total de chuva precipitado, considerado isoladamente, é um bom parâmetro para avaliar se a disponibilidade hídrica em determinado período é suficiente para o atendimento de atividades de plantio, como o de mudas de espécies arbóreas. Já o número de dias de chuva proporciona indicações da intensidade da precipitação ao longo do período estudado. Com o objetivo de melhor avaliar a disponibilidade hídrica para a região, calculou-se a relação entre a precipitação pluviométrica total e o número de dias de chuva ao longo do ano (Figura 4.1).

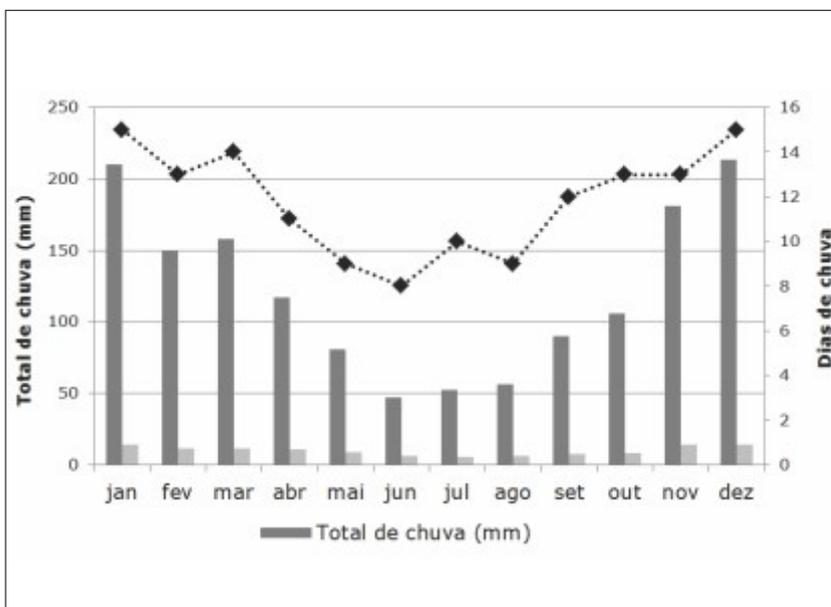


Figura 4.1. Relação entre precipitação pluviométrica média total no ponto central e número de dias de chuva ao longo do ano nos três postos pluviométricos na região do Comperj.

Em janeiro, fevereiro e março, período em que a precipitação pluviométrica total, de 518 mm, se distribuiu em 42 dias, a taxa média diária de chuva foi de $12,3 \text{ mm dia}^{-1}$. Já para o segundo trimestre chuvoso, abrangendo março, abril e maio, essa taxa alcançou $10,3 \text{ mm dia}^{-1}$, tendo-se em conta uma precipitação total de 356 mm distribuída em 34 dias de chuva. No terceiro trimestre considerado para fins deste estudo (junho, julho e agosto), a taxa média diminuiu para $5,8 \text{ mm dia}^{-1}$, o mais baixo valor do período, com precipitação total de 155 mm e 27 dias chuvosos. Para o quarto trimestre, a precipitação pluviométrica foi de 500 mm, distribuindo-se em 41 dias, resultando em uma taxa média de $12,2 \text{ mm dia}^{-1}$. Tais resultados mostram a distribuição, ao longo do ano, dos eventos de chuva acumulados por mês. Outro resultado interessante é a distribuição dos eventos extremos diários de chuva em função de intervalos de frequência de 5, 10, 20 e 100 mm (Figura 4.2).

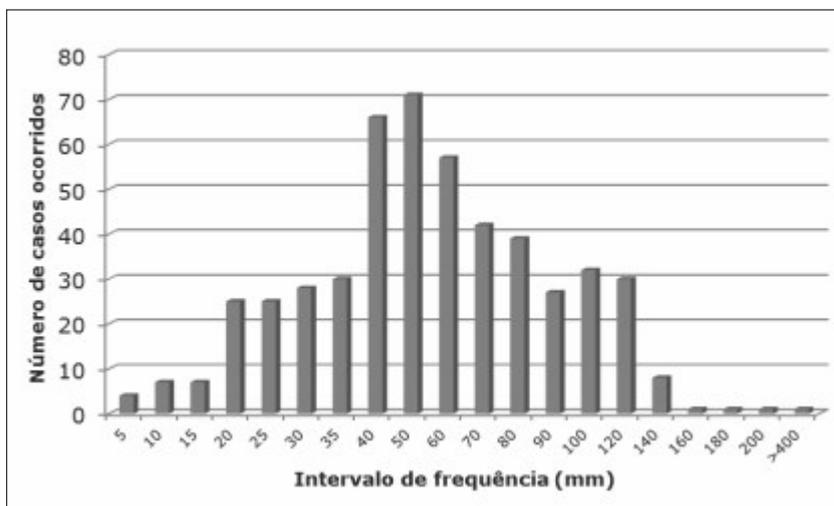


Figura 4.2. Distribuição de eventos extremos de precipitação pluviométrica no período 1968-2009 nos três postos pluviométricos na região do Comperj.

Constata-se que a maior parte dos eventos extremos (cerca de 40%) caracteriza-se por um intervalo de 40-60 mm de chuva em um dia; já chuvas com intensidade diária superior a 100 mm ocorreram em aproximadamente 15% dos casos.

A associação desses dados com parâmetros hídricos do solo, como a taxa de infiltração, permite um melhor planejamento de ações de campo, incluindo o preparo do solo, o plantio de mudas e o manejo pós-plantio.

Radiação solar

A temperatura do ar está intrinsecamente relacionada à quantidade de energia disponível na atmosfera, sendo o Sol a fonte dessa energia. Como mostra a Figura 4.3, a incidência de radiação solar é maior na primavera e no verão, alcançando respectivamente intensidades de $4\,500\text{ W m}^{-2}$ e $5\,200\text{ W m}^{-2}$ de radiação solar global. Como o saldo de radiação¹ está estreitamente relacionado com a radiação solar global (ATAÍDE, 2007), há nesses períodos do ano mais

¹ O saldo de radiação (Rn) representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre, sendo definido como o balanço de radiação de todos os fluxos radiativos que chegam e saem de uma superfície. É um componente fundamental para a estimativa do balanço de energia na superfície e para a previsão do tempo, tendo aplicação na agricultura (ATAÍDE, 2007).

energia disponível para desencadear os fenômenos atmosféricos e suprir as necessidades bióticas e abióticas do ecossistema.

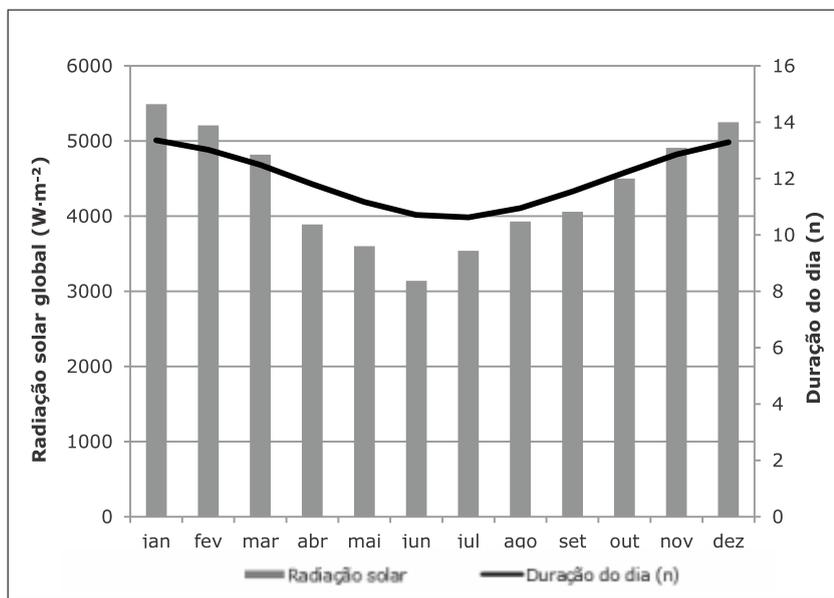


Figura 4.3. Variação sazonal da radiação solar global média diária e da duração do dia no período 1961-1990 no ponto central na área do Comperj.

O menor valor de radiação solar global foi registrado no mês de junho (Figura 4.3), quando o Sol alcança seu ponto extremo no hemisfério norte, com dias consequentemente mais curtos no hemisfério sul.

As espécies vegetais têm melhor desenvolvimento sob determinadas condições de radiação solar e de fotoperíodo. Tendo-se em vista os trabalhos de revegetação da área do Comperj, essas informações devem ser levadas em conta na seleção das espécies mais adequadas para as diversas etapas desse processo.

Umidade relativa

A Tabela 4.4 indica os valores de umidade relativa atribuídos à área do Comperj no período 1961-1990.

Tabela 4.4. Médias mensais de umidade relativa do ar estimadas com o programa Radiasol para o período 1961-1990 no ponto central da área do Comperj.

Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média anual
UR (%)	78	78	79	81	80	80	79	78	79	80	79	80	79

Por sua pequena variação em termos médios, buscou-se melhor analisar esse elemento meteorológico utilizando dados absolutos do município ou de seu entorno. Itaboraí conta com dados de monitoramento de umidade relativa do ar referentes ao período 1992-1996 (ITABORAÍ, 2010), mais recentes, portanto, que os da Tabela 4.4, permitindo constatar que a média das máximas sofre variação pouco significativa ao longo do ano. No entanto, na média das mínimas é notória uma inflexão, no período de inverno, para umidades relativas mínimas mais baixas, que chegam a alcançar pouco mais de 20%, em razão da maior frequência, nessa estação, de massas de ar seco, normalmente associadas com períodos de tempo estável e de poucas chuvas. Já no verão, a umidade relativa do ar é extremamente alta, variando de 85% a 95%. Os dados disponíveis mostram também que o mês mais úmido, em termos absolutos, é janeiro, em decorrência das altas taxas de precipitação pluviométrica e da alta temperatura do ar, embora valores de umidade relativa do ar inferiores a 40% sejam comuns na região na época de inverno. (Há registros de valores próximos de 20%.)

Embora a Organização Mundial da Saúde (OMS) não faça recomendações nem formule valores de referência sobre umidade relativa do ar (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2006), costumam-se adotar as seguintes faixas: *estado de atenção*, quando a umidade relativa se situa na faixa de 20% e 30%; *estado de alerta*, de 12% a 20%; e *estado de emergência*, quando os valores estão abaixo de 12% (SÃO PAULO, 2006).

Balanço hídrico

A Tabela 4.5 mostra a variação anual de parâmetros climáticos ligados ao balanço hídrico climatológico no ponto central da área do Comperj. O balanço hídrico mensal permite um planejamento integrado dos recursos hídricos da região em termos agrícolas, facilitando decisões sobre a aquisição de sistemas de irrigação, o dimensionamento da lâmina líquida do sistema e o manejo da irrigação (quanto e quando irrigar), com base em dados históricos de evapotranspiração.

Tabela 4.5. Balanço hídrico climatológico do ponto central da área do Comperj.

Localidade: Comperj			Município: Itaboraí			
Latitude*:	-22,66	Longitude*:	-42,80	Altitude: 27 m		
Mês	T (°C)	P (mm)	ET ₀ (mm)	ETR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
jan	24,2	210,2	126,0	126,0	84,2	0,0
fev	24,5	150,1	114,3	114,3	35,9	0,0
mar	22,9	158,2	114,3	114,3	43,9	0,0
abr	22,0	117,1	85,6	85,6	31,5	0,0
mai	20,1	80,8	67,4	67,4	13,4	0,0
jun	18,6	47,3	51,9	51,8	0,0	0,1
jul	18,2	52,5	50,5	50,5	0,0	0,0
ago	19,0	56,3	57,7	57,6	0,0	0,0
set	19,7	90,1	64,2	64,2	22,2	0,0
out	21,0	105,7	81,8	81,8	23,9	0,0
nov	22,3	181,0	96,4	96,4	84,6	0,0
dez	23,3	213,3	114,4	114,4	98,9	0,0
Anual	21,3	1 462,7	1 024,4	1 024,2	438,5	0,1
Ih:	42,8				Clima: úmido	
Iu:	42,8				mesotérmico	
Ia:	0,0				Köppen: Aw	
					Meses secos**: 3	

T: temperatura do ar; P: precipitação pluviométrica; ET₀: evapotranspiração referencial; ETR: evapotranspiração real; EXC: excedente hídrico; DEF: deficiência hídrica; Ih: índice hídrico; Iu: índice de umidade; Ia: índice de aridez. *Coordenadas geográficas expressas em graus decimais.**Precipitação mensal inferior a 60 mm.

A evapotranspiração de referência anual² para o ponto central do Comperj foi de 1 024 mm (Tabela 4.5), com média mensal de 85,3 mm, correspondente a 2,8 mm dia⁻¹. Os meses com maior e menor evapotranspiração potencial são, respectivamente, janeiro e julho (126 e 50 mm), épocas de maior e menor demanda de água pela vegetação.

O balanço hídrico (Figura 4.4) revelou nove meses com excedente hídrico (setembro a maio), com acúmulo de aproximadamente 440 mm (Tabela 4.5). Esse excesso provavelmente abastecerá o lençol freático da região. De maio a setembro, o excedente hídrico é normalmente nulo, ocasionando menor umidade disponível no solo para a vegetação (Tabela 4.5). Nesse período são habituais deficiências hídricas moderadas que não prejudicam, e até mesmo favorecem, algumas culturas permanentes já implantadas na região, tais como as de *Citrus* sp., que embora bastante comuns foram abandonadas na área do Comperj após as desapropriações. No entanto, no caso de revegetação com espécies nativas, é necessária atenção para o período de baixa disponibilidade de água, durante o qual se requererá irrigação para as mudas.

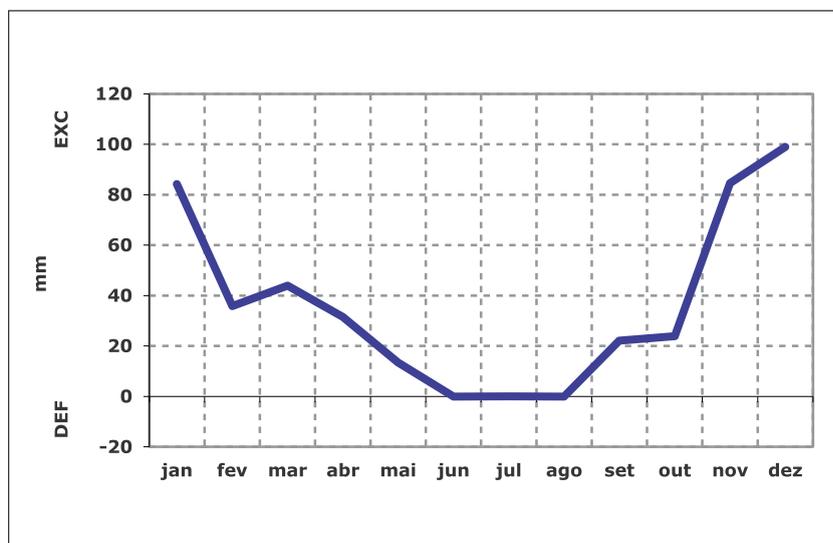


Figura 4.4. Extrato do balanço hídrico mensal do ponto central do Comperj.

² Evapotranspiração para uma dada cultura bem adaptada e selecionada para propósitos comparativos, sob dadas condições climáticas, com adequada bordadura para um regime de irrigação padronizado e apropriado para essa cultura e a região considerada.

Classificação climática

O clima da área do Comperj é tropical do tipo *Aw* (KÖPPEN, 1948), ou seja, tropical com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro. (Julho é o mês mais seco.)

No entanto, pela combinação de dois meses secos de inverno e de totais anuais de pluviosidade variando de 1 000 a 1 500 mm, pode-se também interpretar essa área como de transição ao clima tropical semiúmido (tipo *Am*). Trata-se de uma transição entre os tipos climáticos *Af* e *Aw*, caracterizada por temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C, com uma breve estação seca que é compensada pelos totais elevados de precipitação.

Considerações finais

Na área do Comperj, há maior número de dias de chuva por mês durante o quadrimestre novembro-fevereiro. Dezembro é o mês mais chuvoso. Essas condições podem dificultar a realização de trabalhos de campo, incluindo tratos culturais, movimentação de máquinas e veículos e a própria lida no campo. Nesse período também ocorrem as maiores temperaturas do ar, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar.

O trimestre junho-agosto reúne os meses com menor precipitação, sendo que junho e julho apresentam dias mais curtos, menor incidência de radiação solar e menores temperaturas.

O balanço hídrico climatológico da área revela, em termos médios, um excedente hídrico nos meses de setembro a maio, mas excedente hídrico nulo de junho a agosto, período seco em que a adoção de técnicas de irrigação se faz necessária para o sucesso de novos plantios. O conhecimento das exigências edafoclimáticas e das condições agrometeorológicas descritas neste capítulo tem papel decisivo não apenas em novos plantios, mas pode também se revelar elemento diferencial para o sucesso no manejo de plantios já implementados.

Referências

ANJOS, I. B. dos; NERY, J. T.; MARTINS, M. de L. O. F. Análise da criminalidade em Maringá (Pr) associado a elementos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Fóz do Iguaçú. **Anais...** Brasilia: SBMET, 2002. CD-ROM.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.

FAO. **Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requeriments**. Roma: FAO, 1990.

GONÇALVES, A. O.; GACHET, G. F.; SILVA, C. A. M. Automação de algoritmo para caracterização climática de Köppen utilizando procedimentos computacionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: SBAGRO, 2005. CD-ROM.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. Ciudad de México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

NÃÃS, I. de A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.

PITTON, S. E. C.; DOMINGOS, A. É. Tempo e doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes –SP. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 1, n. 2, p.75-86, 2004.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thornthwaite & Mather (1955), v5.0**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1999.

ROSEIRO, M. N. V. **Morbidade por problemas respiratórios em Ribeirão Preto, de 1995 a 2001, segundo indicadores sociais, ambientais e econômicos.** 2002. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Ambiental, Departamento de Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.

UFRGS. **Radiasol:** software para cálculo de radiação solar incidente: versão 2.0. Porto Alegre, 1998. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso: 10 jul. 2010.

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. da S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 4, p. 501 - 509, 2008.

ATAÍDE, K. R. da P. Determinação do saldo de radiação em superfície com produtos do sensor MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007.

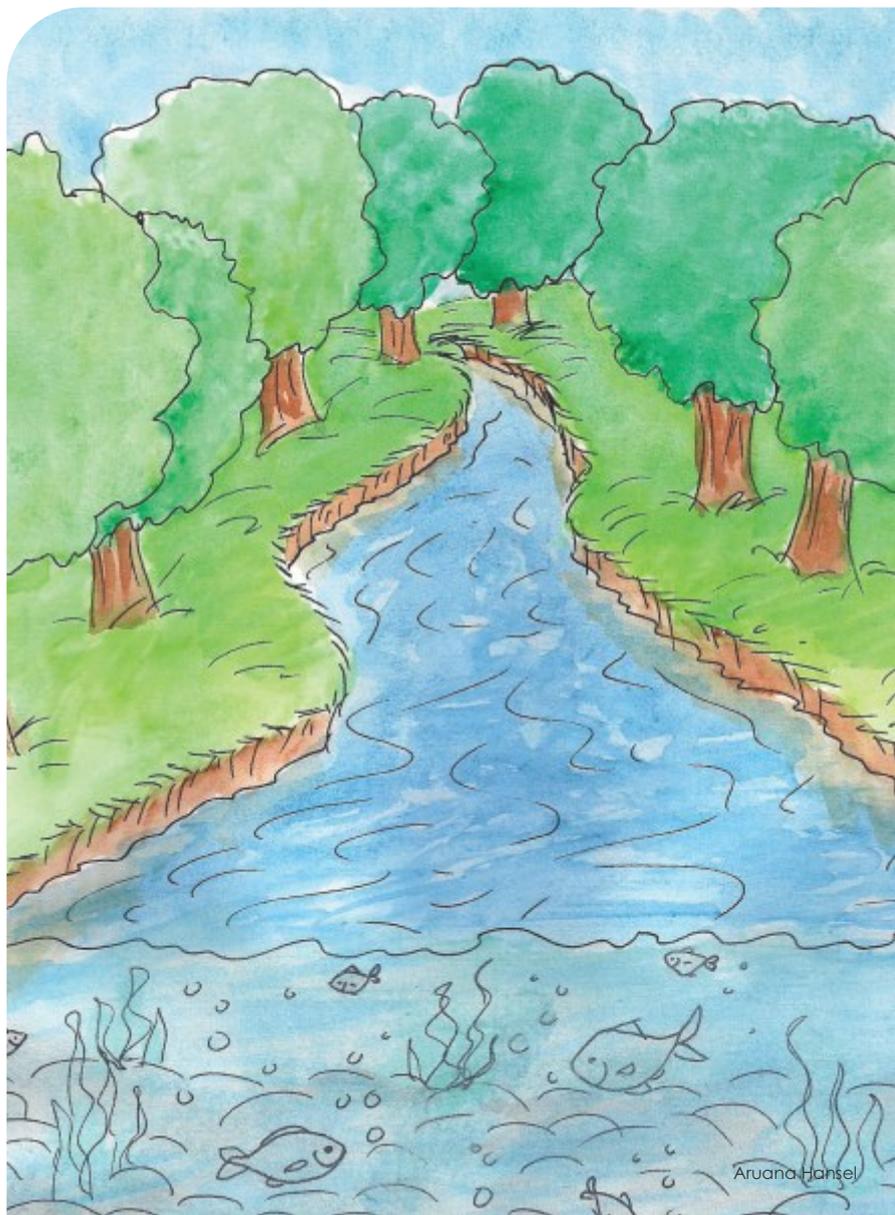
ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (Brasília). **Clima e Saúde.** Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/fotos/clima.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2006.

SÃO PAULO (Cidade). **Baixa umidade relativa do ar aumenta problemas respiratórios.** Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=3452>. Acesso em: 21 jun. 2010.

ITABORAÍ. Prefeitura Municipal. **Plano municipal de saneamento básico**: relatório base (Maio/10 - v1). Disponível em: <<http://itaborai.rj.gov.br/home/PMSB.pdf>> Acesso em 21 jun. 2010.

PARTE II

A água



*Fabricio Augusto Hansel
Rachel Bardy Prado*

Introdução

A água nas bacias hidrográficas em que se localiza o Comperj

A área abrangida pelo Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) se distribui nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu, que constituem cerca de metade da área de captação da bacia da baía de Guanabara. Com áreas de drenagem aproximadas de respectivamente 1 640 e 850 km², essas bacias são responsáveis pelo abastecimento de água de quase dois milhões de pessoas, principalmente dos municípios de São Gonçalo e Niterói (PEDREIRA et al., 2009). A água é captada e distribuída a esses dois últimos municípios por meio do sistema Imunana-Laranjal, embora existam outros pontos de captação nessas bacias, inclusive para comercialização como água mineral.

As bacias Guapi-Macacu e Caceribu podem ser consideradas provedoras de água pelo fato de apresentarem superávit na produção em relação à demanda pela população nelas presente, o que permite que também abasteçam a população de outras bacias. Ainda assim, o abastecimento aos próprios municípios das bacias Guapi-Macacu e Caceribu não é homogêneo em termos de eficiência, obrigando a captações suplementares em nascentes e poços, principalmente nas comunidades rurais.

Ambas as bacias se beneficiam da presença de fragmentos de mata ainda preservados, principalmente nas áreas mais elevadas, que protegem muitas nascentes. No entanto, o relatório Observatório das Metrôpoles (2005) ressalta que em determinadas áreas, sobretudo em São Gonçalo e Itaboraí, parte da população permanece sem abastecimento de água adequado.

Fatores como o desmatamento e o tipo de ocupação e uso das terras ao longo dos diferentes ciclos econômicos, realizados sem preocupação conservacionista, incrementam os processos erosivos e de assoreamento dos rios dessas bacias, assim como a poluição aquática resultante do lançamento de esgotos sem tratamento.

Tais problemas são mais evidentes nas áreas de baixada, em que os fragmentos de matas são menores e menos frequentes e nos quais as matas ciliares estão ausentes. É nas águas dessa porção do território que se concentram os poluentes provindos da captação efetuada ao longo dos rios principais – Guapiaçu, Macacu e Caceribu – e de seus afluentes. A principal fonte de contaminação (poluição pontual) é a carga lançada pelas sedes dos municípios de Cachoeiras de Macacu, Tanguá, Guapimirim, Itaboraí e Rio Bonito, embora as comunidades rurais e indústrias instaladas na região contribuam em menor escala. As indústrias, ademais, são grandes consumidoras de água, provocando aumento da demanda. Além disso, a retificação dos rios Guapiaçu, Macacu e Caceribu na porção mais baixa de seus canais, pelo antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), alterou a dinâmica natural de alagamento das várzeas, assim como a deposição de sedimentos.

O aumento populacional observado nas duas bacias, principalmente ao longo das rodovias, também é preocupante em termos da degradação dos recursos hídricos. Os censos demográficos do IBGE de 2000 e 2010 revelaram que a população total dos sete municípios (Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, Rio Bonito, São Gonçalo, Tanguá e Niterói) cujo abastecimento de água depende das bacias do Guapi-Macacu e do Caceribu cresceu 14,9% na década (1,3% ao ano) – um aumento absoluto de 237 524 habitantes –, com decorrente aumento da demanda por água (PEDREIRA et al., 2009).

Wasserman et al. (2010), avaliando a qualidade da água das

bacias Guapi-Macacu e Caceribu, concluíram que, de modo geral, a água do rio Caceribu encontra-se mais degradada que a do Guapi-Macacu, ainda mais ao se considerar que na bacia deste último a vazão disponível para diluir a poluição é maior. Os parâmetros mais significativos foram os relacionados à entrada de esgoto, como sugerem as altas concentrações de coliformes fecais que, em ambos os rios, superaram os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

Biogeoquímica em cursos d'água

Em toda bacia de drenagem, a água proveniente de fontes como córregos, riachos, rios e escoamentos superficiais converge para um único ponto. Dessa maneira, os cursos d'água vão, ao longo de seu trajeto, enriquecendo-se de materiais orgânicos e inorgânicos, sejam estes gerados no leito (autóctones) ou incorporados da circunvizinhança (alóctones). Similarmente, toda atividade, seja cultural (exercida pelo homem) ou não-cultural (processos naturais), processada na área circundante afeta as características de um curso d'água. Williams e Melak (1997), por exemplo, constataram um aumento na mobilidade de solutos de solos superficiais após o corte e queima da vegetação em uma bacia de drenagem. Johnson et al. (1997), por sua vez, mostraram que a perda de nutrientes em bacias com características agrícolas é maior que naquelas que dispõem de áreas florestadas e pastagens.

Um dos mais influentes modelos na pesquisa de cadeia alimentar em rios – o Conceito do Rio Contínuo – visa descrever as alterações que ocorrem longitudinalmente em um curso d'água (VANNOTE et al., 1980). O modelo enfatiza a importância da incorporação da matéria orgânica terrestre (alóctone) na sustentação da produção secundária (qual seja, de pequenos peixes). Esse enfoque considera que todo e qualquer curso d'água em grande parte incorpora material alóctone e, portanto, reflete as alterações de seu entorno.

Dados sobre os ciclos biogeoquímicos evidenciam a interação entre os processos biológicos, químicos e geológicos das fontes e os estoques de elementos e seus respectivos fluxos ao longo de diferentes locais dentro de um ecossistema (BIANCHI, 2007). Em um sistema que

inclua cursos d'água, isso significa as interações bióticas (entre plantas, animais e microrganismos) e abióticas (físicas e químicas) que ocorrem nos compartimentos 'água', 'sedimentos' e 'áreas adjacentes'. Uma das características principais dos cursos d'água é que, devido a seu fluxo unidirecional contínuo, qualquer evento ocorrido em determinado ponto exerce uma influência biogeoquímica inevitável a jusante, sendo que a montante pouca ou nenhuma influência é observada (LEWIS, 2010).

O impacto antrópico negativo nos cursos d'água, fenômeno hoje mundial, apresenta-se como função da distância entre as áreas de utilização humana e esses cursos, assim como das formas de uso do solo e do grau de preservação das matas ciliares (GERGEL et al., 2002). A qualidade da água pode ser avaliada por diferentes parâmetros químicos, físicos e biológicos (CONAMA, 2011). A escolha desses parâmetros depende grandemente das características a investigar e exige uma avaliação crítica da área de entorno e das instalações analíticas disponíveis para as mensurações. Parâmetros simples, como pH, condutividade e sólidos totais, dissolvidos e suspensos, não necessitam de uma estrutura complexa de laboratório, e muitos podem ser medidos *in loco*. No entanto, medir parâmetros como pesticidas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e metais requer laboratórios munidos de equipamentos específicos, além de estratégias adequadas para a coleta, preservação e transporte das amostras.

Para monitorar os impactos que as ações do Projeto Corredor Ecológico Comperj exercem sobre a qualidade da água, optou-se por selecionar apenas a área de intervenção do projeto. Esse monitoramento das águas, a ser realizado no compartimento Quaternário na área experimental do Comperj, tem como objetivo geral identificar as influências positivas e negativas que alteram a dinâmica de aporte orgânico e inorgânico nos sistemas aquáticos em decorrência da intervenção humana exercida durante a recuperação da cobertura vegetal na área.

Métodos

Área de estudo e parâmetros avaliados

A área do Comperj é contornada na porção norte pelo rio Macacu (após a confluência do Guapiaçu) e na porção sul pelo rio Caceribu (Capítulo 1, Figura 1.1). A maior parte da rede de drenagem da área do Comperj escoa para o trecho de rio após a confluência do Guapiaçu com o Macacu.

A qualidade da água foi monitorada em dois córregos localizados na área de intervenção do projeto. Um deles (aqui denominado córrego 1) é inteiramente circunscrito por essa área desde sua nascente; o segundo (córrego 2) serve de divisa externa para o Comperj na porção oeste. Avaliou-se a qualidade da água em três pontos de cada córrego: P01, P02 e P03 no córrego 1 e P04, P05 e P06 no córrego 2 (Figura 5.1).

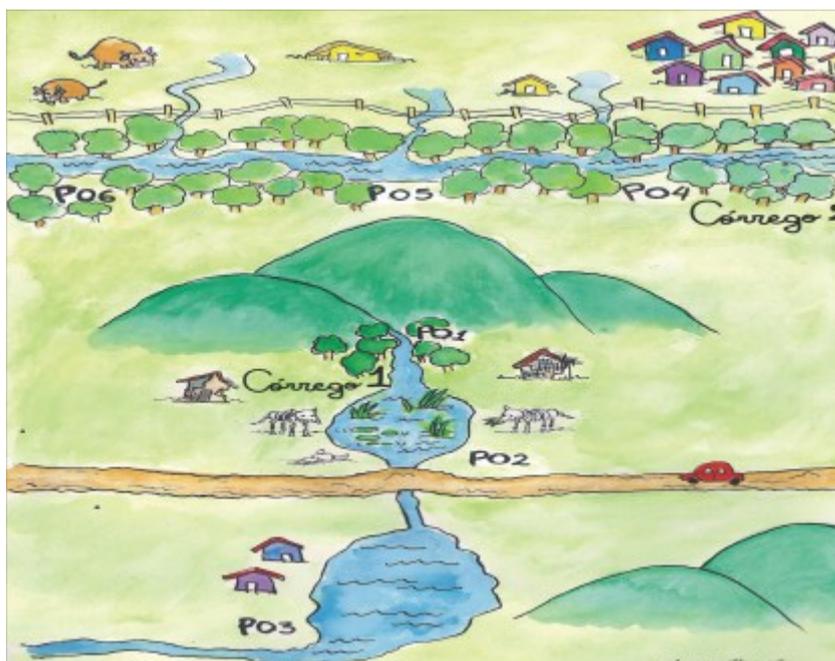


Figura 5.1. Cursos d'água investigados e seus ambientes de entorno responsáveis pelas principais contribuições para os parâmetros inorgânicos e orgânicos avaliados, destacando-se o caráter antigo das moradias e dos animais próximos ao córrego 1.

Com base em estudos prévios da área e no levantamento das classes de uso e cobertura do solo (Capítulo 3), foram selecionados para análise os seguintes parâmetros químicos inorgânicos: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), nitrogênio (N) e fósforo (P). Os lipídios foram o parâmetro orgânico escolhido.

Os compostos químicos inorgânicos, não baseados em estruturas carbônicas, têm origem essencialmente mineral (rochas). O número de elementos inorgânicos em um curso d'água é grande e a seleção de quais devem ser monitorados depende dos possíveis contaminantes e das condições dos laboratórios a serem utilizados para as análises. Selecionaram-se elementos inorgânicos que podem ser medidos simultaneamente (Ca, Mg, K, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb, Hg) e que influenciam de maneira significativa a qualidade da água (por exemplo, N e P). Para a seleção dos metais, consideraram-se os que são essenciais ao crescimento da vida aquática (os macronutrientes Ca, Mg e K e os micronutrientes Fe, Zn, Mn, Cu), além de alguns metais pesados de origem antropogênica (produtos de processos industriais) que são tóxicos (Cr, Cd, Pb e Hg).

A matéria orgânica dos cursos d'água foi investigada por meio dos lipídios, que embora insolúveis em água são extraíveis com auxílio de solventes. Certos lipídios podem ser utilizados como biomarcadores (substâncias químicas que podem ser usadas como indicadores de um estado biológico) e sua identificação em um curso d'água permite rastrear fontes específicas (MEYERS, 2003), inclusive aportes de esgoto doméstico. As principais classes de biomarcadores lipídicos habitualmente identificados em cursos d'água são ácidos carboxílicos, hidrocarbonetos, alcoóis e esteróis (exemplos na Figura 5.2).

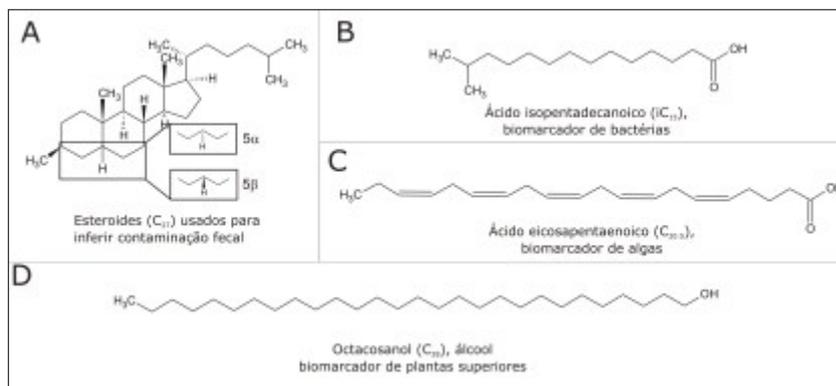


Figura 5.2. Exemplos de biomarcadores lipídicos presentes em cursos d'água. A: esteróis com 27 átomos de carbono, em duas formas isoméricas: 5 α (colestanol) e 5 β (coprostanol); B: ácido carboxílico saturado; C: ácido carboxílico poli-insaturado; D: álcool saturado.

Coleta, transporte e armazenamento

As amostras foram coletadas em fevereiro de 2011. A coleta atendeu às exigências específicas de obtenção, transporte e armazenamento, dependendo do tipo de parâmetro a avaliar:

- *Inorgânicos*: Empregaram-se frascos de polietileno (500 mL) previamente limpos e intensivamente enxaguados com água ultrapura. Foram utilizados três frascos por ponto: (1) metais totais, (2) nitrogênio total e (3) fósforo total. As mostras foram preservadas em caixas térmicas com gelo (4 °C) até o momento da análise. Na chegada ao laboratório, que ocorreu em até 48 h, adicionou-se ácido nítrico (3 mL L⁻¹, HNO₃ 50% em água, pH < 2) às amostras destinadas à análise de metais. Para as análises de nitrogênio total e fósforo total não se adicionaram agentes de preservação (EPA, 1994; EPA, 1997).
- *Orgânicos*: Utilizaram-se frascos de vidro (1 L) previamente limpos e enxaguados com água ultrapura, seguida de acetona (grau HPLC). As amostras foram transportadas em até 48 h em caixas térmicas com gelo (4 °C) ao laboratório, onde foram filtradas a 40 μ m com filtros de vidro, os quais foram congelados em seguida. Os lipídios foram extraídos do material retido nesses filtros (JAFFÉ et al., 1995).

Análises

Para as análises de metais totais, as amostras foram refluxadas em HNO_3 e submetidas a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Para as quantificações, construíram-se curvas de calibração.

Para determinação de fósforo total, a amostra foi digerida a quente com mistura sulfonítrica. As mensurações foram feitas com espectroscopia UV/vis, utilizando o método do ácido ascórbico. Para a quantificação, construiu-se uma curva de calibração.

Para determinação de nitrogênio total, a amostra foi homogeneizada e submetida a oxidação catalítica com detecção por quimioluminescência (TN-CLD).

Os lípidios totais foram extraídos submetendo-se os filtros secos a $60\text{ }^\circ\text{C}$ a uma mistura de solventes orgânicos (clorofórmio : acetona, 9:1, 10 mL) sob ultrassom (15 min). Os extratos secos foram transesterificados (2 000 μL , metanol : cloreto de acetila, 9:1, 12 h, $70\text{ }^\circ\text{C}$) e em seguida silanizados (40 μL , BSTFA, 1 h, $70\text{ }^\circ\text{C}$). A seguir, estes foram avolumados com hexano (100 μL) e analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS). Para quantificação, adicionaram 10 μg de androstanol antes da extração.

Resultados e discussão

As distribuições dos cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ enquadraram-se nos valores encontrados para água doce em todo o mundo, com exceção dos teores de potássio no córrego 2, limítrofe à área do Comperj, que superam o máximo habitual para água doce (cerca de $3,3\text{ mg L}^{-1}$) (CRONAN, 2010). De fato, os valores de cálcio e potássio encontrados nesse córrego excederam também os do córrego 1, que nasce no interior dessa área. O mesmo padrão foi observado para os nutrientes nitrogênio e fósforo, com maiores teores no córrego 2 (Tabela 5.1). Uma das fontes naturais desses nutrientes é a dissolução do solo adjacente associada ao escoamento superficial. Os altos teores de cálcio, potássio, nitrogênio e fósforo detectados no córrego 2 podem indicar influência

antrópica (aporte de esgoto doméstico), pois esse curso d'água recebe contribuições de áreas urbanizadas e atividades agropecuárias externas ao empreendimento. Em termos de nitrogênio e fósforo, o córrego 1 se assemelha a cursos d'água mesotróficos (parcialmente ricos em nutrientes); o córrego 2, por sua vez, enquadra-se na categoria dos eutróficos (ricos em nutrientes) (DODDS et al., 1998).

Tabela 5.1. Componentes inorgânicos detectados nos córregos da área do Comperj.

	Córrego 1			Córrego 2		
	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Macronutrientes (mg L ⁻¹)						
Cálcio (Ca)	5,06	2,89	4,50	12,6	7,08	2,22
Magnésio (Mg)	4,08	2,28	3,05	4,18	5,62	2,39
Potássio (K)	3,38	2,38	1,96	8,12	6,36	7,32
Nitrogênio (N)	1,60	1,00	1,80	2,40	1,70	3,10
Fósforo (P)	0,03	0,02	0,09	0,23	0,12	0,20
Micronutrientes (µg L ⁻¹)						
Ferro (Fe)	2 900	2 380	5 590	2 240	2 150	2 640
Manganês (Mn)	331	130	123	98	60	62
Cobre (Cu)	-	0,5	-	1,0	-	-
Zinco (Zn)	0,3	2,1	-	0,8	-	2,9
Outros metais (µg L ⁻¹)						
Alumínio (Al)	45	148	179	515	253	1 820

Com relação aos micronutrientes, ambos os córregos se assemelham nos teores de ferro, cobre, zinco e manganês, com ressalvas para os pontos P01 e P03 no córrego 1, nos quais se constatou, respectivamente, aumento de ferro, além de ligeiro aumento de manganês (Tabela 5.1). No ponto P03 (córrego 1) a água encontra-se represada, o que pode alterar significativamente as relações biogeoquímicas ali existentes. Por exemplo, uma maior incidência de raios solares facilita o crescimento de algas, com maior retenção de ferro na coluna de água.

Quanto aos componentes tóxicos, não se detectaram metais pesados tóxicos (Hg, Pb, Cd e Cr) em nenhum dos dois córregos. Os teores de micronutrientes potencialmente tóxicos (Fe, Mn, Cu, Zn) foram inferiores aos limites críticos determinados pelo Conselho

Nacional do Meio Ambiente (Conama).

O teor de alumínio é bastante variável em ambos os córregos, sendo que no ponto P06 o teor desse elemento superou os dos demais (Tabela 5.1), possivelmente indicando um processo erosivo a montante, uma vez que o alumínio é constituinte das argilas.

A matéria orgânica presente nos córregos foi estudada a partir dos lipídios. A Figura 5.2 resume as principais classes desses compostos presentes em material particulado e suas utilizações principais. A predominância de ácidos e alcoóis com mais de 20 átomos de carbono indica uma maior contribuição de plantas superiores (mata ciliar, gramíneas e macrófitas) na matéria orgânica presente nesses córregos. No ponto P02, as macrófitas constituíram a principal fonte da matéria orgânica de origem terrestre, devido à ausência de mata ciliar. Nos dois cursos d'água, essa contribuição foi mais claramente mostrada pela distribuição dos alcoóis (Figura 5.3A e B), sendo as únicas exceções os pontos P03 e P06. Em ambos, a contribuição dos microrganismos aquáticos foi pronunciada (compostos majoritariamente com menos de 20 carbonos). No ponto P03 essa diferença pode estar associada ao represamento, pois com maior espelho d'água há maior incidência de luminosidade, que favorece o crescimento de algas e eleva a proporção destas em relação às plantas. Em P06, a maior quantidade de microrganismos pode estar relacionada ao maior teor de nitrogênio, que provavelmente resulta do aporte de esgoto doméstico, o qual favorece o crescimento de microrganismos.

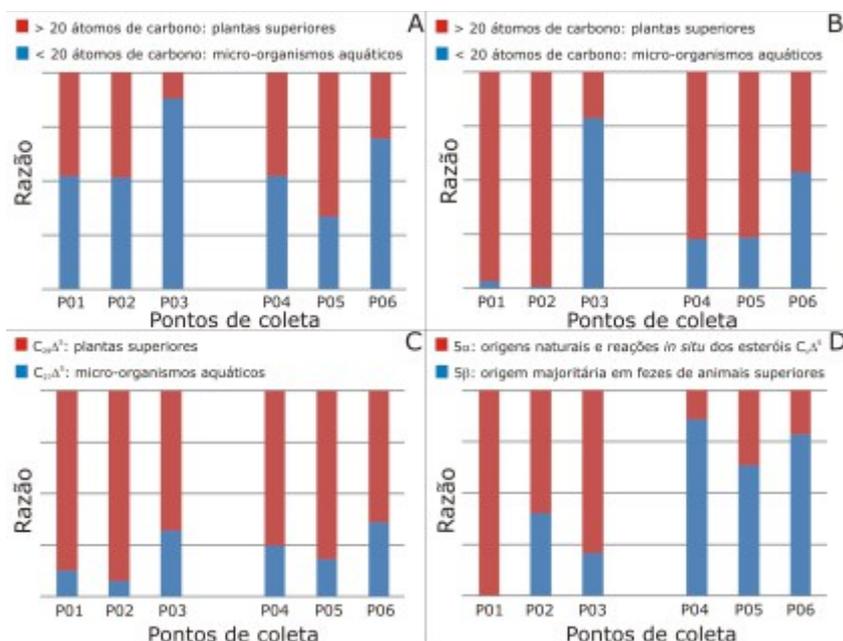


Figura 5.3. Distribuição relativa de alguns biomarcadores que apontaram as principais fontes da matéria orgânica presente nos córregos 1 (P01, P02, P03) e 2 (P04, P05, P06). A: razões entre ácidos saturados; B: razões entre alcoóis saturados; C: razões entre colesterol ($C_{27}\Delta^5$) e sitosterol ($C_{29}\Delta^5$); D: razões entre esteróis 5 β (coprostanol + 24-etil-coprostanol) e 5 α (colestanol + estigmastanol).

Os esteróis também podem ser usados na distinção das fontes de matéria orgânica (de microrganismos e de plantas superiores). Essa análise revela o mesmo padrão, com os pontos P03 e P06 apresentando maiores contribuições de microrganismos aquáticos em relação a outros pontos do mesmo córrego (Figura 5.3C). Entretanto, a maior presença de sitosterol ($C_{29}\Delta^5$) é indicativa de incorporação majoritária de plantas superiores em todos os pontos, em ambos os córregos (Figura 5.3C).

Alguns esteróis são indicadores fecais, ou seja, prestam-se ao diagnóstico da incorporação de material fecal nos cursos d'água, oriundo principalmente de esgoto (BULL et al., 2002). O córrego 2, limítrofe à área, mostrou-se contaminado por esgoto doméstico em todos os pontos amostrados, como evidencia a maior presença de compostos 5 β em relação a 5 α (Figura 5.3D). No córrego 1, detectaram-se esteróis 5 β (coprostanol e 24-etil-coprostanol) nos pontos P02 e P03,

embora em baixas proporções, o que não permite afirmar ocorrência de contaminação por material fecal.

Considerações finais

Os córregos monitorados na área do Comperj possuem características bem distintas devido a suas localizações. No córrego 2, limítrofe à área, os valores alterados de nutrientes (N, P e K) e a contaminação fecal (indicada pela alta presença relativa de coprostanol e 24-etil-coprostanol) refletem atividades humanas que estão em curso no entorno do complexo. As principais fontes provavelmente estão relacionadas ao escoamento superficial de nutrientes e dejetos das atividades agropecuárias por canais de drenagem (naturais e artificiais), além do aporte de esgotos não tratados. Embora a água desse córrego apresente-se alterada, sua principal fonte de matéria orgânica ainda é a vegetação das margens (mata ciliar) em processo de regeneração, além de espécies macrófitas.

A água do córrego 1, por sua vez, é de melhor qualidade, principalmente no ponto P01, no qual a vegetação se encontra em regeneração natural, com pouca interferência humana. A identificação de esteróis 5β nos pontos P02 e P03, embora não apontando contaminação fecal, pode ser reflexo de uma incipiente influência humana recente (efluentes de residências ainda utilizadas na área) ou mesmo antiga (efeito remanescente das atividades de pequenas chácaras que compunham a área antes do período de desapropriação para o empreendimento). A grande presença da matéria orgânica originária de microrganismos aquáticos no ponto P03 está associada ao espelho d'água formado pelo represamento.

Os dados obtidos mostram claramente que o transporte e depósito de material nos cursos d'água são influenciados pelas características do ambiente circundante, incluindo mata ciliar em regeneração, macrófitas, áreas habitadas e atividades agropastoris. O monitoramento dos cursos d'água está em andamento e visa explicitar, ao final do projeto, a dinâmica dos aportes orgânicos e inorgânicos que advirão do plantio de mudas e da regeneração natural da cobertura vegetal na área do Comperj.

Referências

BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of Estuarie**. New York: Oxford University Press, 2007.

BULL, I D.; LOCKHEART, M. J.; ELHMMALI, M. M.; ROBERTS, D. J.; EVERSHED, R. P. The origin of faeces by means of biomarker detection. **Environment International**, v. 27, p. 647, 2002.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente [home page]**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 11 abr. 2011.

CRONAN, C. R. Major cations (Ca, Mg, Na, K, Al). In: LIKENS, G. E (Ed.). **Biogeochemistry of Inland Waters**. [New York]: Academic Press, 2010.

DODDS, W. K.; JONES, J. R.; WELCH, E. B. Suggested criteria for stream trophic state: distribution of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen and phosphorus. **Water Research**, v. 32, p. 1455, 1998.

EPA. **Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**: method 200.7. Washington, 1994.

EPA. **Determination of inorganic anions in drinking water by ion chromatography**: method 300.1. Washington, 1997.

GERGEL, S. E.; TURNESR, M. G.; MILLER, J. R.; MELAK, J. M.; STANLEY, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, v. 64, n. 118, 2002.

JAFFÉ, R.; WOLFF, G. A.; CABRERA, A. C.; CHITTY, H. C. The biogeochemistry of lipids in river of the Orinoco basin. **Organic Geochemistry**, v. 59, p. 4507, 1995.

JOHNSON, L.; RICHARD, C.; HOST, G.; ARTHUR, J. Landscape influence on water chemistry in Midwestern stream ecosystem. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 193-218, 1997.

LEWIS, W. M. Chemical fluxes and dynamics in river and stream ecosystems. In: LIKENS, G. E. (Ed.). **Biogeochemistry of Inland Waters**. [New York]: Academic Press, 2010.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, v. 34, p. 261, 2003.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Projeto análise das regiões metropolitanas do Brasil**: relatório final. Rio de Janeiro: IPPUR-UFRJ, 2005. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/como_anda_RM_riodejaneiro.pdf>. Acesso em: 25 out. 2008.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu em área de Mata Atlântica – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: SBRH, 2009.

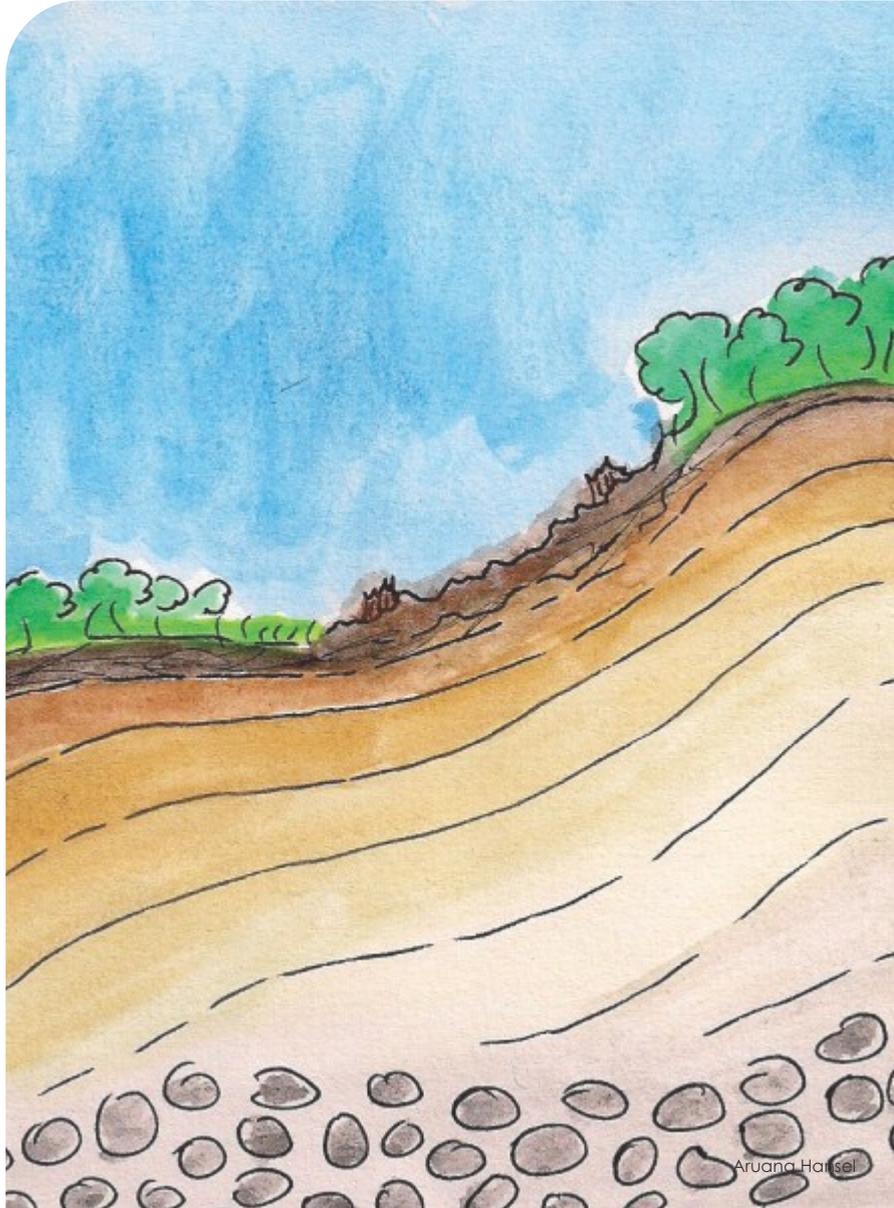
VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 130, 1980.

WASSERMAN, J. C.; BARCELLOS, R. G. S.; FERNANDES, A. P. P.; FILGUEIRAS, C. M.; SCARTON, J. G. E.; GIACOMINI, J.; CORTÊS, M. B. V.; AGUIAR, U. M. Qualidade da Água. In: HORA, A. F. da; HWA, C. S.; HORA, M. A. G. M. da. **Projeto Macacu**: planejamento estratégico da região hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu. Niterói: UFF, 2010. Disponível em: <<http://www.uff.br/projetomacacu/>> Acesso em: 21 jun. 2011.

WILLIAMS, M. R.; MELAK J. M. Solute export from forested and deforested catchments in the central Amazon. **Biogeochemistry**, v. 38, n. 303, p. 67-102, 1997.

A física e a química dos solos

PARTE III



*João Bosco Vasconcellos Gomes
Gustavo Ribas Curcio
Renato Antonio Dedecek
Michele Ribeiro Ramos*

Introdução

A análise química do solo permite quantificar sua riqueza em nutrientes. Para isso, procede-se à extração de elementos presentes em amostras de solo utilizando soluções específicas (denominadas extratores). A precisão dessa quantificação depende da eficiência dos extratores, mas a real disponibilidade desses nutrientes está relacionada com aspectos climáticos (radiação solar, água, temperatura etc.), biológicos (organismos) e outros do próprio solo (tais como relevo e posição na paisagem). De modo igualmente complexo, a mineralogia influencia a química do solo (retenção de nutrientes), com aspectos diretamente interrelacionados (reserva de nutrientes, adsorção de fósforo etc.) ou que têm efeitos sobre o regime hídrico do solo (arejamento e retenção de água) (RESENDE et al., 1988; RESENDE et al., 2007).

Esta investigação caracteriza a química e a mineralogia, contextualizadas com dados de paisagem, granulometria e morfologia, dos solos da área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) considerando seus materiais de origem, suas posições na paisagem e suas coberturas vegetais atuais, compostas de florestas secundárias e pastagens. O intuito final é o de auxiliar no manejo dos solos destinados à revegetação dessa área, bem como gerar informações que subsidiem o planejamento de uso e manejo de solos da

região para o desenvolvimento de atividades de revegetação e/ou de atividades produtivas.

Métodos

Os solos foram agrupados por origem litotípica, posição na paisagem e fitofisionomia atual (Tabela 6.1), como descrito no Capítulo 1. Além disso, para fins de discussão dos resultados, considerou-se também como atributo das amostras a declividade da paisagem da qual provieram (Tabela 6.2).

Tabela 6.1. Agrupamento das amostras segundo os critérios adotados.

Tipo de paisagem	Origem litotípica	Posição na paisagem	Fitofisionomia atual
Encosta (<i>n</i> = 38)	Proterozoico (<i>n</i> = 18) Terciário (<i>n</i> = 20)	terço superior (<i>n</i> = 13)	floresta (em regeneração) (<i>n</i> = 15)
		terço médio (<i>n</i> = 12)	pastagem abandonada (<i>n</i> = 23)
		terço inferior (<i>n</i> = 13)	
Planície (<i>n</i> = 10)	Quaternário (<i>n</i> = 10)	terraço (<i>n</i> = 3)	
		bacia de inundação (<i>n</i> = 5)	cobertura arbustiva (regeneração inicial) (<i>n</i> = 2)
		dique marginal (<i>n</i> = 1)	pastagem (<i>n</i> = 8)
		base da encosta (<i>n</i> = 1)	

n : número de perfis de solo considerados em cada compartimento.

Tabela 6.2. Declividade percentual dos sítios de amostragem nos diferentes compartimentos considerados.

Critério	Compartimento	<i>n</i>	Declividade			Desvio-padrão	<i>P</i>
			Média	Mínima	Máxima		
Tipo de paisagem	Planície (Holoceno)	10	6	1	42	13	<0,05
	Encosta	38	22	2	48	13	
Litotipia da encosta	Proterozoico	18	27	2	48	15	<0,05
	Terciário	20	17	2	34	9	
Fitofisionomia da encosta	Floresta	15	25	9	48	11	-
	Pastagem	23	20	2	46	13	

n: número de perfis de solo considerados em cada compartimento.

Amostragens e análises

As amostras foram coletadas em campanhas realizadas em 2009. As que se apresentaram deformadas foram secas ao ar e passadas em malha 2 mm para confecção de terra fina seca ao ar (TFSA).

Na discussão dos dados químicos, foram aproveitados os referentes aos horizontes genéticos superficiais (horizontes A, Ap e um caso de BA em um perfil com fase erodida). Os parâmetros determinados foram: pH em CaCl_2 , granulometria, carbono orgânico, fósforo assimilável e cátions do complexo sortivo (Ca, Mg, K, Al e H), todos conforme Embrapa (1997). A soma de bases, a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m) foram calculados a partir das determinações do complexo sortivo. Essas análises visaram quantificar a oferta de nutrientes para as plantas.

Para o estudo da mineralogia, foram utilizadas amostras subsuperficiais (horizontes genéticos B e C) de perfis selecionados em elevações das diferentes litotipias de encosta e de dois perfis da planície com diferentes graus de hidromorfismo. Foram realizadas análises de difração de raios X (DRX) e análise térmica diferencial (ATD), que podem auxiliar na qualificação e quantificação dos constituintes mineralógicos do solo. O estudo se concentrou na fração argila, separada da TFSA por sedimentação após dispersão com NaOH $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ (EMBRAPA, 1997). Essa fração foi desferrificada com ditionito-citrato-bicarbonato (MEHRA; JACKSON, 1960). Complementarmente, determinaram-se os teores de ferro, alumínio, titânio, fósforo e silício após tratamento da TFSA com H_2SO_4 1:1 (v:v). Com esses resultados foram calculadas as relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki), $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ (Kr) e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Com o ataque sulfúrico procura-se obter uma

ideia da composição química da fração argila do solo. As relações calculadas ajudam a inferir o estágio de intemperização dos solos, complementando as análises de DRX e ATD, que definem a mineralogia dos solos.

Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância multivariada, de modo a testar o efeito dos grupos de origem litotípica, de posição na paisagem e de fitofisionomia. Testes univariados permitiram identificar médias significativamente diferentes na comparação dos grupos de cada critério.

Resultados e discussão

Química dos horizontes superficiais

Considerando o conjunto dos atributos químicos avaliados e o total de amostras ($n = 48$), obtiveram-se diferenças significativas ($p < 0,01$) na comparação das paisagens de planície e de encosta utilizando-se um modelo linear multivariado (MLM). Considerando apenas as amostras de encosta ($n = 38$), o MLM revelou diferença significativa ($p < 0,01$) para os efeitos da origem litotípica e as de fitofisionomia atual. Entre os atributos avaliados não houve diferenças significativas entre amostras de diferentes posições na encosta, o que não desmerece a influência dessa distinção ambiental, principalmente quanto à diferenciação do regime hídrico dos solos.

Total das paisagens

Afora as enormes diferenças de morfologia e regime hídrico, os solos de encosta e de planície também diferiram em vários atributos de amostras superficiais (Tabela 6.3). Uma diferença inicial marcante e esperada foi a de declividade entre os dois tipos de paisagem, com média de 6% nos perfis de planície e 22% nos de encosta (Tabela 6.2).

Dois perfis determinaram o aumento da média da declividade

Tabela 6.3. Valores médios, mínimos e máximos ($n = 48$) de atributos de amostras superficiais dos solos estudados, agrupados por tipo de paisagem.

	Unidade	Planície ($n = 10$)			Encosta ($n = 38$)		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Areia grossa	dag kg ⁻¹	51 ^B	22	73	39 ^A	21	61
Areia fina	dag kg ⁻¹	21 ^B	12	35	14 ^A	7	26
Silte	dag kg ⁻¹	8	3	19	10	1	19
Argila	dag kg ⁻¹	21 ^A	5	55	37 ^B	20	65
P assimilável	dag kg ⁻¹	3,35 ^B	1,00	5,20	1,92 ^A	1,00	3,80
C orgânico	dag kg ⁻¹	1,38	0,87	2,22	1,39	0,42	3,40
pH em CaCl ₂	-	3,9 ^b	3,5	4,4	3,7 ^a	3,3	4,5
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,63	0,10	1,10	0,51	0,10	2,00
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,24	0,10	0,60	0,24	0,10	1,10
K	cmol _c dm ⁻³	0,09 ^b	0,02	0,27	0,06 ^a	0,01	0,12
Al	cmol _c dm ⁻³	0,85 ^A	0,40	1,60	1,73 ^B	0,20	3,40
H + Al	cmol _c dm ⁻³	5,02 ^A	3,00	6,70	7,77 ^B	3,40	12,10
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	0,96	0,25	1,87	0,80	0,22	3,14
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,98 ^A	3,25	8,09	8,57 ^B	5,14	12,97
V	%	15	7	25	11	2	42
m	%	49 ^a	22	71	67 ^b	6	92

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa. (Maiúsculas: $p < 0,01$; minúsculas: $p < 0,05$.)

CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Para ambos os tipos de paisagem os valores de soma de bases foram baixos. Os solos de encosta apresentaram maiores teores de alumínio, mas as correções de calagem são ainda mais necessárias para o suprimento de cálcio e magnésio (ALVAREZ et al., 1999). Apesar da ausência de diferenças nos teores de carbono orgânico, a CTC dos solos de encosta, comandada pela acidez extraível, foi significativamente maior. O teor de fósforo assimilável foi maior nos solos de planície, embora muito baixo em ambos os tipos de paisagem.

Grupos de origem litotípica das encostas (comparação entre Terciário e Proterozoico)

Os valores médios de argila, além de não apresentarem diferença significativa entre as litotipias (Tabela 6.4), variaram grandemente dentro de cada grupo (de 20 a 65 dag kg⁻¹ no Proterozoico e de 20 a 55 dag kg⁻¹ no Terciário). Essa variação denota a importância dos processos morfológicos atuantes nessas paisagens, em

concomitância à presença de possíveis diferenças litoestratigráficas (neossomas e paleossomas)¹, comuns em materiais gnáissicos, como os da Formação São Fidélis (WERNICK, 2004). Ambos os materiais deram origem a solos extremamente caulíníticos² (ver seção “Mineralogia dos solos”, adiante).

Tabela 6.4. Valores médios, mínimos e máximos ($n = 38$) de atributos de amostras superficiais dos solos estudados agrupados pelo tipo de litotipia em solos de encosta.

	Unidade	Proterozoico ($n = 18$)			Terciário ($n = 20$)		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Areia grossa	dag kg ⁻¹	38	21	61	41	31	49
Areia fina	dag kg ⁻¹	12	7	19	15	9	26
Silte	dag kg ⁻¹	10	1	19	10	2	18
Argila	dag kg ⁻¹	39	20	65	34	20	55
P assimilável	dag kg ⁻¹	1,86	1,00	3,80	1,98	1,00	3,70
C orgânico	dag kg ⁻¹	1,45	0,42	3,40	1,33	0,42	2,22
pH em CaCl ₂	-	3,7	3,4	4,0	3,7	3,3	4,5
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,48	0,10	0,90	0,53	0,10	2,00
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,25	0,10	0,70	0,23	0,10	1,10
K	cmol _c dm ⁻³	0,06	0,04	0,12	0,05	0,01	0,08
Al	cmol _c dm ⁻³	1,46 ^a	0,40	2,20	1,99 ^b	0,20	3,40
H + Al	cmol _c dm ⁻³	7,04 ^a	4,60	9,70	8,43 ^b	3,40	12,10
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	0,80	0,24	1,59	0,81	0,22	3,14
CTC	cmol _c dm ⁻³	7,84 ^a	5,14	10,76	9,24 ^b	5,55	12,97
V	%	11	3	26	10	2	42
<i>m</i>	%	64	20	90	70	6	92

Médias seguidas de letras na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).
CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; *m*: saturação por alumínio.

Em ambos os grupos, todos os solos são distróficos, sendo em média álicos³. Além disso, ambos os grupos apresentam baixos valores de soma de bases e valores muito baixos de fósforo assimilável (ALVAREZ et al., 1999), mostrando uma extrema necessidade de suprimento de cálcio e magnésio por meio de calagem e de suprimento de potássio e fósforo por adubação de plantio. Os teores médios de

¹ A litoestratigrafia é a determinação do empilhamento, ou sucessão estratigráfica vertical, de unidades rochosas. Neossomas e paleoassomas são, respectivamente, fases granitoides (menos máficas) e máficas dessas rochas.

² Argilomineral do tipo 1:1 com estrutura de filossilicato, formados pelo empilhamento de tetraedros de silício e octaedros de alumínio. Apresentam pequena carga permanente em comparação com argilominerais do tipo 2:1.

³ 'Eutrófico', 'distrófico' e 'álico' são termos associados à saturação do complexo de troca catiônica dos solos. Solos eutróficos apresentam saturação por bases ($V \geq 50\%$); os distróficos, $V < 50\%$; os álicos apresentam saturação por alumínio ($m \geq 50\%$).

alumínio, de H + Al e de CTC foram mais altos em amostras do Terciário do que nas do Proterozoico ($p < 0,05$), uma consequência da maior proporção de solos sob florestas em áreas do Terciário (ver discussão dos grupos de fitofisionomia, a seguir).

Grupos de fitofisionomia atual das encostas (comparação entre Terciário e Proterozoico)

Os valores médios de carbono orgânico não diferiram entre os dois grupos de fitofisionomia (Tabela 6.5), sendo que os resultados encontrados na literatura são contraditórios (COSTA et al., 2009). Teores de carbono orgânico iguais ou superiores encontrados em solos sob pastagem são atribuíveis, em grande parte, ao maior aporte de matéria orgânica proporcionado pelo sistema radicular das gramíneas, em regra bem desenvolvido, bem distribuído e com elevada intensidade de renovação. Teores mais altos de carbono orgânico em solos florestais são atribuíveis, em geral, à degradação das pastagens e ao maior aporte global de matéria orgânica proporcionado pela floresta, proveniente da deposição contínua e variada de substratos orgânicos (CARDOSO et al., 2010). É importante frisar que, à época do estudo, as pastagens da área do Comperj já estavam sem gado por aproximadamente dois anos, condição que, relativamente à área pastejada, propicia aumento de biomassa vegetal e conseqüentemente maior aporte de carbono orgânico, favorecendo seu acúmulo no solo (SOUZA et al., 2009).

Tabela 6.5. Valores médios, mínimos e máximos ($n = 38$) de atributos de amostras superficiais dos solos estudados, agrupados pela fitofisionomia atual em áreas de encosta.

	Unidade	Floresta ($n = 15$)			Pastagem ($n = 20$)		
		Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Areia grossa	dag kg ⁻¹	39	27	48	40	21	61
Areia fina	dag kg ⁻¹	12	9	18	15	7	26
Silte	dag kg ⁻¹	11	2	18	9	1	19
Argila	dag kg ⁻¹	38	30	55	36	20	65
P assimilável	dag kg ⁻¹	2,43 ^b	1,40	3,80	1,58 ^a	1,00	2,60
C orgânico	dag kg ⁻¹	13,61	4,20	19,20	14,02	4,20	34,00
pH em CaCl ₂	-	3,5 ^a	3,3	4,0	3,8 ^b	3,5	4,5
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,31 ^a	0,10	0,70	0,63 ^b	0,10	2,00
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,21	0,10	0,70	0,26	0,10	1,10
K	cmol _c dm ⁻³	0,06	0,02	0,12	0,06	0,01	0,10
Al	cmol _c dm ⁻³	2,17 ^b	0,60	3,40	1,45 ^a	0,20	2,40
H + Al	cmol _c dm ⁻³	9,27 ^b	6,20	12,10	6,79 ^a	3,40	9,70
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	0,58	0,22	1,52	0,95	0,24	3,14
CTC	cmol _c dm ⁻³	9,85 ^b	7,37	12,97	7,74 ^a	5,14	10,76
V	%	6 ^a	2	19	13 ^b	3	42
<i>m</i>	%	77 ^b	30	92	60 ^a	6	90

Médias seguidas de letras na mesma linha apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).
 CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; *m*: saturação por alumínio.

As amostras de solos de floresta apresentaram valor médio de saturação de bases menor que as de pastagens ($p < 0,05$), ocorrendo o inverso com o valor médio de saturação por alumínio. Considerando que os teores de carbono orgânico não diferiram entre solos de floresta e de pastagem, as diferenças encontradas para estes e outros atributos (pH em CaCl₂, Ca, Al, H + Al, CTC, P assimilável), que dependem das cargas da matéria orgânica, parecem mais bem explicáveis pelas diferenças de qualidade do carbono orgânico provenientes de cada uma das fitofisionomias. A menor acidez da matéria orgânica das pastagens possibilita, por vezes, que essas apresentem melhores índices de fertilidade do que solos sob floresta (RHOADES et al., 2004), embora, localmente, ambos os ambientes apresentem valores de bases (soma de bases) e de saturação de bases que refletem forte deficiência de nutrientes, em locais em que nem o efeito de reciclagem da floresta nem o efeito residual de possíveis correções e adubações feitas em pastagens estejam ajudando a alterar esse quadro.

A Figura 6.1 evidencia a extrema dependência da CTC dos valores de H + Al e ressalta como os solos sob floresta se destacam nesse atributo (valores mais elevados, conforme Tabela 6.5).

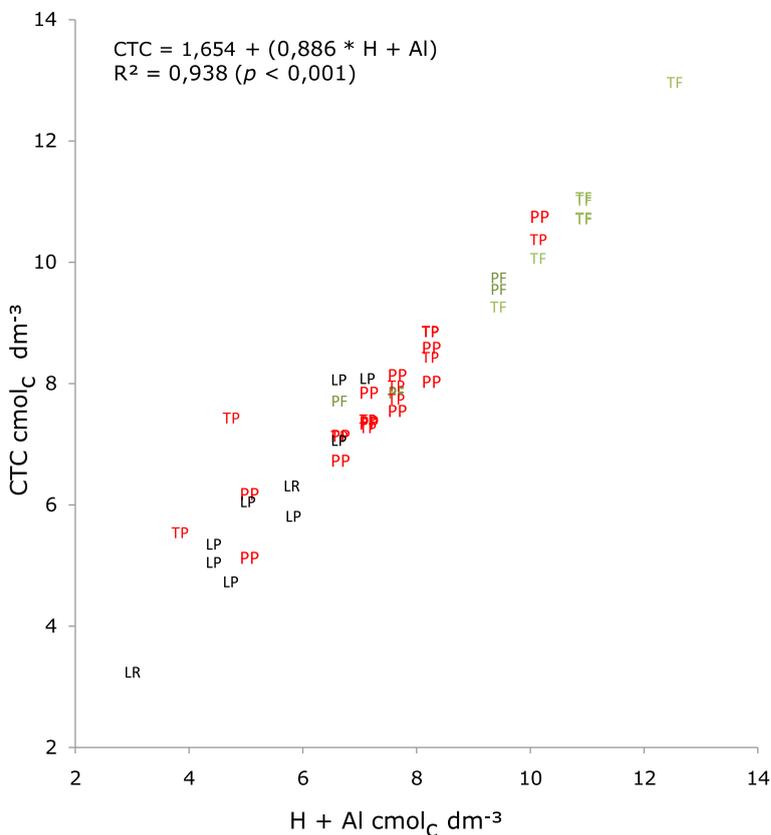


Figura 6.1. Relação entre acidez extraível (H + Al) e capacidade de troca de cátions (CTC). Em preto: solos de planície; em verde: solos de encosta sob floresta; em vermelho: solos de encosta sob pastagem. Primeira letra do código: L: planície; P: Proterozoico; T: Terciário. Segunda letra do código: F: floresta; P: pastagem; R: vegetação arbustiva.

Mineralogia dos solos

A Tabela 6.6 apresenta dados gerais dos perfis estudados para a caracterização mineralógica dos solos do Comperj. Nas encostas foram selecionados Latossolos, a classe predominante nas duas litotipias (Proterozoico e Terciário). São 33 os Latossolos descritos em 38 perfis

amostrados nas encostas. Na planície foram amostrados dois perfis, representando os regimes de umidade hidromórfico (Gleissolo Háptico) e semi-hidromórfico (Cambissolo Flúvico) (a localização dos perfis é indicada nos Capítulos 2 e 11).

Tabela 6.6. Dados gerais dos perfis de solo amostrados para os estudos de mineralogia.

Perfil	Paisagem ou litotipia	Posição	Ordem	Subordem	Grande grupo	Subgrupo	Declividade(%)
7	Terciário	terço superior	Latossolo	Amarelo	Distrocoeso	argissólico	2
8	Terciário	terço médio	Latossolo	Amarelo	Distrocoeso	típico	19
9	Terciário	terço inferior	Latossolo	Amarelo	Distrocoeso	típico	30
19	Planície	bacia de inundação	Gleissolo	Háptico	Tb Distrófico	típico	1
21	Planície	terraço	Cambissolo	Flúvico	Tb Distrófico	gleissólico	3
42	Proterozoico	terço inferior	Latossolo	Amarelo	Distrocoeso	típico	41
43	Proterozoico	terço médio	Argissolo	Amarelo	Distrocoeso	típico	35
44	Proterozoico	terço superior	Latossolo	Vermelho-Amarelo	Distrófico	argissólico	20

Todos os materiais das amostras selecionadas são argilosos, com argilas de baixa atividade (Tabela 6.7). Os teores de Fe_2O_3 são baixos, mas com diferenças esperadas entre os tipos de litotipia ou paisagem. São ainda mais baixos nos solos de planície (2,75 e 3,16 dag kg^{-1}), consequência do regime de umidade hidromórfico a semi-hidromórfico (KÄMPF; CURI, 2000). A comparação de amostras de encostas revelou valores levemente maiores nos solos proterozoicos do que nos terciários, exceto no terço inferior das encostas, em que esses valores, em ambas as litotipias, apresentaram-se reduzidos, resultado da ação do regime de maior umidade, que reduz parte das formas cristalinas e retira ferro do sistema.

Tabela 6.7. Dados químicos de interesse quanto aos aspectos mineralógicos de horizontes selecionados.

Perfil	Horizonte	Profundidade (cm)	Argila (dag kg ⁻¹)	CTC (cmol _c dm ⁻³)	Atividade da argila	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Kf	Kr	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
(dag kg ⁻¹)													
7	Bw1	34-68	60	6,11	10,18	22,20	20,20	7,31	3,14	0,04	1,87	1,52	4,34
8	Bw1	27-99	55	6,71	12,20	20,86	18,68	4,58	1,85	0,09	1,90	1,64	6,40
9	Bw1	42-79	55	7,72	14,04	20,07	16,83	3,86	2,02	0,08	2,03	1,77	6,85
19	Cg1	16-36	53	8,10	15,43	19,85	18,20	2,75	2,08	0,04	1,85	1,69	10,39
21	Bl	18-47	55	7,48	13,60	18,32	17,43	3,16	2,08	0,04	1,79	1,60	8,66
42	Bw1	13-47	50	5,61	11,22	19,47	16,77	5,56	3,90	0,02	1,97	1,63	4,73
43	Btl	47-88	55	5,61	10,20	22,40	19,92	8,32	3,40	0,03	1,91	1,51	3,76
44	Bw1	41-86	60	5,31	8,85	23,42	21,74	8,52	2,97	0,03	1,83	1,46	4,00

CTC: capacidade de troca catiônica; SiO₂, Fe₂O₃, TiO₂ e P₂O₅: ataque sulfúrico da terra fina; Kf: relação molecular SiO₂/Al₂O₃; relação molecular SiO₂/(Al₂O₃ + Fe₂O₃).

As difrações de raios X (DRX) e as análises térmicas diferenciais (ATD) apontaram uma mineralogia extremamente caulinítica em todos os solos (dados não apresentados). Os solos de planície contêm alguma mica e gibsita (por ATD), além da caulinita dominante. Todos os solos também apresentam goetita em quantidades perceptíveis (por DRX) nas amostras não tratadas, mesmo nos perfis da planície. Assim, temos volumes caracterizados por materiais bem intemperizados, mas pouco oxidicos, sendo que os valores de K_i e K_r (Tabela 6.7) já delineavam essa característica.

Essa mineralogia muito caulinítica é esperada em solos desenvolvidos a partir de sedimentos do Terciário associados à Formação Barreiras (FERREIRA et al., 1999; MOREAU et al. 2006; GOMES et al., 2008) e se repete no presente caso nos depósitos da Formação Macacu (LIMA et al., 1996), também terciários. Para os solos do Proterozoico, a mineralogia depende das características litoestratigráficas dos materiais gnáissicos da Formação São Fidélis (WERNICK, 2004), que apontam grande predominância local de materiais leucocráticos⁴. Os solos da planície apresentam valores relativos de caulinita até maiores, devido à grande depleção de óxidos de ferro. Nos terços médio e superior das elevações, onde os teores de ferro são relativamente mais altos, a cor amarela da maioria dos perfis mostra predominância de goetita relativamente a hematita. Apenas o perfil 44 (terço superior de elevação do Proterozoico) apresenta-se vermelho-amarelado por influência de alguma hematita, sendo este o perfil com maior teor de Fe_2O_3 entre os estudados (Tabela 6.7). Solos hipoférricos (predominantemente) a mesoférricos, com teores de Fe_2O_3 sempre abaixo de 10 dag kg^{-1} e de cores amareladas a vermelho-amareladas, também são descritos em outros estudos dessa região (LEVANTAMENTO ..., 1983; CPRM, 2000).

Nas encostas, essa mineralogia muito caulinítica parece influenciar a morfologia de perfis de solos em ambas as litotipias, com consistência seca muito dura a extremamente dura aparecendo (ou sendo inferida) em subsuperfície (topo do horizonte B) em vários perfis. O caráter coeso⁵ comparece em ambas as litotipias e não apenas

⁴ Rochas com predominância de minerais claros (pouco material máfico).

⁵ Horizonte subsuperficial do solo com consistência dura a extremamente dura quando seco, passando a friável a firme quando úmido. O caráter é comumente observado na transição entre os horizontes A e B (AB e BA), podendo se prolongar ao longo do B.

nos solos desenvolvidos sob sedimentos terciários. Assim, o preparo do solo para plantio de mudas nas encostas deve levar em conta a presença dessa coesão em subsuperfície. Nas elevações do Terciário, de relevo mais suave, pode-se praticar a subsolagem das linhas de plantio. Nas encostas do Proterozoico, principalmente as mais íngremes, as covas de plantio podem ser feitas individualmente, ultrapassando em profundidade o topo da camada coesa. Tais medidas visam minimizar as dificuldades que se impõem ao desenvolvimento das mudas no campo, principalmente nos períodos de déficit hídrico, quando a coesão em subsuperfície pode horizontalizar o crescimento do sistema radicular dessas mudas.

Considerações finais

Entre as paisagens de planície e de encosta na área do Comperj há diferenças no comportamento dos atributos químicos do solo superficial, além das diferenças associadas à própria paisagem (relevo e regime hídrico).

Nas encostas também ocorrem entre as amostras superficiais de solo diferenças de comportamento dos atributos químicos, segundo a origem litotípica (Proterozoico ou Terciário) e a fitofisionomia atual (floresta ou pastagem).

Os dois grupos fitofisionômicos (floresta e pastagem) apresentam comportamento diferenciado para vários atributos químicos (pH em CaCl_2 , Al, Ca, soma de bases, CTC, saturação por bases, saturação por Al e P assimilável), sendo esta a mais perceptível separação dentro do conjunto de sítios estudados.

De qualquer forma, todos os solos do Comperj apresentam baixos valores de soma de bases, altos teores de alumínio trocável e teores muito baixos de fósforo assimilável. A calagem e a adubação de plantio assumem portanto grande importância no planejamento das atividades de revegetação.

A mineralogia de todos os solos é extremamente caulínica, constatando-se poucas diferenças entre os grupos litotípicos. Chama atenção que consistências muito duras a extremamente duras no topo do horizonte B tenham sido encontradas em perfis de solo de encosta do

Proterozoico e do Terciário (Formação Macacu). O preparo do solo para plantio deve considerar essa característica, respeitando também as diferenças de declividade entre as paisagens.

Referências

ALMEIDA, F. F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 15-26, 1976.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 1028-1035, 2010.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. T.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

CPRM. **Os solos do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000. CD-ROM.

CURCIO, R. C.; DEDECEK, R. A.; BONNET, A. Geologia, geomorfologia e pedologia. In: BONNET, A.; RESENDE, A. S.; CURCIO, G. R. (Org.). **Manual de plantio de espécies nativas para o “Corredor ecológico Comperj”**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Colombo: Embrapa Florestas; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 69-116, 1997.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 507-514, 1999.

GOMES, J. B. V.; BOLFE, E. L.; CURI, N.; FONTES, H. R.; BARRETO, A. C.; VIANA, R. D. Variabilidade espacial de atributos de solos em unidades de manejo em área piloto de produção integrada de coco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 1021-1030, 2008.

KÄMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 1, p. 107-138, 2000.

LEVANTAMENTO de recursos naturais, 32: folha SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro:, Ministério das Minas e Energia, 1983. (Projeto Radambrasil).

LIMA, M. R.; CABRAL JUNIOR, M.; STEFANI, F. L. Palinologia de sedimentos da formação Macacu - rifte da Guanabara, terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Letras**, Rio de Janeiro, v. 68, p. 531-543, 1996.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAYS MINERALS, 7., Washington, 1958. **Proceedings...** New York, 1960.

MOREAU, A. M. S. dos S.; COSTA, L. M.; KER, J.C.; GOMES, F.H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 1021-1030, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras: Editora UFLA, 2007.

RHOADES, C. C.; MILLER, S. P.; SHEA, M. M. Soil properties and soil nitrogen dynamics of prairie-like forest openings and surrounding forests in Kentucky's Knobs region. **The American Midland Naturalist**, n. 152, p. 1-11, 2004.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

WERNICK, E. **Rochas magmáticas**: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. São Paulo, UNESP, 2004.

*Renato Antonio Dedecek
Michele Ribeiro Ramos
Gustavo Ribas Curcio
João Bosco Vasconcellos Gomes*

Introdução

Entre os fatores ambientais que podem condicionar o crescimento das plantas, o solo é um dos mais influentes, tanto por suas características químicas como físico-hídricas e biológicas. É também, entre os fatores naturais que afetam a produtividade das plantas, o mais facilmente modificável pelo manejo. Isto também o torna extremamente vulnerável a mudanças em suas características, levando a sua degradação, que pode dificultar a produção das plantas ou mesmo a recuperação das características do solo favoráveis a isso.

O ambiente físico do solo é o fator mais importante na produtividade do local, afetando atributos do solo relacionados ao crescimento vegetal e influenciando notadamente os fluxos de água, ar e calor, a resistência ao crescimento das raízes e a disponibilidade de nutrientes (LAL; SHUKLA, 2004). Quando a estrutura do solo sofre alterações, pode sobrevir redução do crescimento radicular, com consequente diminuição do volume de solo explorado pelas raízes, além de menor fluxo de ar e da solução do solo (WOLKOWSKI, 1990).

Os nutrientes alcançam a superfície das raízes por meio de três mecanismos: interceptação, fluxo de massa e difusão. A contribuição da interceptação é pequena, uma vez que as raízes ocupam 1% do volume de solo correspondente ao espaço abrangido pelo sistema radicular. Têm maior participação os mecanismos de difusão e de fluxo de massa, que acompanham a movimentação da água do solo em resposta à

demanda da planta. Solos com macroporosidade excessiva dificultam a formação de um fluxo contínuo de água que permita a movimentação dos nutrientes. Por outro lado, solos com dominância de microporosidade apresentam maior número de poros cheios de água, o que facilita os fluxos de massa e a difusão de nutrientes, mas dificulta a circulação do ar no solo, prejudicando o funcionamento das raízes por deficiência de oxigenação.

Este estudo teve por propósito caracterizar os principais solos da área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) em termos físico-hídricos, visando embasar o manejo a ser adotado na recuperação da cobertura vegetal da área, seja com o plantio de mudas ou com a manutenção de condições que favoreçam a regeneração natural da vegetação.

Metodologia

Foram inicialmente considerados os três principais compartimentos definidos no Capítulo 1: Proterozoico, Terciário e Quaternário. Em cada compartimento, foram selecionadas pedossequências sob pastagem, sob floresta ou sob formação arbustiva, sendo amostrados solos nos terços superior, médio e inferior das encostas, além de solos das planícies (Tabela 7.1). As amostras foram obtidas em várias expedições realizadas em 2009 e 2010. Os solos de todos os perfis descritos no compartimento Proterozoico foram classificados como Latossolos, alguns apresentando caráter coeso (perfis PF1 e PI2). No compartimento Terciário, os solos amostrados foram também classificados como Latossolos e todos apresentaram caráter coeso, em qualquer posição da paisagem.

Todas as áreas de amostragem coincidem com as áreas de monitoramento comuns aos demais estudos incluídos neste volume, com exceção de quatro perfis de solos do compartimento Quaternário (P19, P20, P21, P23). Três destes (P19, P20, P21) foram descritos na planície do rio Macacu, no limite norte da área do Comperj, e classificados como Gleissolo, Antropossolo e Cambissolo. Os solos dos perfis P45 (QT1) e P48 (QT2) foram descritos como Gleissolos; o do perfil P23 foi classificado como Espodossolo.

Tabela 7.1. Compartimentos, posições na encosta, coberturas vegetais e pontos amostrais.

Cobertura vegetal e posição na encosta (terço)	Textura do solo	Ponto amostral	Cobertura vegetal e posição na encosta (terço)	Textura do solo	Ponto amostral
Proterozoico			Terciário		
Floresta			Floresta		
inferior	argilosa	PF1I	inferior	argilosa	TF2I
médio	argilosa	PF1M	médio	argilosa	TF2M
superior	argilosa	PF1S	superior	argilosa	TF2S
Floresta			Pastagem		
inferior	argilosa	PF2I	inferior	argilosa	TN1I
médio	argilosa	PF2M	médio	argilosa	TN1M
superior	argilosa	PF2S	superior	argilosa	TN1S
Pastagem			Pastagem		
inferior	argilosa	PI1I	inferior	média	TN2I
médio	argilosa	PI1M	médio	média	TN2M
superior	argilosa	PI1S	superior	média	TN2S
Pastagem			Pastagem		
inferior	argilosa	PI2I	inferior	argilosa	TI2I
médio	argilosa	PI2M	médio	argilosa	TI2M
superior	argilosa	PI2S	superior	argilosa	TI2S

Cobertura vegetal	Textura do solo	Ponto amostral
Quaternário		
Pastagem	muito argilosa	P19
Pastagem	média	P20
Pastagem	muito argilosa	P21
Pastagem	arenosa	P23
Formação arbustiva	arenosa	QT1
Formação arbustiva	arenosa/média	QT2

Além da caracterização morfológica e química dos solos (Capítulo 6), amostras indeformadas em anéis metálicos foram obtidas nas camadas superficiais e de algum outro horizonte do mesmo perfil que apresentasse restrições à movimentação da água e/ou ao crescimento de raízes. Em laboratório, estas amostras foram analisadas com metodologia específica (EMBRAPA, 1997) considerando-se tantas características quanto possível (densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e porosidade de aeração, curva característica de umidade e permeabilidade saturada).

Resultados e discussão

Estrutura do solo

O arranjo e a organização das partículas e poros que compõem a estrutura do solo, por serem tão variáveis, permitem diferentes combinações nas formas, tamanhos e orientações das partículas, sendo os agregados assim formados altamente instáveis, tanto em termos de tempo quanto de espaço. Assim, inexistente um método objetivo e universal para avaliar a estrutura do solo, sendo esta uma propriedade mais qualitativa do que diretamente quantificável (HILLEL, 2004). A estrutura do solo é fortemente afetada pelas mudanças de clima, pela atividade biológica e pelas práticas de manejo, e é vulnerável às forças destrutivas mecânicas e físico-químicas. Os inúmeros métodos propostos para caracterizar essa estrutura são indiretos, medindo algum atributo que supostamente depende desta. Assim, valores de porosidade total e distribuição de tamanho de poros prestam-se a dar ideia de quanto a estrutura do solo influencia o armazenamento e a movimentação dos fluidos no solo, incluindo a infiltração e a aeração. A estrutura do solo governa as propriedades mecânicas deste e seu efeito pode ser avaliado em fenômenos como germinação, crescimento de raízes, preparo do solo, tráfego de máquinas e erosão hídrica (FORSYTHE, 1997). As raízes não são condicionadas pela estrutura do solo, e sim pelos processos associados à qualidade da estrutura deste, o que abrange fatores como a porosidade de aeração mínima para troca gasosa entre ar do solo e da atmosfera, por exemplo.

A densidade do solo (também denominada densidade global ou densidade aparente) permite avaliar qualitativamente a estrutura e refere-se ao peso seco do solo por unidade de volume. Quanto menor a densidade, maior a proporção de espaço poroso no solo, menor a resistência à ação dos implementos agrícolas e mais rápida a infiltração da água. No entanto, essa medida não informa o tamanho nem a continuidade dos poros, fatores que realmente determinam o fluxo do ar e da água. Assim, um solo argiloso tem menor densidade e porosidade dominada por poros menores, que reduzem o fluxo de água e de ar. Já um solo arenoso tem maior densidade e maior macroporosidade, tornando esses fluxos mais rápidos. A textura (proporção entre as partículas de argila, silte e areia) é um fator importante no valor absoluto da densidade da amostra, o que dificulta a comparação desta última entre solos de texturas diferentes.

As Figuras 7.1 a 7.3 mostram dados de densidade do solo nas áreas selecionadas, abrangendo diferentes compartimentos, coberturas vegetais, tipos de solo e posições na paisagem. À exceção dos solos do compartimento Quaternário, observa-se um incremento dos valores de densidade a partir da primeira camada subsuperficial (horizontes AB ou BA), que se mantêm elevados até se atingir o horizonte característico dos Latossolos (Bw) (Capítulo 1).

No compartimento Proterozoico, as maiores densidades foram observadas nos solos sob pastagem e os menos densos foram aqueles sob floresta em regeneração (Figura 7.1). Os solos sob pastagem vêm sendo cultivados por muitas décadas e já passaram por diferentes ciclos de cultivo (café, cana-de-açúcar, laranja) e, finalmente já degradados, permitiram como única exploração econômica viável a pastagem extensiva. Tal uso, intensivo e prolongado, teve maior influência na compactação desses solos do que propriamente seu caráter coeso (Capítulo 1), caracterizado principalmente pelo adensamento natural de camadas subsuperficiais, sem cimentação aparente, que se manifesta apenas quando o solo está seco e desaparece quando os índices de umidade aumentam (EMBRAPA, 2006).

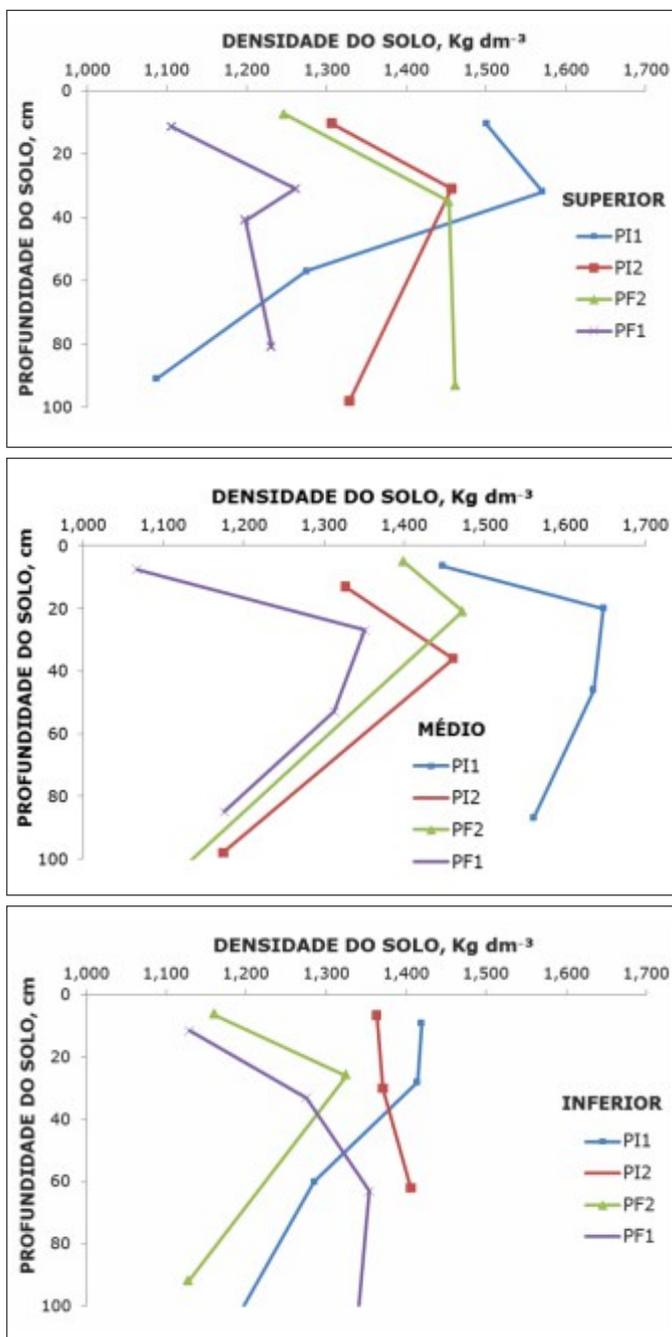


Figura 7.1. Densidades dos solos sob pastagem (PI1 e PI2) e sob floresta (PF1 e PF2), em três posições da encosta no compartimento Proterozoico.

Solos não-coesos com pastagem (PI2) e com floresta (PF1) apresentaram maiores densidades que aqueles coesos sob as mesmas coberturas vegetais. Esse padrão se repete ao se considerar a posição na paisagem: as densidades são maiores no terço médio da topossequência, para esses usos da terra. As menores densidades foram observadas no terço inferior de todas as topossequências no compartimento Proterozoico, talvez por apresentarem usualmente maior teor de umidade em decorrência da posição.

Segundo Rezende (2000), ao longo da encosta há grande variação dos atributos de solos coesos, como por exemplo a textura, que varia desde franco-arenosa até argilosa. Com frequência relacionada aos baixos teores de argila, a estruturação do horizonte coeso é maciça, situação em que a coesão se expressa mais fortemente. No entanto, nos solos analisados, os teores de argila com coesão se mostraram altos (PI2 e PF1), o que poderia resultar em solos menos coesos, explicando os maiores valores de densidade de solos sem coesão.

Nas áreas do compartimento Terciário, o caráter coeso (Capítulo 1) é uma constante, razão pela qual foram amostradas: uma área de pastagem com solo de textura média (TN2) para contrastar com outra área de pastagem com solo de textura argilosa (TN1); mais uma área com pastagem e solo argiloso, mas sem caráter coeso (TI2); e, finalmente, uma área em regeneração florestal sobre solo de textura argilosa (TF2) (Figura 7.2). Solos de textura média sob pastagem apresentaram as maiores densidades, principalmente no terço médio. Na camada superior do solo sob pastagem, em que ocorre pisoteio do gado, observaram-se maiores densidades na superfície, contrastantes com as de áreas de regeneração florestal.

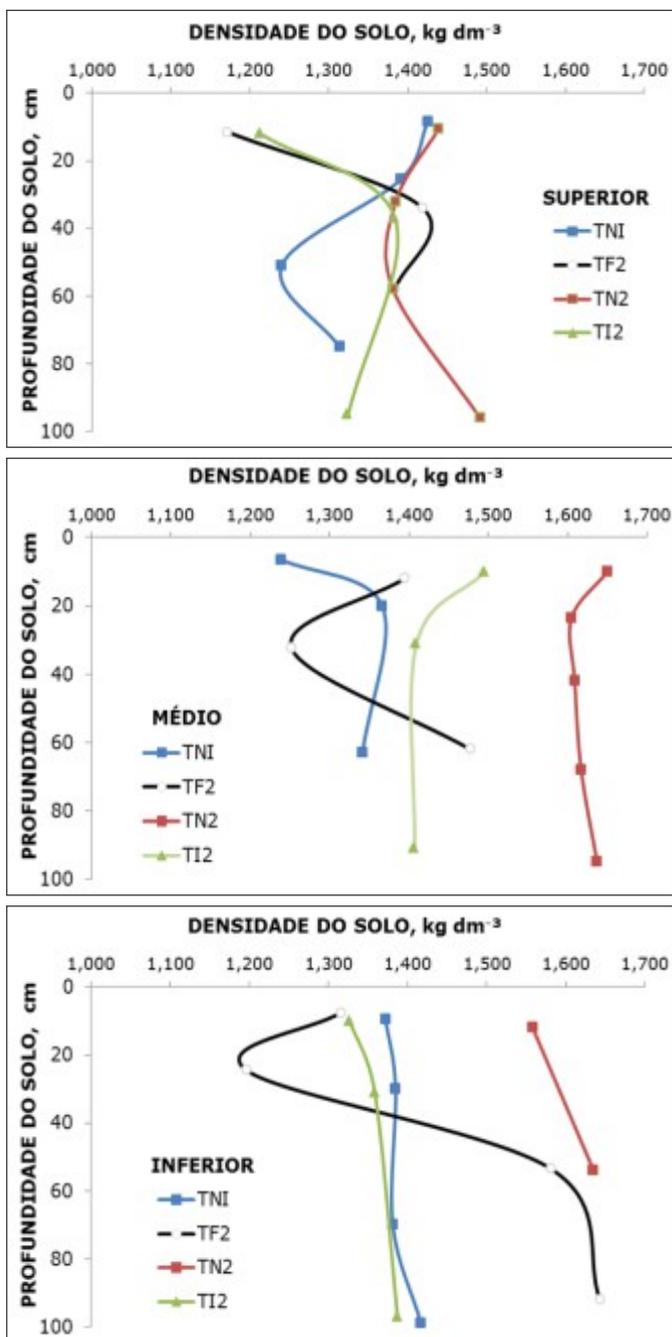


Figura 7.2. Densidades de solos sob pastagem (TN1, TN2 e TI2) e sob floresta (TF2), em três posições da encosta no compartimento Terciário.

As densidades dos solos do Quaternário (Figura 7.3) apresentaram padrão muito irregular, seja em relação à textura ou à cobertura vegetal. No entanto, mesmo com dinâmicas de formação muito distintas dos demais compartimentos, as densidades foram equivalentes às detectadas nos compartimentos Proterozoico e Terciário, considerando-se as diferentes posições de encosta e coberturas vegetais predominantes.

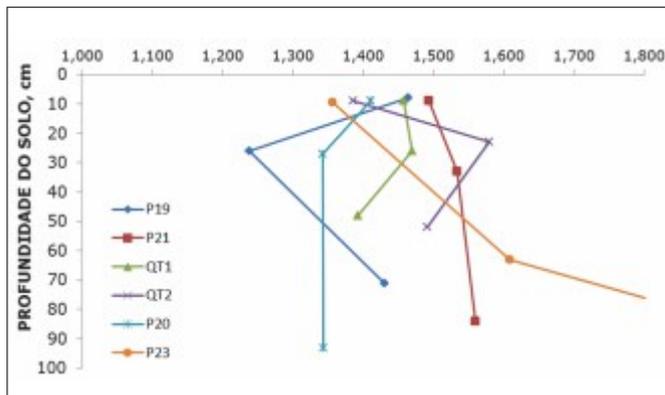


Figura 7.3. Densidades de solos sob diferentes coberturas vegetais no compartimento Quaternário.

A porosidade total do solo é o espaço poroso ocupado por ar e água entre as partículas sólidas. Esta é outra característica dos solos que se presta a descrever a qualidade de sua estrutura, permitindo classificá-los em termos de macro e microporosidade e porosidade de aeração. A macroporosidade compreende poros maiores que 0,06 mm e é normalmente quantificada como o volume de poros compreendido entre a porosidade total e o volume de água retido a -6 kPa, sendo o volume restante da porosidade total denominado microporosidade. A porosidade de aeração é o volume de espaço poroso ocupado pelo ar do solo entre a porosidade total e o volume de água retida a -10 kPa, tida como capacidade de campo. Seu valor mínimo para permitir crescimento das raízes é definido por muitos autores (por exemplo, WEAVER; JAMISON, 1951) como variando de 10% a 15% da porosidade total, condição que permitiria a troca gasosa entre o ar atmosférico e o ar do solo.

Como mostram as Figuras 7.4 e 7.5, na maioria das camadas dos compartimentos Proterozoico e Terciário as porosidades de aeração revelaram-se menores que o valor mínimo demandado pelas raízes. Nos horizontes AB ou BA e naqueles que lhes são imediatamente subjacentes, a porosidade de aeração foi sempre inferior ao valor mínimo, em solos com caráter coeso ou não. Isso significa que sob condições de maior umidade a resistência desses solos se reduz, permitindo a penetração das raízes. O mesmo não ocorre com a porosidade de aeração, a porosidade do solo e a macroporosidade. Dessa forma, quando o solo atinge valores de umidade para uso pelas plantas, deixa de haver espaço poroso mínimo para a troca gasosa e a respiração das raízes.

O uso intensivo do solo teve maior influência sobre a porosidade de aeração que o caráter coeso. Assim, tanto em solos do compartimento Proterozoico como do Terciário (Figuras 7.4 e 7.5) as áreas com regeneração florestal apresentaram alguns horizontes com valores maiores que o mínimo, talvez pelo pouco tempo transcorrido desde o início das regenerações.

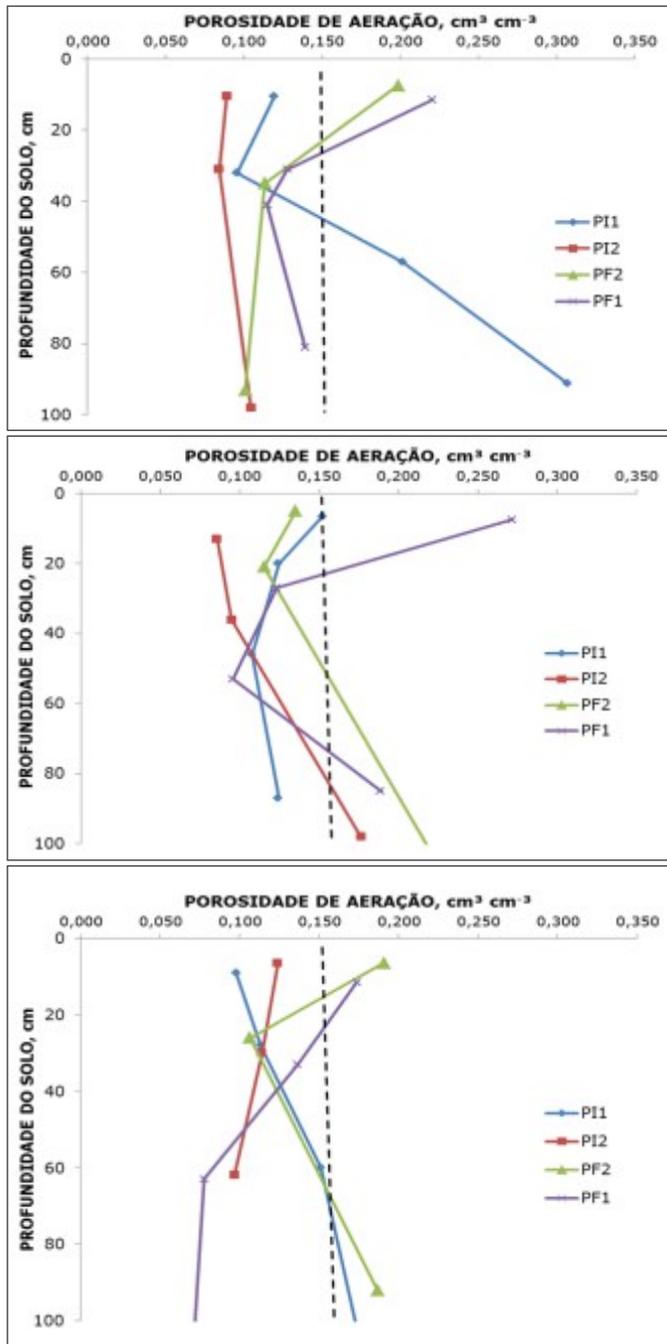


Figura 7.4. Porosidades de aeração de solos sob pastagem (PI1 e PI2) e sob floresta (PF1 e PF2), em três posições da encosta no compartimento Proterozoico.

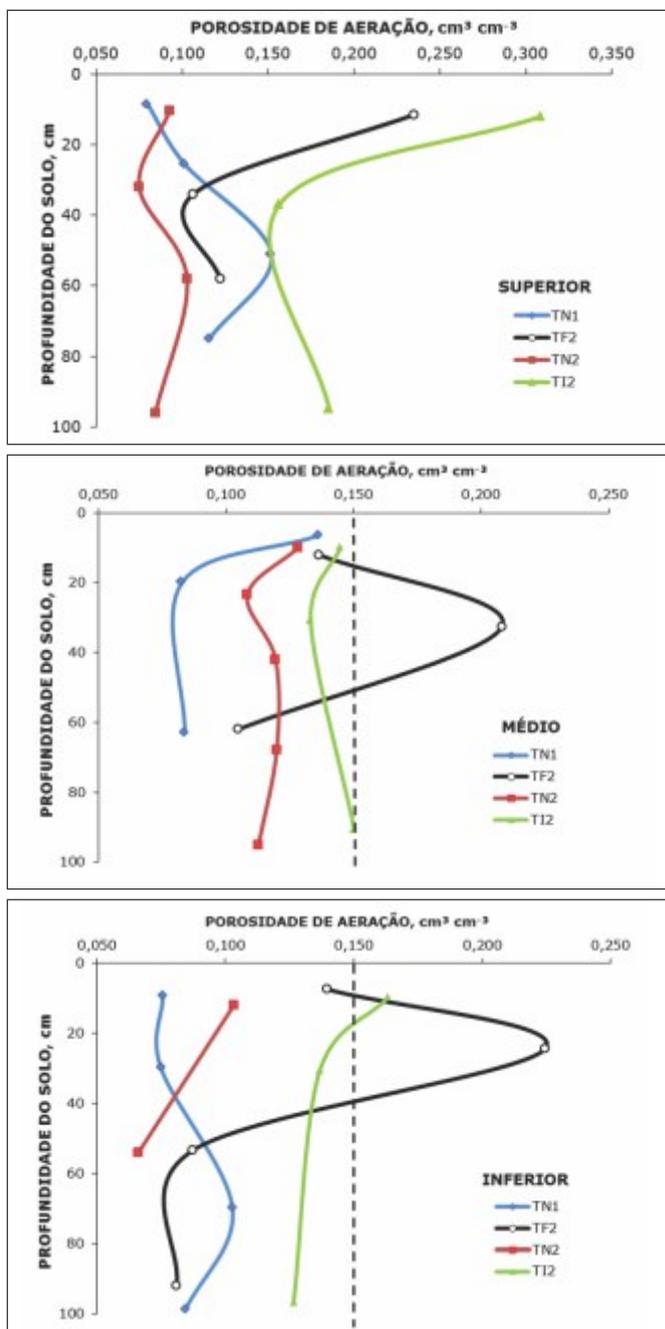


Figura 7.5. Porosidades de aeração de solos sob pastagem (TN1, TN2 e TI2) e sob floresta (TF2), em três posições na encosta no compartimento Terciário.

Em solos de textura arenosa a média do compartimento Quaternário, os valores de porosidade de aeração foram maiores do que o mínimo necessário, independente do uso. O volume e o tamanho dos poros de cada solo são altamente dependentes da textura. Assim, solos com partículas uniformes são mais porosos, sendo que, quando há dominância da fração areia (P23, QT1 e QT2), há maior macroporosidade. Por outro lado, solos argilosos (P19 e P21) têm maior porosidade total e maior microporosidade.

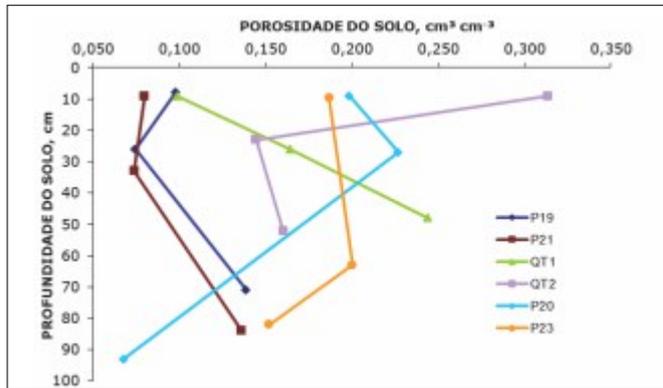


Figura 7.6. Porosidades de aeração de solos sob diferentes coberturas vegetais, no compartimento Quaternário.

Água no solo

Outro fator característico de solos com caráter coeso é a grande redução da movimentação da água nas diferentes camadas. Como mostra a Tabela 7.2, nos horizontes subsuperficiais (por exemplo, nos perfis PF1M e TN1M) a permeabilidade saturada foi extremamente baixa, voltando a aumentar nos horizontes com caráter latossólico. Nestes casos, requer-se a formação de um grande volume de água na camada superficial para que esta se movimente no sentido vertical. Disso podem resultar duas situações: na primeira, o excesso de água pluvial não infiltrada produz grandes volumes de enxurrada e consequentemente de material erodido; na segunda situação, a camada superficial se satura, tornando o solo muito suscetível a deslizamento em bloco, principalmente nas condições de declive elevado, comum

nessas regiões. Assim, o controle da erosão e a estabilidade do solo nessas situações dependem fortemente de uma cobertura vegetal efetiva e permanente. Nos solos sob pastagem constatou-se baixa permeabilidade saturada mesmo no horizonte superficial, em decorrência do pisoteio de gado até a época da desapropriação da área.

Tabela 7.2. Permeabilidade saturada dos solos sob diferentes usos (coberturas vegetais), em diferentes compartimentos.

Uso	Horizonte	Profundidade (cm)	PS (cm h ⁻¹)	Uso	Horizonte	Profundidade (cm)	PS (cm h ⁻¹)
Quaternário				Proterozoico			
QT1	Ap	0-18	7,5	PI1S	Ap	0-21	2,9
	AC	18-35	10,6		BA	21-42	0,4
	Cg1	35-60	40,8		Bw1	42-72	80,6
			Bw21		72-110	47,1	
QT2	Apg1	0-18	117,1	PI1M	Ap	0-13	3,8
	Apg2	18-28	11,8		BA	13-27	0,5
	Cgx1	41-62	11,0		Bw1	27-65	0,4
Terciário					Bw21	65-110	0,3
TN1S	Ap	0-17	3,1	PI1I.	Ap	0-18	1,6
	BA	17-34	0,5		BA	18-39	0,4
	Bw11	34-68	6,2		Bw1	39-82	0,2
	Bw12	68-102	0,4		Bw2	82-120	0,4
TN1M	Ap	0-13	30,0	PF1S	A	0-3	34,0
	BA	13-27	7,4		AB	23-39	2,9
	Bw1	27-99	83,7		BA	39-62	0,3
TN1I	Ap	0-19	0,5		Bw1	62-110	1,0
	BA	19-42	3,1	PF1M	A	0-15	145,3
	Bw1	42-79	3,2		BA	15-36	0,7
	Bw2	79-118	0,5		Bw1	36-69	0,6
			Bw2		69-100	26,2	
TN2S	Ap	0-21	66,4	PF1I	A	0-21	13,6
	AB	21-43	4,9		BA	21-44	21,7
	BA	43-72	2,1		Bw1	44-82	1,1
	Bt1	72-120	1,1		Bw2	82-122	0,5
TN2I	Ap	0-20	0,8				
	AB	20-27	2,7				
	BA	27-57	4,4				
	Bi1	57-80	10,0				
	Bi2	80-110	1,1				

PS: permeabilidade saturada (volume de água que, por período de tempo, percola um solo em condições de saturação).

Em solos tropicais, em geral com boa estrutura, a capacidade de campo pode ser definida como a umidade do solo retida a -10 kPa. Nessa tensão, a porosidade mínima de aeração (15%) – ou seja, um espaço poroso livre de água – é atingida. Nas Tabelas 7.3 a 7.5, a capacidade de campo foi estabelecida como o teor de umidade alcançado ao se descontarem da porosidade total 15% (0,15 cm³ cm⁻³) de porosidade de aeração. As capacidades de campo assim calculadas estão grafadas em verde quando inferiores às obtidas a -10 kPa; as grafadas em vermelho são inferiores à umidade no ponto de murcha

permanente (-1 500 kPa). No compartimento Proterozoico, poucos solos das camadas superficiais apresentaram deficiência de aeração, mas nas camadas subsuperficiais, para se obter porosidade de aeração mínima, o teor de umidade ficaria abaixo do ponto de murcha permanente.

Tabela 7.3. Dados de porosidade total, teor de umidade a -10 e -1 500 kPa e capacidade de campo estimada para solos do compartimento Proterozoico, considerando-se diferentes posições na encosta e coberturas vegetais.

Uso	Horizonte	Porosidade total	Capacidade de campo*	Umidade do solo a	Umidade do solo a
				-10 kPa	-1 500 kPa
$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$					
Terço superior					
PI1S	Ap	0,500	0,350**	0,381	0,323
	BA	0,477	0,327***	0,381	0,332
	Bw ₁	0,541	0,391	0,340	0,299
PF2S	Bw ₂₁	0,580	0,430	0,273	0,228
	Ap	0,509	0,359	0,311	0,265
	BA	0,442	0,292	0,329	0,291
PF1S	Bw ₂	0,410	0,260	0,309	0,270
	A	0,591	0,441	0,366	0,329
	AB	0,505	0,355	0,373	0,334
PI2S	BA	0,526	0,376	0,406	0,370
	Bw ₁	0,524	0,374	0,380	0,324
	Ap	0,532	0,382	0,443	0,394
	BA	0,474	0,324	0,390	0,349
	Bw ₂	0,511	0,361	0,407	0,372
	Terço médio				
PI1M	Ap	0,525	0,375	0,373	0,321
	BA	0,440	0,290	0,315	0,268
	Bw ₁	0,425	0,275	0,317	0,277
PF2M	Bw ₂₁	0,436	0,286	0,311	0,276
	Ap	0,448	0,298	0,313	0,252
	BA	0,412	0,262	0,297	0,242
PF1M	Bw ₂	0,523	0,373	0,299	0,228
	Ap	0,645	0,495	0,368	0,329
	BA	0,467	0,317	0,340	0,305
PI2M	Bw ₁	0,473	0,323	0,373	0,345
	Bw ₂	0,534	0,384	0,342	0,283
	Ap	0,557	0,407	0,471	0,404
	BA	0,468	0,318	0,373	0,329
	Bw ₂	0,591	0,441	0,415	0,346
	Terço inferior				
PI1I	Ap	0,487	0,337	0,389	0,355
	BA	0,478	0,328	0,365	0,335
	Bw ₁	0,520	0,370	0,369	0,325
PF2I	Bw ₂	0,537	0,387	0,363	0,301
	Ap	0,553	0,403	0,362	0,278
	BA	0,479	0,329	0,372	0,308
PF1I	Bw ₂	0,508	0,358	0,321	0,269
	Ap	0,563	0,413	0,385	0,337
	BA	0,511	0,361	0,369	0,328
PI2I	Bw ₁	0,489	0,339	0,407	0,366
	Bw ₂	0,527	0,377	0,450	0,392
	Ap	0,514	0,364	0,390	0,341
	Bw ₁	0,478	0,328	0,364	0,315
	Bw ₂₁	0,460	0,310	0,363	0,317

*Capacidade de campo estimada = porosidade total menos 0,15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

**A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a determinada.

***A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a do ponto de murcha.

Tabela 7.4. Porosidade total, teor de umidade a -10 e -1 500 kPa e capacidade de campo estimada para solos do compartimento Terciário, considerando-se diferentes posições na encosta e diferentes coberturas vegetais.

Uso	Horizonte	Porosidade total	Capacidade de campo*	Umidade do solo a -10 kPa	Umidade a -1 500 kPa
				cm ³ cm ⁻³	
TN1S	Ap	0,499	0,349***	0,419	0,379
	BA	0,518	0,368**	0,416	0,366
	Bw ₁₁	0,557	0,407	0,405	0,356
	Bw ₁₂	0,530	0,380	0,414	0,371
TN2S	Ap	0,454	0,304	0,361	0,319
	AB	0,488	0,338	0,413	0,387
	BA	0,504	0,354	0,401	0,373
TF2S	Bt ₁	0,418	0,268	0,334	0,284
	Ap	0,584	0,434	0,349	0,315
	Bi ₁	0,509	0,359	0,402	0,357
TI2S	Bi ₂	0,540	0,390	0,418	0,360
	Ap	0,469	0,319	0,207	0,159
	BA	0,337	0,187	0,224	0,189
	Bw ₂	0,366	0,216	0,226	0,182
TN1M	Ap	0,529	0,379	0,393	0,359
	BA	0,502	0,352	0,420	0,392
	Bw ₁	0,490	0,340	0,406	0,367
	Ap	0,403	0,253	0,300	0,259
	Big	0,396	0,246	0,330	0,276
TN2M	Ap	0,507	0,357	0,371	0,304
	BA	0,526	0,376	0,317	0,271
	Bw ₁	0,475	0,325	0,370	0,311
TF2M	Ap	0,268	0,118	0,171	0,136
	BA	0,299	0,149	0,205	0,156
	Bw ₂	0,345	0,195	0,239	0,188
TN1I	Ap	0,470	0,320	0,394	0,353
	BA	0,488	0,338	0,413	0,387
	Bw ₁	0,504	0,354	0,401	0,373
	Bw ₂	0,493	0,343	0,408	0,359
TN2I	Ap	0,426	0,276	0,297	0,250
	AB	0,412	0,262	0,304	0,252
	BA	0,411	0,261	0,291	0,242
	Bi ₁	0,425	0,275	0,305	0,244
	Bi ₂	0,417	0,267	0,304	0,258
TF2I	Ap	0,487	0,337	0,348	0,277
	BA	0,510	0,360	0,286	0,224
	Bw ₁	0,440	0,290	0,352	0,303
TI2I	Bw ₂	0,451	0,301	0,370	0,318
	Ap	0,350	0,200	0,226	0,203
	BA	0,327	0,177	0,226	0,203
	Bw ₂	0,331	0,181	0,239	0,222

*Capacidade de campo estimada = porosidade total menos 0,15 cm³ cm⁻³.

**A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a determinada.

***A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a do ponto de murcha.

Já nos solos derivados de rochas sedimentares do Terciário, com dominância do caráter coeso, todas as camadas apresentaram teor de umidade na capacidade de campo inferior a -10 kPa e/ou inferior à umidade no ponto de murcha permanente, com uma única exceção. Até mesmo os solos de textura média não diferiram dessa condição, incluindo os solos sob cambará (TI2), que não apresentam caráter coeso.

A exemplo do que ocorreu nos compartimentos anteriores, as piores condições de disponibilidade de água foram verificadas nos solos do Quaternário com textura argilosa ou muito argilosa, independente do uso e da classe de solo. Pela posição que ocupam, em área de baixada são facilmente inundáveis e mantêm elevado teor de umidade, o que os predispôs à compactação pelo pisoteio do gado.

Tabela 7.5. Porosidade total, teor de umidade a -10 e -1 500 kPa e capacidade de campo estimada para solos do compartimento Quaternário, considerando-se diferentes posições na encosta e coberturas vegetais.

Uso	Horizonte	Porosidade total	Capacidade de campo*	Umidade do solo	
				a -10 kPa	-1 500kPa
$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$					
P19	Ap	0,505	0,355***	0,407	0,378
	Cg ₁	0,596	0,446	0,521	0,486
	Cg ₃	0,499	0,349**	0,361	0,286
P21	Ap	0,440	0,290	0,360	0,312
	Bi ₁	0,411	0,261	0,337	0,309
	Bg	0,415	0,265	0,279	0,227
QT1	Ap	0,489	0,339	0,390	0,257
	AC	0,385	0,235	0,221	0,089
	Cg ₁	0,405	0,255	0,161	0,074
QT2	App ₁	0,534	0,384	0,220	0,162
	App ₂	0,448	0,298	0,304	0,216
	Cgx ₁	0,415	0,265	0,255	0,184
P23	Ap	0,516	0,366	0,329	0,286
	Bh	0,310	0,160	0,110	0,058
	Cf	0,350	0,200	0,198	0,109

*Capacidade de campo estimada = porosidade total menos 0,15 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

**A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a determinada.

***A umidade do solo na capacidade de campo calculada é menor que a do ponto de murcha.

Considerações finais

As características físico-hídricas apresentadas mostram que os solos da área do Comperj têm em comum o adensamento das camadas subsuperficiais, em maior ou menor grau, iniciando já no horizonte AB, a uma profundidade média de 20 cm. Tais condições limitam o crescimento radicular e dificultam a entrada e armazenamento de água pluvial, tornando necessário o manejo apropriado do solo. Assim, para a implantação de cultivos, especialmente de espécies florestais, é necessário romper essa camada adensada efetuando subsolagem profunda para permitir bom desenvolvimento inicial das raízes. Embora o efeito da subsolagem seja temporário, já que o solo volta a se consolidar, essa prática facilita o crescimento radicular sem causar revolvimento muito acentuado de toda a superfície do solo, principalmente quando limitada à linha de plantio. Esse preparo do solo também permitirá infiltração de água pluvial a maiores profundidades, reduzindo o volume das enxurradas e os problemas advindos da erosão.

Difícil de contornar é o problema da disponibilidade da água para as plantas, uma vez que, como mostram os resultados, principalmente para solos com caráter coeso, a porosidade de aeração mínima para as raízes só ocorre quando a tensão da água no solo supera a capacidade de extração pelas plantas. Para amenizar esse quadro, torna-se necessário incrementar o teor de matéria orgânica no solo, ainda que esse efeito só seja possível nas camadas superficiais.

Deve-se ainda limitar o cultivo intensivo desses solos nos declives mais acentuados (maiores que 8%), já que a adoção de práticas mecânicas de controle da erosão (como o terraceamento) será pouco efetiva, considerando-se a baixa permeabilidade desses solos e a tendência de saturação das camadas superficiais, com possibilidade de deslizamento de blocos.

Referências

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FORSYTHE, W. Las condiciones físicas, la producción Agrícola y la calidad del suelo. **Agronomía Costarricense**, v. 21, n. 1, p. 35-47, 1997.

HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. New York: Academic Press, 2004.

LAL, R.; SHUKLA, M. K. **Principles of soil physics**. Columbus: Marcel Dekker, 2004.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI: SPA, 2000. (Estudos Agrícolas, 1).

WEAVER, H. A.; JAMISON, V. C. Effects of moisture on tractor tire compaction of soil. **Soil Science**, v. 71, n. 1, p. 15-23, 1951.

WOLKOWSKI, R. P. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: a review. **Journal of Production Agriculture**, v. 3, n. 4, p. 460-469, 1990.

A biologia dos solos

PARTE IV



*Maria Elizabeth Fernandes Correia
Rafael Nogueira Scoriza
Cláudia dos Reis Ferreira
Eliane Maria Ribeiro da Silva*

Introdução

O solo, como ambiente de grande diversidade biológica, é o hábitat natural de uma grande variedade de microrganismos e invertebrados. Tal diversidade é ainda desconhecida em sua maior parte, particularmente nos ambientes tropicais. A chave para essa diversidade é a grande heterogeneidade espacial encontrada no solo a pequenas distâncias. Além disso, o aporte constante de materiais orgânicos à superfície e ao interior do solo, ao longo do processo de decomposição, permite a existência de inúmeros nichos que sustentam toda essa biodiversidade.

A fauna de solo é composta de invertebrados pertencentes a uma grande variedade de táxons com diferentes funcionalidades, que interagem entre si e com a comunidade microbiana do solo, regulando o processo de decomposição e modificando estruturalmente o solo (LAVELLE et al., 2006). Ao mesmo tempo que esses organismos são agentes de modificações no compartimento serapilheira-solo (ADEJUYIGBEET et al., 2006; CARRILLO et al., 2011), são também sensíveis a alterações na cobertura vegetal (BARROS et al., 2003), no manejo do solo (AQUINO et al., 2008) e no microclima (VASCONCELOS et al., 2009). Essas interações permitem que a fauna de solo seja utilizada como bioindicadora da qualidade do solo (VELAZQUEZ, 2007), do uso da terra (AZUL et al., 2011) e do sucesso da restauração ecológica (SNYDER; HENDRIX, 2008).

Dentre os componentes da mesofauna de solo, cabe destacar os colêmbolos (Collembola: Ellipura: Hexapoda), que são pequenos artrópodes semelhantes a insetos, com tamanho que pode variar de 0,2 a 3,0 mm. Há em todo o mundo mais de 7 500 espécies descritas, abrangendo cerca de 600 gêneros de 30 famílias. No Brasil são 209 as espécies descritas, distribuídas em 19 famílias e 82 gêneros. Além de servirem de presas para diversos animais em diferentes etapas de desenvolvimento (ácaros, pseudoescorpiões, aranhas, insetos, lagartos e outros), os colêmbolos têm papel decisivo na decomposição da matéria orgânica animal e vegetal, sendo suas principais fontes de alimento os microrganismos e fungos associados à matéria orgânica do solo e à serapilheira (ZEPPELINI FILHO; BELLINI, 2004).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), da ordem Glomales da classe Zygomycetes, são também importantes componentes da biota do solo. Esses fungos asseptados colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das gimnospermas e angiospermas, além de alguns representantes das briófitas e pteridófitas. Os FMAs estabelecem ligação das raízes da planta hospedeira com o solo e sua biota, o que geralmente resulta em maior capacidade de estabelecimento, desenvolvimento e reprodução das plantas e melhor estruturação do solo (SOUZA; SILVA, 1996). Determinar a diversidade e os fatores que afetam a estrutura e função das comunidades de FMAs em solos naturais permite identificar relações entre as comunidades de fungos, as comunidades de plantas e os fatores ambientais (SOUZA et al., 2010).

Este estudo teve por objetivo avaliar as comunidades de macro e mesofauna de solo, além dos FMAs presentes nos solos da área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), a fim de subsidiar as discussões sobre o atual grau de conservação dos fragmentos florestais e o impacto destes sobre a conservação da biota do solo.

Métodos

Para o monitoramento da fauna de solo foram selecionados dois fragmentos florestais em morros de origem proterozoica, designados Macumba (PF1, 21 ha) e Cambareto (PF2, 10 ha), e dois

fragmentos situados em morros de origem terciária, denominados Gleba 7 (TF1, 3 ha) e Cupinzeiro (TF2, 7 ha). Para a amostragem, a encosta de cada fragmento foi dividida em faixas correspondentes ao terços inferior, médio e superior (como exposto no Capítulo 1). Em cada um dos terços, foram estabelecidos transectos com seis armadilhas de queda (MOLDENKE, 1994) (Figura 8.1) instaladas com espaçamento de 5 m e que permaneceram no campo por sete dias, em junho de 2010. Uma segunda amostragem com armadilhas, exclusivamente para avaliação da ocorrência e abundância de Collembola, foi realizada em fevereiro de 2011.



Figura 8.1. Armadilha de queda (armadilha *pitfall*) para coleta de artrópodes terrestres.
Foto: Rafael N. Scoriza.

Esse método permitiu capturar invertebrados de macro e mesofauna edáfica que habitam a interface serapilheira–solo, os quais constituem a chamada fauna epígea, muito sensível a alterações na quantidade e qualidade da serapilheira.

Para a macrofauna de solo, seguiu-se a mesma divisão das encostas, com coleta de cinco amostras por terço, utilizando-se a metodologia recomendada pelo programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), descrito por Anderson e Ingram (1993). Foram coletadas amostras de solo superficial (0-10 cm) com auxílio de um

quadrado de 0,25 m de lado, procedendo-se em seguida à separação manual dos organismos nelas contidos, os quais foram acondicionados em frascos com álcool 70% para conservação.

Independentemente do método de amostragem, os invertebrados foram identificados em grandes grupos taxonômicos, tipicamente ordens e classes, de acordo com as descrições fornecidas por Dindal (1990). Os colêmbolos foram identificados em morfoespécies com auxílio da chave de identificação descrita por Zeppelini Filho e Bellini (2004).

A seguir, foram estimadas a densidade (número de indivíduos por metro quadrado) da macrofauna e a abundância (número de indivíduos por armadilha por dia) da fauna epígea. Em ambos os casos, também foram estimados a riqueza total (número de grupos identificados por terço de encosta), a riqueza média (número médio de grupos presentes em cada amostra) e o índice de equabilidade de Pielou (distribuição do número de indivíduos encontrados em cada grupo taxonômico) para cada área.

Para avaliação dos FMAs em cada um dos terços de encosta dos fragmentos, coletaram-se seis amostras de solo à profundidade de 0 a 5 cm, as quais foram acondicionadas em sacolas plásticas e levadas ao laboratório. Foram realizadas duas amostragens, em junho de 2010 e em fevereiro de 2011. De cada amostra foram retirados 50 cm³ de terra para extração de esporos dos FMAs, utilizando-se a técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), complementada pela metodologia adaptada de centrifugação em gradiente de densidade para extração de nematoides (JENKINS, 1964). A identificação das espécies de FMAs baseou-se em Schenck e Perez (1988); em trabalhos de descrição de espécies identificadas posteriores a esse; e na International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi¹.

Resultados e discussão

Os fragmentos florestais situados em morros com origem no Proterozoico e no Terciário apresentaram diferenças na diversidade

¹<http://invan.caf.wvu.edu/>

dos invertebrados que compõem a macro e a mesofauna epígea. Tal diversidade é evidenciada pelos valores de riqueza total e de riqueza média (Tabela 8.1). A primeira variável mede quantos grupos diferentes de invertebrados foram registrados em cada área (neste estudo, em cada um dos terços de encosta de cada fragmento florestal). É importante considerar que, como a unidade “grupo” se refere a uma classe ou ordem taxonômica, a adição ou perda de um grupo pode significar a adição ou perda de várias espécies. Nos fragmentos florestais avaliados, a riqueza total da fauna epígea variou de 21 a 23 grupos no local de amostragem PF1 e de 20 a 23 grupos no TF2, conforme o terço da encosta. Esses dois locais apresentaram os maiores níveis de riqueza total, o que provavelmente é um efeito da riqueza da vegetação, já que eram os locais com maior número de espécies arbóreas (Capítulo 13). Uma maior diversidade vegetal representa maior variabilidade no recurso alimentar que chega ao solo, com diferenças na disponibilidade de nutrientes e no teor de compostos anti-herbivoria, como taninos e polifenóis. Esse mosaico de tipos de serapilheira depositados sobre o solo cria possibilidades de colonização por diferentes grupos da fauna de solo e por seus predadores. Tal dinâmica de colonização, que responde a um padrão espacial e à diversidade da vegetação, tem sido apontada como uma resposta-padrão da fauna de solo à sucessão secundária (YANKELEVICH et al., 2006).

A riqueza média expressa o número médio de grupos da fauna de solo coletados por amostra e é um indicativo do grau de variabilidade espacial da comunidade de invertebrados do solo. Para essa variável observou-se, de maneira geral, o mesmo padrão de variação da riqueza total, destacando-se o local de amostragem TF2, que apresentou os maiores valores de riqueza média, em contraste com o local PF2, com as menores riquezas médias dentre as áreas avaliadas (Tabela 8.1). Não por acaso, há entre essas duas áreas uma diferença de 20 espécies arbóreas (34 em TF2 e 14 em PF2) (apresentado no Capítulo 13). A baixa diversidade vegetal do local de amostragem PF2 não proporciona à serapilheira uma heterogeneidade suficiente para que esta abrigue e mantenha maior número de diferentes invertebrados do solo.

Tabela 8.1. Índices ecológicos das comunidades de fauna do solo epígea nos diferentes fragmentos florestais da área de estudo.

Fragmento florestal e terço da encosta	Indivíduos por armadilha por dia \pm erro-padrão	Riqueza média	Riqueza total
Proterozoico			
Macumba (PF1)			
inferior	15,43 \pm 2,09	11,3	23
médio	22,98 \pm 7,92	11,4	22
superior	12,21 \pm 1,56	9,4	21
Cambareto (PF2)			
inferior	14,62 \pm 1,40	10,4	20
médio	12,71 \pm 2,90	7,3	20
superior	12,45 \pm 1,63	9,0	18
Terciário			
Gleba 7 (TF1)			
inferior	19,05 \pm 2,42	11,83	22
médio	16,62 \pm 3,22	10,50	19
superior	15,93 \pm 3,54	10,83	20
Cupinzeiro (TF2)			
inferior	28,86 \pm 2,27	11,33	20
médio	27,26 \pm 10,62	12,33	23
superior	18,86 \pm 4,43	11,83	21

Fonte: Dissertação de Mestrado de Cláudia dos R. Ferreira (em andamento).

As densidades observadas na macrofauna de solo foram muito variáveis, de 390 indivíduos por metro quadrado no terço médio do fragmento da Gleba 7 a 4, e entre 4 e 115 no terço superior do fragmento Cupinzeiro (Tabela 8.2). No entanto, essas variações não parecem estar associadas ao compartimento geopedológico ou ao terço da encosta. O elevado erro-padrão e os baixos valores de Pielou para algumas áreas revelam uma dominância de insetos sociais – formigas (Formicidae) e cupins (Isoptera) – nas comunidades estudadas (Tabela 8.2). O fragmento que, em geral, apresentou maior riqueza de macrofauna foi a Gleba 7, enquanto o de menor riqueza foi o Cambareto.

Tabela 8.2. Índices ecológicos das comunidades de macrofauna de solo nos fragmentos florestais da área de estudo.

Fragmento florestal e terço da encosta	Densidade ± erro-padrão	Riqueza média	Riqueza total	Pielou
Proterozoico				
Macumba (PF1)				
inferior	2 592 ± 2 241	9,6	17	0,24
médio	864 ± 169	11,2	18	0,71
superior	928 ± 237	11,2	17	0,58
Cambareto (PF2)				
inferior	874 ± 239	9,4	17	0,68
médio	1824 ± 657	8,4	13	0,66
superior	950 ± 540	6,0	12	0,58
Terciário				
Gleba 7 (TF1)				
inferior	1 277 ± 436	12,4	23	0,61
médio	390 ± 71	8,6	16	0,84
superior	9 734 ± 9 183	9,8	20	0,31
Cupinzeiro (TF2)				
inferior	1 120 ± 736	9,2	19	0,45
médio	595 ± 120	7,8	16	0,75
superior	4 115 ± 2 190	10,2	18	0,45

Fonte: Dissertação de Mestrado de Cláudia dos R. Ferreira (em andamento).

A Figura 8.2 apresenta a composição relativa das comunidades de macrofauna de solo nos diferentes terços de cada fragmento. Note-se que a abundância de Formicidae e Isoptera perfaz mais de 50% do total de indivíduos da comunidade, excetuando-se o terço médio do fragmento Cupinzeiro, o terço médio da Gleba 7 e o terço inferior do Cambareto. Embora os insetos sociais sejam abundantes em ecossistemas tropicais, uma dominância excessiva, superior a 70% é característica de áreas antropizadas ou ambientes agrícolas abandonados (DIAS et al., 2006).

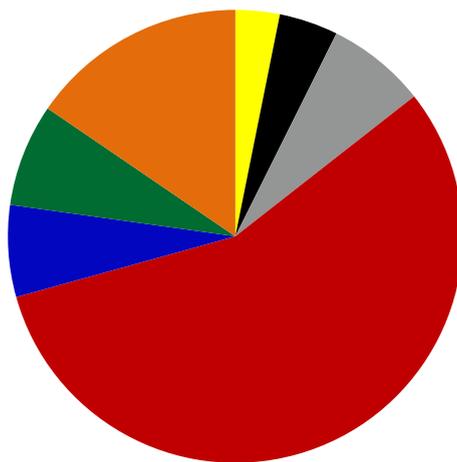
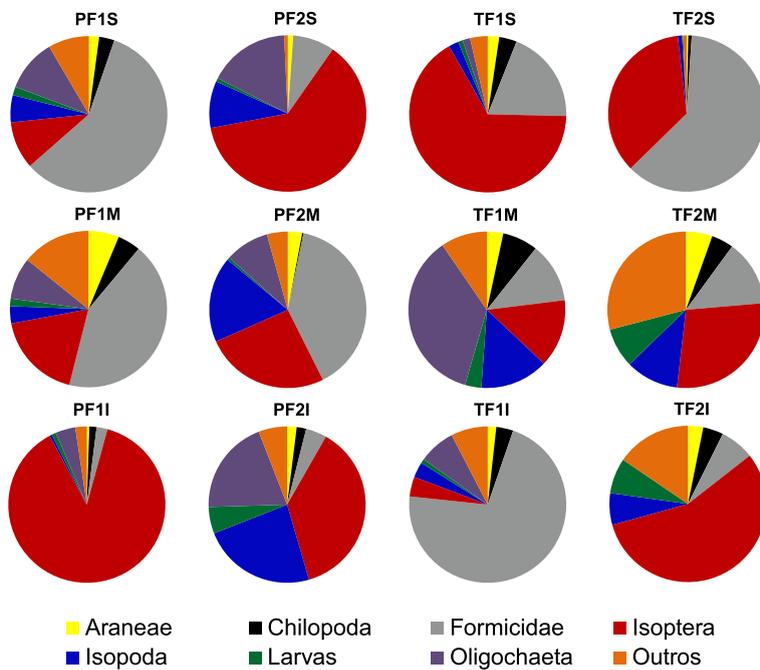


Figura 8.2. Composição relativa das comunidades de macrofauna de solo nos diferentes fragmentos e posições de relevo das áreas de estudo. (S: terço superior; M: terço médio; I: terço inferior). Fonte: Dissertação de Mestrado de Cláudia dos R. Ferreira (em andamento).

No entanto, a presença significativa do grupo saprófago Isopoda e de predadores, como Araneae e Chilopoda, é um aspecto positivo, pois indica uma intensa atividade de fragmentação da serapilheira promovida pelos isópodes e uma regulação das populações de outros invertebrados exercida pelos predadores.

Todas essas informações sobre as comunidades de meso e macrofauna indicam que embora perturbadas, as áreas florestais apresentam uma dinâmica de decomposição mínima e que o processo de sucessão secundária está em curso.

A ordem Collembola é formada por pelo menos quatro subordens: Poduromorpha e Entomobryomorpha, que apresentam corpo alongado e Neelipleona e Symphypleona, de corpo globoso com fusão de segmentos (ZEPPELINI FILHO; BELLINI, 2004). Na área do Comperj foram encontradas três morfoespécies de Symphypleona, sete de Poduromorpha e sete de Entomobryomorpha. A dominância das morfoespécies por fragmento florestal é apresentada na Figura 8.3. Constata-se ligeira diferença na riqueza de espécies entre fragmentos: TF2 apresenta 15 morfoespécies, PF1 e TF1 têm 14 cada e PF2 apresenta 13, embora a maioria das morfoespécies, particularmente as dominantes, ocorra em todos os ambientes. Algumas das morfoespécies estão incluídas na Figura 8.4.

Culik et al. (2002), em investigação de colêmbolos em áreas agrícolas do Espírito Santo, encontraram 38 espécies, 28 das quais ocorriam em todas as áreas, com variações em função da época de amostragem e do tratamento agrícola adotado. A densidade e a biodiversidade dos colêmbolos é fortemente influenciada pela adição de matéria orgânica, pelo tipo de solo e pela disponibilidade de água, bem como pelo manejo agrícola, pelo desmatamento e por outras ações antrópicas (PONGE et al., 2006).

Nos fragmentos florestais do Comperj, é muito provável que a interação entre a diversidade da vegetação e a dinâmica do processo de decomposição seja o principal fator determinante da diversidade de colêmbolos, já que estes são detritívoros primários, ou seja, atuam na fragmentação da serapilheira, além de, dependendo da espécie, alimentarem-se de fungos (HOPKIN, 1997).

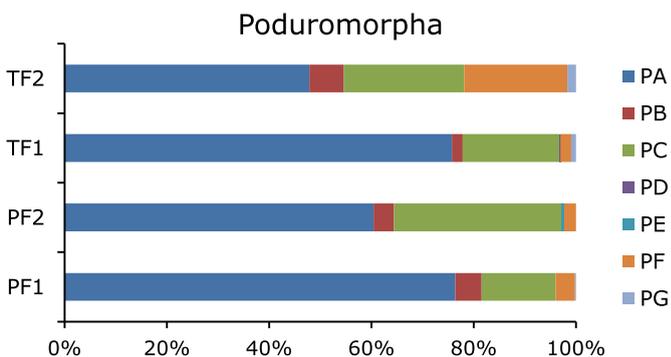
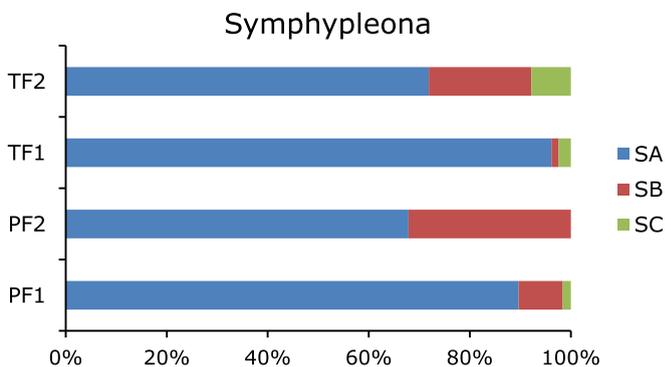
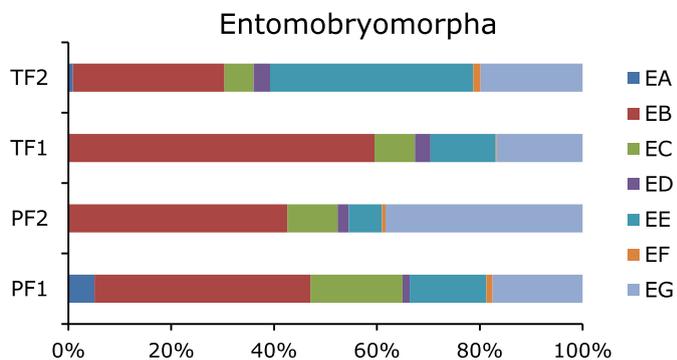


Figura 8.3. Ocorrência das morfoespécies de Collembola, por subordem: Entomobryomorpha (E, com morfoespécies A-G), Symphypleona (S, com morfoespécies A-C) e Poduromorpha, (P, com morfoespécies A-G).

Quanto aos FMAs, foram encontrados seis gêneros nos fragmentos pesquisados, com diferenças na riqueza e na presença dos gêneros entre os fragmentos (Tabela 8.3). Segundo Zangaro e Moreira (2010), o fato de esses fungos apresentarem preferência pela planta hospedeira promove sua ocorrência diferenciada no ambiente. A diferenciação, segundo Pouyú-Rojas et al. (2006), pode se revelar relacionada às fases sucessionais das florestas, sendo as espécies de fases iniciais mais generalistas que as de fases finais de sucessão florestal.



Figura 8.4. Alguns representantes de fungos micorrízicos arbusculares (as quatro imagens da esquerda) e de colêmbolos (as quatro da direita) encontrados nos fragmentos florestais pesquisados.

Fotos: Itamar Garcia e Rafael N. Scoriza.

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* predominaram em todos os locais de amostragem, principalmente em TF2 para o primeiro e PF1 para o segundo, confirmando o levantamento bibliográfico realizado por Zangaro e Moreira (2010), que constataram predomínio desses gêneros na Mata Atlântica. Os autores concluíram também que esses dois gêneros podem ser os mais comuns, com tendência a dominar a comunidade de FMAs em ambientes sujeitos a menor estresse. Os gêneros *Gigaspora* e *Scutelospora* podem dominar a comunidade em ambientes que sofrem grandes impactos e que estão submetidos a estresses naturais. A Tabela 8.4 lista as espécies de FMAs encontradas nos fragmentos pesquisados, nas duas épocas de amostragem. Das 24 espécies encontradas, três ocorreram em todos os ambientes nas duas

épocas: *Acaulospora laevis* Gerdemann & Trappe, *Archaeospora leptoticha* (Schenck & Smith) Morton & Redecker e *Glomus macrocarpum* Tulasne & Tulasne. Isso revela o caráter generalista dessas espécies. Carrenho et al. (2001) consideram que as espécies do gênero *Glomus* apresentam elevada capacidade de produção de pequenos esporos com paredes espessas, que são carregados pela água da chuva para porções mais profundas do solo, o que aumenta sua proteção a parasitas e predadores, que são abundantes próximo à superfície do solo. A elevada capacidade de esporulação pode portanto ser um dos fatores que levam o gênero *Glomus* a dominar as comunidades de FMAs.

As maiores riquezas foram observadas nos locais de amostragem PF1 e TF2, ambos com 16 espécies, considerando-se as duas épocas. No local TF1 ocorreram 13 espécies; no PF2, apenas 11. Esse também foi o gradiente de diversidade observado na vegetação arbórea dos fragmentos (apresentados no Capítulo 13), o que sugere uma relação entre a diversidade acima do solo e a diversidade abaixo dele.

Tabela 8.3. Espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontradas por fragmento em duas épocas do ano.

Espécies	PF1	PF2	TF1	TF2
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	XO	O	XO	XO
<i>A. laevis</i> Gerdemann & Trappe	XO	XO	XO	XO
<i>A. mellea</i> Spain & Schenck	XO	XO	XO	X
<i>A. scrobiculata</i> Trappe	X	-	-	X
<i>A. tuberculata</i> Janos & Trappe	X	-	-	-
<i>A. undulata</i> Sieverding	X	-	-	-
<i>Acaulospora</i> sp.	X	-	X	-
<i>Archaeospora leptoticha</i> (Schenck & Smith) Morton & Redecker	XO	XO	XO	XO
<i>Entrophospora colombiana</i> Spain & Schenck	-	-	-	X
<i>Entrophospora</i> sp.	X	X	X	X
<i>Gigaspora</i> sp.	XO	XO	XO	O
<i>Glomus etunicatum</i> Becker & Gerdemann	-	-	-	O
<i>G. lamellosum</i> Dalpe, Koske & Tews	-	XO	X	X
<i>G. macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	XO	XO	XO	XO
<i>G. microcarpum</i> Tulasne & Tulasne	-	-	O	-
<i>G. tenebrosum</i> (Thaxter) Berch	O	O	O	O
<i>G. tortuosum</i> Schenck & Smith	-	-	X	XO
<i>Glomus</i> sp.	XO	XO	X	X
<i>Scutelospora calospora</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	-	X	X	-
<i>S. cerradensis</i> Spain & Miranda	X	-	-	-
<i>S. fulgida</i> Koske & Walker	O	-	-	-
<i>S. persica</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	-	-	-	O
<i>S. verrucosa</i> (Koske & Walker) Walker & Sanders	-	-	X	X
<i>Scutelospora</i> sp.	X	-	-	-

X: época seca; O: época úmida

Foram também observadas diferenças sazonais na ocorrência das espécies de FMAs, com maior número destas na época seca. Essa diferença é resultado da resposta fisiológica do fungo, que tende a esporular mais e germinar menos no período mais seco.

Considerações finais

Os níveis de abundância e de riqueza da fauna do solo epígea mostram que o aporte de serapilheira existente nos fragmentos estudados é suficiente para permitir a colonização de uma comunidade com diferentes grupos funcionais. No entanto, a elevada dominância de insetos sociais revela que os fragmentos atualmente se apresentam em fase inicial de sucessão, o que aponta para um elevado grau de perturbação decorrente do longo histórico de interferência antrópica na região, que por sua vez se reflete na qualidade do solo.

O padrão de variação da fauna de solo e dos FMAs sugere uma estreita relação com a diversidade de vegetação arbórea, sendo PF1 e TF2 os locais de amostragem que se revelaram mais diversos e TF2 o menos diverso.

Embora a diversidade não seja comparável à de áreas de Mata Atlântica bem preservadas, a biota de solo presente nos fragmentos florestais estudados presta serviços ambientais à área como um todo. Além disso, os dados gerados podem constituir subsídio para ações de recuperação ambiental na região, bem como servir de referência para a avaliação de impactos do reflorestamento sobre aspectos físicos e biológicos do solo e sobre a ciclagem de nutrientes.

Referências

ADEJUYIGBE, C. O.; TIAN, G.; ADEOYE, G. O. Microcosmic study of soil microarthropod and earthworm interaction in litter decomposition and nutrient turnover. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 75, p. 47-55, 2006.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008.

AZUL, A. M.; MENDES, S. M.; SOUZA, J. P.; FREITAS, H. Fungal fruitbodies and soil macrofauna as indicators and land use practices on soil biodiversity in Montado. **Agroforestry Systems**, Columbia, v. 82, p. 121-138, 2011.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, Jena, v. 47, p. 273-280, 2003.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1015-1021, 2006.

DINDAL, D. L. **Soil biology guide**. New York: Wiley, 1990.

CARRENHO, R.; SILVA, E. S.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores e species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 32, p. 262-270, 2001.

CARRILLO, Y.; BALL, B. A.; BRADFORD, M. A.; JORDAN, C. F.; MOLINA, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 43, p. 1440-1449, 2011.

CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brasil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 21, p. 49-58, 2002.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. W. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 46, p. 235-244, 1963.

HOPKIN, S. P. **Biology of Springtails (Insecta: Collembola)**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692, 1964.

LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, F.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 42, p. S3-S15, 2006.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; BOTTOMLEY, S.; BEZDICEK, P.; SMITH, D.; TABATABAI, S.; WOLLUM, A. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994.

PONGE, J. F.; DUBS, F.; GILLET, S.; SOUSA, J. P.; LAVELLE, P. Decreased biodiversity in soil springtail communities: the importance of dispersal and landuse history in heterogeneous landscapes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, p. 1158-1161, 2006.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 413-424, 2006.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi**. 2. ed. Gainesville: University of Florida, 1988.

SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology**, Washington, v. 16, p. 629-636, 2008.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços e aplicações na pesquisa com micorrizas**. Lavras: Editora UFLA, 1996.

SOUZA, F. A.; STURMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010.

VASCONCELOS, H. L.; PACHECO, R.; SILVA, R. C.; VASCONCELOS, P. B.; LOPES, C. T.; COSTA, A. N.; BRUNA, E. M. Dynamics of the leaf-litter arthropod fauna following fire in a Neotropical Woodland Savanna, **PLoS ONE**, Austin, v. 4, n. 11, p. 7762, 2009.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GIQS: a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, n. 39, p. 3066-3080, 2007.

YANKELEVICH, S. N.; FRAGOSO, C.; NEWTON, A. C.; RUSSELL, G.; HEAL, O. W. Spatial patchiness of litter, nutrients and macroinvertebrates during secondary succession in a Tropical Montane Cloud Forest in Mexico. **Plant Soil**, v. 286, p. 123-139, 2006.

ZANGARO, W.; MOREIRA, M. Micorrizas arbusculares nos biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010.

ZEPPELINI FILHO, D.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2004.

*Guilherme Montandon Chaer
Sérgio Gaiad
Ariene Basílio dos Santos
Rodrigo Grochoski*

Introdução

Os microrganismos e os processos microbiológicos do solo são os principais responsáveis pela ciclagem de nutrientes e pela decomposição e formação da matéria orgânica do solo. Os microrganismos constituem uma grande e dinâmica fonte de nutrientes nos ecossistemas e participam ativamente em processos benéficos, como a estruturação do solo, a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de nutrientes para as plantas, a redução de patógenos e pragas de plantas e a degradação de pesticidas e outros compostos persistentes aplicados ao solo, atuando em associações micorrízicas e em outras propriedades do solo que afetam o crescimento vegetal.

Microrganismos e processos microbiológicos destacam-se também como indicadores da qualidade do solo, por sua capacidade de responder rapidamente a mudanças advindas de alterações no manejo ou uso da terra e, adicionalmente, pelo fato de que a atividade microbiana reflete a influência conjunta de todos os fatores que regulam a degradação da matéria orgânica e a transformação dos nutrientes. Dessa forma, um solo de alta qualidade deve possuir atividade biológica intensa e conter populações microbianas balanceadas.

Diversos são os parâmetros utilizados para determinar a condição microbiológica do solo. Destacam-se nesse conjunto o carbono da biomassa microbiana (CBM), a taxa de respiração do solo, o quociente metabólico do solo (qCO_2) e a atividade de diferentes grupos

de enzimas do solo.

A biomassa microbiana inclui bactérias, actinomicetos, fungos, algas e protozoários e corresponde a 2% a 5% do carbono orgânico e a 1% a 5% do nitrogênio total do solo. É o componente do solo responsável por funções de extrema importância, como a decomposição e formação da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. A biomassa microbiana constitui ainda uma reserva considerável de nutrientes que são constantemente desviados para os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema.

A taxa de respiração do solo consiste na medida da produção de dióxido de carbono resultante da atividade metabólica, no solo, de microrganismos, de raízes vivas e de macrorganismos, como minhocas, nematoides e insetos. A atividade dos organismos no solo é considerada um atributo positivo para sua qualidade, sendo a taxa de respiração um indicador sensível da decomposição de resíduos, do giro metabólico do carbono orgânico e de distúrbios no ecossistema.

O quociente metabólico corresponde à taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana. Essa medida é um indicador da eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono orgânico do solo (Capítulo 11) e, indiretamente, um indicador de estresse ou distúrbio do solo. Fatores de estresse ou condições desfavoráveis presentes no solo, como metais pesados, limitações de nutrientes e baixo pH, irão reduzir a eficiência microbiana em converter o carbono assimilado em nova biomassa, já que uma maior parte desse carbono deverá ser utilizada para fornecer energia (e portanto ser respirada como CO_2) para processos metabólicos necessários à manutenção do equilíbrio celular. Ao contrário, à medida que determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos carbono é perdido como CO_2 pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos. Dessa forma, baixos valores de quociente metabólico indicam ambientes mais estáveis, ou mais próximos do estado de equilíbrio.

As enzimas do solo originam-se de todos os organismos vivos presentes no solo, incluindo fauna, raízes de plantas e microrganismos. São usualmente excretadas de células vivas ou liberadas no solo a partir

de células mortas. As enzimas livres formam complexos com a matéria orgânica do solo e podem ser estabilizadas na superfície de partículas de argila, mantendo-se ali ativas por períodos variáveis. A escolha das enzimas a serem analisadas como indicadoras de qualidade se baseia-se em sua sensibilidade ao manejo do solo e em sua importância na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica, além da simplicidade de análise.

A área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) é ocupada predominantemente por pastagens, muitas delas degradadas, e áreas agrícolas atualmente abandonadas devido à implantação do empreendimento. Em ambas, o processo de regeneração natural da vegetação já teve início e, nelas, são poucos os remanescentes florestais, todos bastante alterados (Capítulo 3). Considerando esse quadro, este estudo teve por objetivo caracterizar a condição microbiológica de solos sob diferentes usos para determinar a existência de condições necessárias à reintrodução do componente florestal na paisagem e direcionar as ações a serem implementadas para a recuperação dos ambientes degradados.

Métodos

Foram conduzidos dois estudos diagnósticos relacionados à microbiologia do solo na área do Comperj. No primeiro foram comparados os parâmetros microbiológicos entre solos de floresta e de pastagem existentes em diferentes posições da encosta nos compartimentos Proterozoico e Terciário. No segundo estudo foram comparados parâmetros microbiológicos em solos com diferentes coberturas vegetais e profundidades em áreas do compartimento Proterozoico.

Estudo 1

No compartimento Proterozoico foram selecionadas duas encostas (áreas de relevo montanhoso) com floresta (PF1 e PF2) e quatro com pastagem (PN1, PN2, PI1 e PI2). No compartimento Terciário, para fins comparativos, selecionaram-se duas encostas com

floresta (TF1 e TF2) e quatro encostas com pastagem (TN1, TN2, TI1 e TI2), totalizando 12 áreas de amostragem. Todas as áreas de pastagem do Comperj estão sem uso desde 2008, encontrando-se predominantemente vegetadas por espécies de braquiária (Capítulo 13) no momento da amostragem. A localização exata dos pontos amostrados é apresentada no Capítulo 2 (Figura 2.2).

Para a coleta das amostras, realizada de 11 a 13 de maio de 2010, as encostas foram divididas em terços: superior, médio e inferior. No centro de cada terço foi definido um transecto de 20 m, ao longo do qual foram retiradas seis amostras simples, coletadas na profundidade de 0 a 5 cm, para integrarem uma amostra composta representativa desse terço (Figura 9.1). Imediatamente após a coleta, as amostras foram passadas em peneira de 2 mm, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em caixa térmica com gelo. Após o transporte ao laboratório, foram mantidas a 4 °C até o momento da análise.

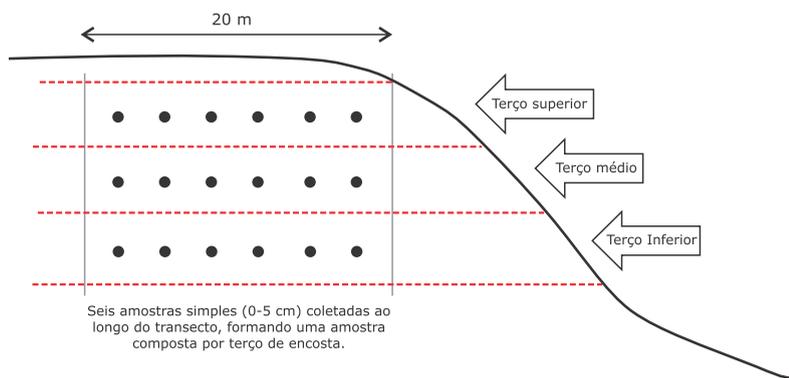


Figura 9.1. Esquema do procedimento de amostragem de solos em encostas dos compartimentos Terciário e Proterozoico.

As amostras foram analisadas quanto à atividade enzimática, com determinações de fosfatase (TABATABAI, 1994), fenol-oxidase (SINSABAUGH et al., 1999) e hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) (SCHURER; ROSSWALL, 1982). Para quantificação de CBM, utilizou-se o método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), com determinação por colorimetria (BARTLETT; ROSS, 1988). A respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pelo método de incubação do solo por

10 dias em recipiente hermético contendo hidróxido de sódio como armadilha de CO₂ (ISERMEYER, 1995). O valor de $q\text{CO}_2$ correspondeu à razão entre RBS e CBM.

Todas as variáveis biológicas mensuradas foram testadas estatisticamente ($p < 0,05$) para três fatores: compartimento geológico (Proterozoico ou Terciário), cobertura vegetal (pastagem ou floresta) e interação entre cobertura vegetal e compartimento. Dessa forma, as áreas de pastagem a serem futuramente reflorestadas, tanto por plantio de mudas quanto por manejo da regeneração natural, foram contrastadas em conjunto em relação às áreas florestais. As diferenças entre as posições na encosta (terços) também foram testadas dentro de cada compartimento e tipo de cobertura vegetal.

Estudo 2

Para o segundo estudo selecionaram-se três encostas no compartimento Proterozoico contendo coberturas vegetais diferenciadas: (1) encosta com remanescente de floresta, em Latossolo Amarelo Distrocoeso típico A moderado, de textura muito argilosa (PF1); (2) encosta com floresta em que predomina cambará (*Gochnatia polymorpha* Less.), em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico A moderado, de textura muito argilosa (PF2); e (3) encosta com pastagem, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico em fase erodida, de textura argilosa nos terços médio e superior e textura muito argilosa com A moderado no terço inferior (PN1). Essas classes de solo são descritas no Capítulo 1.

Em cada encosta foram colhidas amostras de solo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, nas três posições (terços inferior, médio e superior). De cada ponto de coleta extraiu-se uma amostra composta, formada por cinco amostras simples. Em cada posição da encosta foram determinadas as características físico-hídricas dos solos.

Para a caracterização microbiológica, determinaram-se os seguintes indicadores: CBM, RBS e $q\text{CO}_2$. Para a determinação de CBM foi utilizado o método da fumigação-extração de Vance et al. (1987), com adaptações de Silva et al. (2007a). Os valores de RBS e $q\text{CO}_2$ foram determinados de acordo com a metodologia de Jenkinson e Powlson

(1976), modificada por Silva et al. (2007b).

Resultados e discussão

Estudo 1

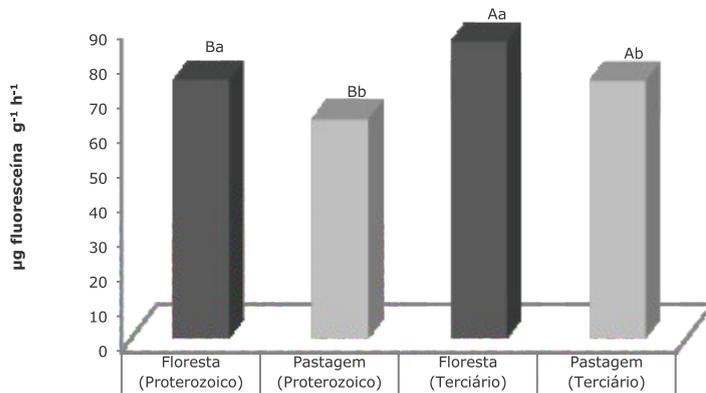
Comparações entre posições de encosta

Da comparação das variáveis microbiológicas avaliadas entre os terços superior, médio e inferior, dentro de cada componente geológico e cobertura vegetal, não resultaram diferenças estatisticamente significativas (dados não apresentados). Esse resultado é de certa forma inesperado, em razão dos maiores teores de umidade, de nutrientes e de matéria orgânica esperados no terço inferior da encosta, que deveriam se refletir em uma microbiota mais abundante e ativa que a de solos provenientes de terços médios e superiores. É possível que fatores relacionados ao histórico de uso do solo das áreas pesquisadas, como por exemplo o uso mais intensivo das partes mais baixas da encosta, tenham causado redução da biomassa e da atividade microbiana. Em função da ausência de diferenças entre posições na encosta, esse fator foi desconsiderado na apresentação dos demais resultados, a seguir.

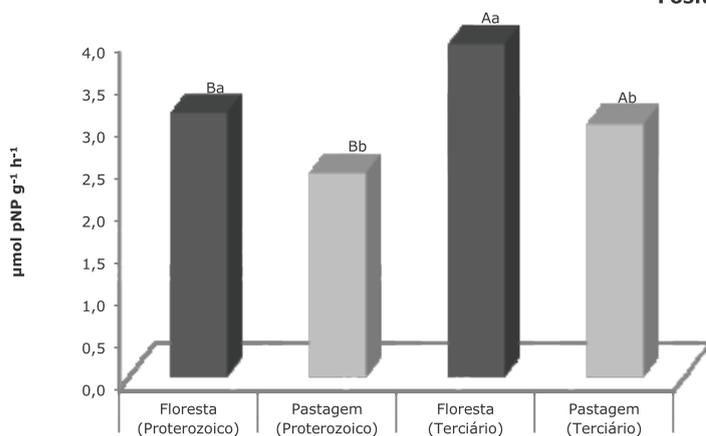
Comparações entre compartimentos geológicos

A atividade de todos os três grupos de enzimas do solo foi maior nas áreas do compartimento Terciário do que nas do Proterozoico (Figura 9.2). O padrão inverso foi observado para CBM, atividade de respiração do solo e qCO_2 , embora não se tenham encontrado diferenças em CBM entre essas áreas, independente do tipo de vegetação. Esses resultados demonstram que os solos proterozoicos analisados possuem biomassa microbiana maior e mais ativa, embora menos eficiente na conservação do carbono do solo, do que os solos terciários.

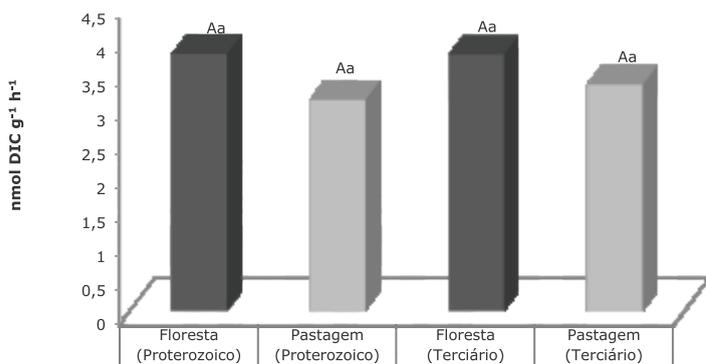
FDA



Fosfatase



Fenol-oxidase



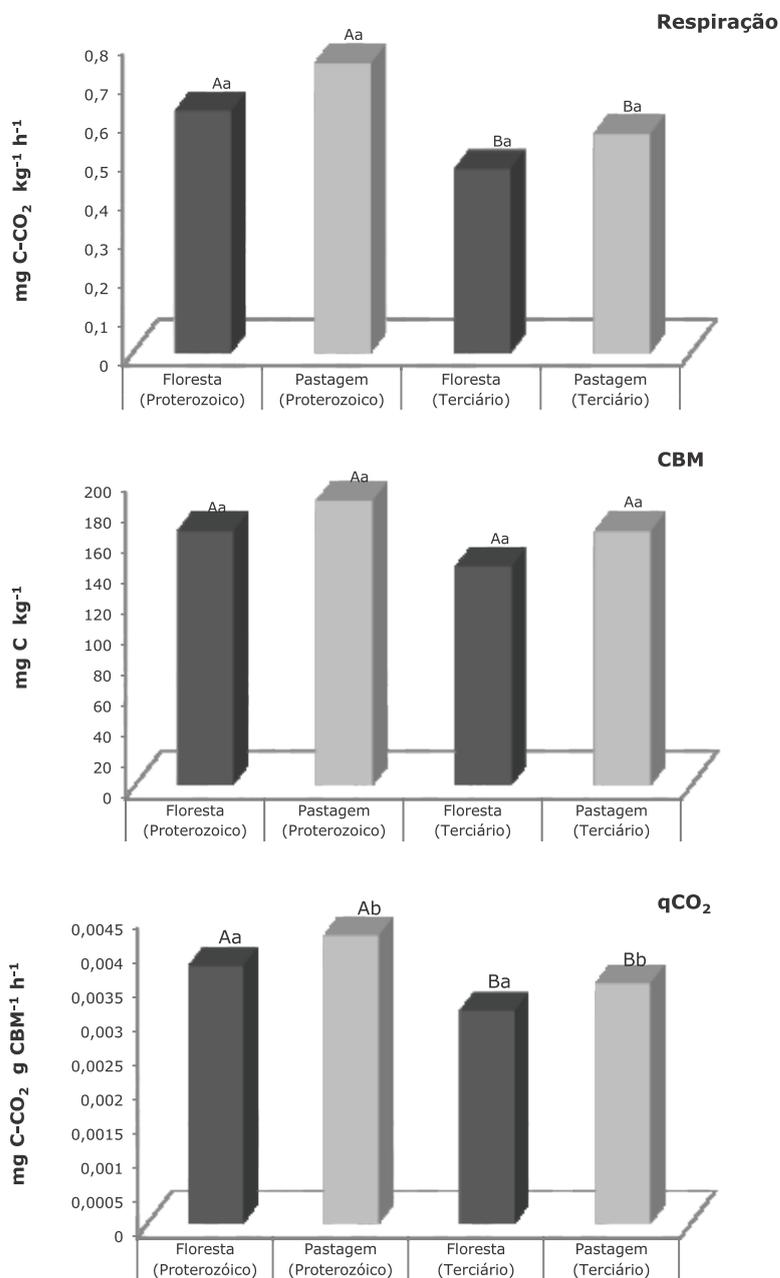


Figura 9.2. Taxas de atividade enzimática e respiratória, carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (qCO_2) em áreas de pastagem e florestas localizadas nos compartimentos Proterozoico e Terciário. (Barras encimadas por letras maiúsculas semelhantes não diferem quanto ao compartimento geomorfológico. Aquelas encimadas por letras minúsculas semelhantes não diferem quanto ao tipo de cobertura vegetal dentro de cada compartimento geomorfológico.)

Comparações entre tipos de cobertura vegetal

Os resultados das análises de atividade enzimática e respiratória e da quantificação de CBM e qCO_2 são apresentados na Figura 9.2. Nas áreas de floresta, as taxas de atividade de fosfatases e de hidrólise de FDA foram maiores que nas de pastagem, o que pode estar relacionado à maior diversidade da vegetação e ao maior aporte de serapilheira e carbono ao solo da floresta. Esses fatores, reconhecidamente, afetam de modo direto a composição e atividade microbiana do solo. Apesar das diferenças encontradas nas fosfatases e na hidrólise de FDA entre as áreas de floresta e pastagem, não se constatou diferença significativa na atividade de fenol-oxidase, embora essa variável tenha apresentado tendência similar às das outras duas medidas de atividade enzimática (Figura 9.2).

As fenol-oxidases são produzidas quase que exclusivamente por fungos e estão geralmente relacionadas à decomposição de lignina ou de formas de carbono orgânico recalcitrantes do solo. Dessa forma, alterações na atividade desse grupo enzimático podem indicar tanto diferenças na composição microbiana dessas áreas (maior predominância de fungos) quanto diferenças no potencial de ciclagem de formas de carbono mais estáveis do solo nesses ambientes.

Não foram observadas diferenças nas variáveis RBS e CBM em relação ao tipo de cobertura vegetal (Figura 9.2). No entanto, a atividade de respiração por unidade de biomassa, expressa por qCO_2 , foi significativamente maior nas áreas de pastagem. Segundo Anderson e Domsch (1995), esse resultado sugere que a biomassa microbiana de solos florestais é mais eficiente na utilização do carbono disponível do que a de solos de pastagem. Tal eficiência pode estar relacionada à composição e diversidade da microbiota de cada área e a diferenças nas propriedades físicas e químicas do solo.

Estudo 2

Influência da cobertura vegetal, da profundidade de amostragem e das características físicas nos parâmetros microbiológicos do solo

Os valores de RBS e de CBM indicaram maior atividade microbiana na camada superficial (0 a 5 cm de profundidade), independente do tipo de cobertura vegetal (Tabela 9.1). Nessa camada, porém, os indicadores microbiológicos não diferiram significativamente entre as tipologias de vegetação analisadas.

O solo sob floresta no compartimento Proterozoico (PF1) apresentava, na época das coletas, boa cobertura de serapilheira, com pouca diferença no desenvolvimento das árvores ao longo da encosta. Por outro lado, na área em processo de recuperação em que predominam cambarás (PF2), o solo apresentava um gradiente bem definido de crescimento das árvores, cujas alturas diminuía do terço inferior ao terço superior da encosta, com respectivas alterações no recobrimento do solo. No solo sob pastagem abandonada (PN1), a cobertura do solo era homogênea ao longo da encosta, mas as amostras coletadas no terço superior apresentaram teor de umidade maior que as demais. Uma vez que os parâmetros microbiológicos do solo são fortemente influenciados por condições ambientais (principalmente temperatura e umidade), esperavam-se maiores teores de CBM e menores taxas de RBS na área de floresta do que na de pastagem. De forma semelhante, previa-se que na área com cambarás houvesse maior atividade microbiana no terço inferior do que no terço superior, dada a grande diferença no porte das árvores. É possível que a maior exposição do solo a variações de temperatura e umidade decorrentes das coberturas vegetais presentes nos locais tenha mascarado os resultados dos parâmetros microbiológicos.

Tabela 9.1. Respiração basal do solo (RBS) e carbono da biomassa microbiana (CBM) em áreas com diferentes tipologias, posições na encosta e profundidades de solo (Estudo 2).

	RBS (g C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹)		CBM (mg C kg ⁻¹ solo)	
	0 a 5 cm	5 a 10 cm	0 a 5 cm	5 a 10 cm
Floresta (PF1)				
Superior	0,84	0,55	221	196
Médio	0,94	0,53	213	160
Inferior	0,89	0,57	205	144
Cambará (PF2)				
Superior	0,9	0,58	211	193
Médio	0,81	0,53	229	193
Inferior	1,05	0,5	214	125
Pastagem (PN1)				
Superior	1,39	0,7	233	145
Médio	0,84	0,67	130	129
Inferior	1,07	0,78	158	113

Apesar da ausência de diferenças entre CBM e RBS na camada mais superficial, os dados obtidos na camada de 5 a 10 cm de profundidade expressaram diferenças nos indicadores microbiológicos do solo em função do tipo de cobertura. Constatou-se nos solos sob pastagem um aumento de RBS e uma diminuição de CBM em comparação com a floresta e a área com predomínio de cambará (Tabela 9.1).

Os solos sob pastagem apresentaram maior densidade e menor macroporosidade que os demais (Tabela 9.2), indicando compactação (dados completos são apresentados no Capítulo 7). Nas áreas sob floresta constatou-se macroporosidade mais adequada ao desenvolvimento vegetal, com maiores volumes de macroporos e de aeração. A compactação diminui a quantidade de macroporos do solo, dificultando as trocas gasosas, o fluxo de água e a penetração de raízes, o que pode dificultar a atividade de microrganismos, levando a uma diminuição da biomassa microbiana e um aumento de sua respiração, bem como ao estabelecimento e desenvolvimento de plantas.

Tabela 9.2. Caracterização físico-hídrica do solo no horizonte superficial em três posições na encosta (Estudo 2).

Vegetação e terço da encosta	Horizonte superficial	Densidade (kg dm ⁻³)	Porosidade (cm ³ cm ⁻³)			Água disponível (cm ³ cm ⁻³)
			Total	Macro	Aeração	
Floresta (PF1)						
Superior	A	1,129	0,563	0,174	0,178	0,048
Médio	A	1,067	0,645	0,272	0,276	0,040
Inferior	A	1,106	0,591	0,220	0,225	0,037
Cambará (PF2)						
Superior	Ap	1,250	0,509	0,188	0,199	0,046
Médio	Ap	1,400	0,448	0,128	0,135	0,061
Inferior	Ap	1,160	0,553	0,166	0,191	0,083
Pastagem (PN1)						
Superior	Ap	1,300	0,517	0,094	0,102	0,033
Médio	Ap	1,330	0,503	0,093	0,104	0,049
Inferior	BA	1,460	0,485	0,069	0,075	0,053

Os dados da Tabela 9.2 se refletem em qCO_2 , que é um indicador da eficiência do uso de carbono pela comunidade microbiana do solo ou da estabilidade ecológica do sistema. Menores quocientes metabólicos indicam ambiente de solo mais estável. Quocientes mais elevados, encontrados na pastagem (Figura 9.3), indicam menor estabilidade do sistema, que pode estar relacionada à menor porosidade e maior densidade do solo nessa área (Tabela 9.2). A diminuição da aeração e o aumento da densidade observados nos solos sob pastagem corresponderam a um aumento de RBS (Tabela 9.1), o que contribuiu para um aumento em qCO_2 . Por outro lado, os menores valores desse quociente encontrados no remanescente florestal estiveram relacionados a uma menor taxa de RBS, a uma menor densidade do solo e a maiores taxas de aeração, indicativos de solo de melhor qualidade nesse ambiente.

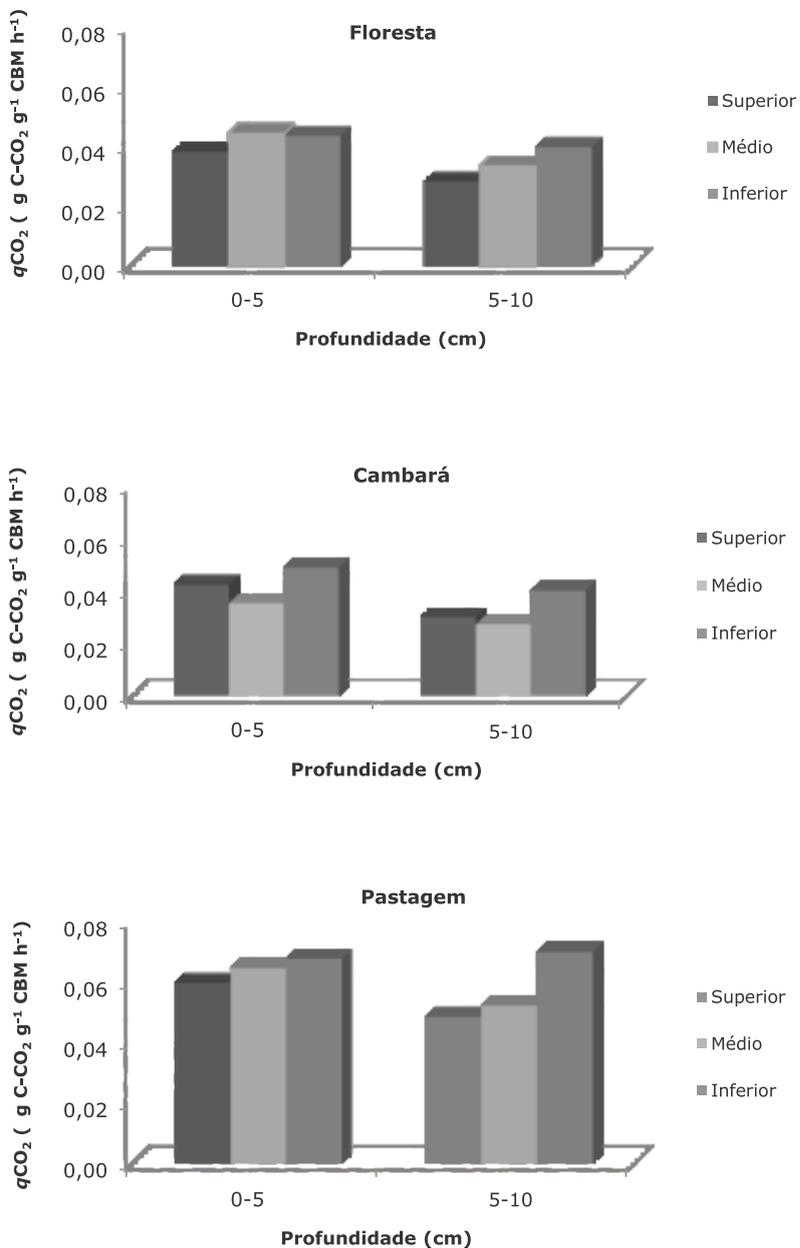


Figura 9.3. Quociente metabólico em solos sob diferentes coberturas florestais, em três posições na encosta (terços superior, médio e inferior) (Estudo 2).

Considerações finais

Os resultados obtidos prestam-se a servir como referência inicial para o monitoramento das áreas do Comperj durante o processo de recomposição florestal. Novas análises serão realizadas quatro e seis anos após o início do reflorestamento.

Esses dados iniciais revelam uma forte relação das propriedades microbiológicas e bioquímicas do solo com aquelas de caráter físico-hídrico, indicando a influência conjunta desses fatores sobre a qualidade do solo.

Constatou-se serem pequenas as diferenças de qualidade microbiológica do solo entre os ambientes de pastagem e de floresta, seja em termos da atividade e biomassa microbianas ou da estabilidade ecológica do solo, indicando que essa qualidade não constitui fator potencialmente restritivo à recuperação ambiental dessas áreas. Espera-se que o restabelecimento da cobertura florestal nas áreas de pastagem possa ao longo do tempo levar a um aumento da biomassa microbiana e da atividade de enzimas do solo, concomitantemente a uma redução de ηCO_2 .

Agradecimento

Os autores agradecem ao técnico agrícola Fernando Cunha pelo apoio proporcionado nas campanhas de amostragem de solo.

Referências

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 10, p. 215-221, 1978.

BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 1191-1192, 1988.

ISERMAYER, H. Eine eingache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press Inc., 1995. p. 214-216.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. Method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 8, p. 209-213, 1976.

SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measurement of total microbial activity in soil and litter. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 43, p. 1256-1261, 1982.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007a. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 98).

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).

SINSABAUGH, R. L.; KLUG, M. J.; COLLINS, H. P.; YEAGER, P. E.; PETERSON, S.O. Characterizing soil microbial communities. In: ROBERTSON, G. P. et al. (Ed.). **Standard soil methods for long-term ecological research**. New York: Oxford University Press, 1999.

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. In: WEAVER, R. W. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison, WI: SSSA, 1994. Parte 2. (SSSA. Book Series, 5).

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

PARTE V

O carbono dos solos



*Alessandro de Paula Silva
Fernando Lima Aires Gonçalves
Jamile Nehme de Azevedo
Nicelle Mendes Oliveira
Cláudia Pozzi Jantalia
Eduardo Francia Carneiro Campello
Alexander Silva de Resende*

Introdução

À medida que a área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) foi, em sua maior parte, sendo desapropriada a partir de 2007, a retirada do gado favoreceu o rendimento das pastagens, aumentando o acúmulo de biomassa. Se esta, por um lado, é uma situação benéfica, por promover uma efetiva cobertura do solo, pode, por outro, dificultar a regeneração natural, a depender da quantidade de massa formada e do tipo de forragem envolvida. Mesmo que o processo de dispersão das espécies florestais seja eficiente e promova a chegada de sementes a locais ocupados por espécies herbáceas, a germinação dos propágulos de plantas arbóreas costuma resultar em fracasso, devido às dificuldades para seu estabelecimento. Muitos estudos (*e.g.*, VIEIRA; PESSOA, 2001; CHEUNG, 2009) reiteram a importância de considerar esses aspectos ao se planejarem ações de reflorestamento, ocasião em que a determinação da biomassa estocada pelas espécies herbáceas se faz necessária (Figura 10.1).

Outro aspecto relevante é que a biomassa atual das forrageiras nessas áreas constitui um importante estoque de carbono no solo, estoque esse que, ao ser removido para o plantio de árvores, acarreta em um primeiro momento uma redução do carbono ali armazenado. Por sua vez, a deposição de serapilheira¹ proveniente da nova cobertura florestal é pequena logo após o plantio, embora tenda a aumentar progressivamente até que o material estocado sobre o solo alcance estabilização.

¹ Serapilheira: material resultante da queda de folhas, galhos e partes reprodutivas de plantas que se acumula sobre o solo florestal.

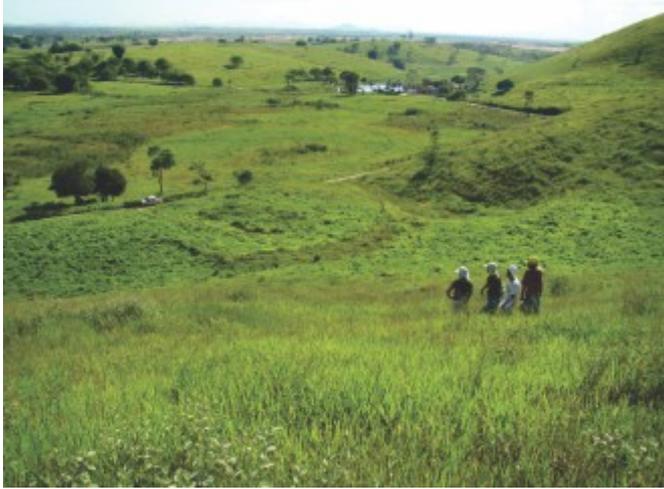


Figura 10.1. Diferentes coberturas de espécies forrageiras na paisagem do Comperj.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Em um mesmo tipo florestal, a deposição de serapilheira pode apresentar diferenças, conforme o grau de perturbação da área. Isso é explicado pelo fato de que ambientes mais perturbados contêm maior número de espécies pioneiras, que apresentam rápido crescimento e curto ciclo de vida. Esse padrão, que leva a uma intensa produção de biomassa em menor período, não é observado em ambientes menos perturbados, que apresentam menor número de espécies pioneiras e, conseqüentemente, menor produção de biomassa (LEITÃO-FILHO et al., 1993; MARTINS; RODRIGUES, 1999).

Todo esse material vegetal que se acumula sobre o solo influencia as estratégias a serem adotadas para a revegetação do Comperj, bem como os custos de implantação e manutenção, a disponibilidade de nutrientes e a necessidade de adubação, além de ser um dos fatores determinantes do comportamento da fauna e da biologia do solo.

Tendo em vista esse conjunto de aspectos, este estudo visou identificar as diferenças existentes na produção da biomassa pelas diferentes espécies que compõem as pastagens e também as diferenças na produção de serapilheira nas florestas, considerando os distintos compartimentos ambientais e posições na paisagem em que estas se localizam.

Métodos

A amostragem da biomassa da serapilheira das florestas e da parte aérea das pastagens foi realizada em dois compartimentos ambientais, de diferentes origens geológicas: do Proterozoico e do Terciário (como descrito no Capítulo 1). No caso das pastagens, amostraram-se oito áreas proterozoicas e quatro terciárias; para a serapilheira, as coletas foram feitas em duas áreas do Proterozoico e duas do Terciário.

Para tanto, utilizou-se um quadrado de madeira de 50 cm x 50 cm, disposto aleatoriamente em três posições na encosta (terços inferior, médio e superior). De cada área coletaram-se três amostras por terço de encosta, em abril de 2010.

As amostras de biomassa de pastagem foram retiradas a 5 cm de altura do solo, com auxílio de uma tesoura de poda. O material foi pesado em campo, sendo dele removida uma subamostra para determinação da matéria seca. Para amostragem da serapilheira, coletou-se todo o material depositado sobre o solo (Figura 10.2), que foi em seguida levado a estufa de secagem sob ventilação artificial até que o peso se mantivesse constante, para determinação da matéria seca. Os valores de matéria seca permitiram calcular o estoque de carbono por unidade de área (em megagramas por hectare).

O teor de carbono das amostras foi calculado considerando-o como 45% da massa seca total.



Figura 10.2. Quadrado de madeira utilizado nas coletas.
Foto: Alexander Resende.

Resultados e discussão

Nas pastagens, atualmente abandonadas, observaram-se três espécies de gramíneas: *Brachiaria decumbens* Stapf, *B. humidicola* (Rendle) Schweick e *Paspalum* sp. (Figura 10.3).

Esta última, nativa da região, onde é conhecida como grama-pernambuco, esteve presente em 42% das áreas avaliadas, com forte predomínio em áreas proterozoicas (50%). Nas áreas do Terciário predominou *B. humidicola*, espécie de origem africana e bem adaptada a áreas com regime pluviométrico mais intenso. No Brasil, a espécie é muito conhecida como capim-quicuiu e, juntamente com *B. decumbens*, predomina em áreas mecanizáveis, já que pode ser plantada em solos passíveis de preparo mecanizado.

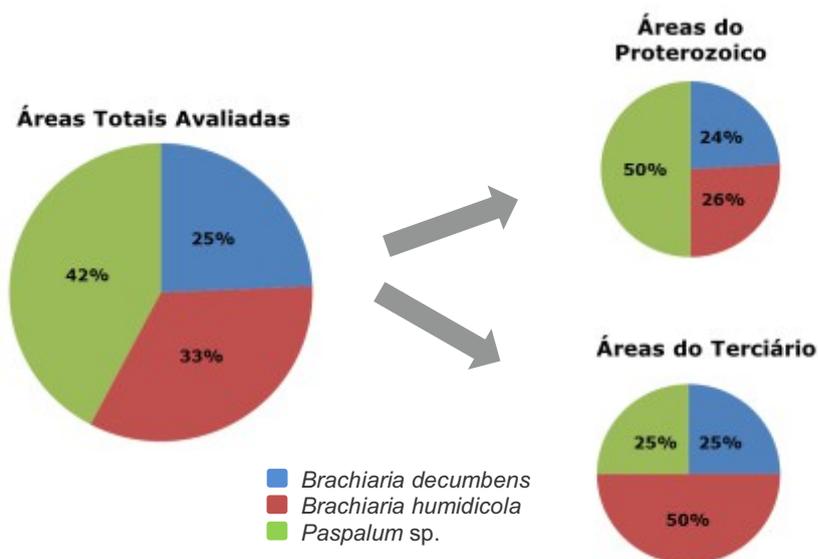


Figura 10.3. Percentuais de ocorrência de espécies forrageiras nas áreas de pastagem avaliadas.

Essas três espécies herbáceas apresentaram altos valores de biomassa, superando 10 Mg ha^{-1} (Figura 10.4). Para comparação, pode-se considerar que em uma pastagem rotacionada bem conduzida os valores satisfatórios para a entrada do gado devem estar próximos de $3,0$ a $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$.

A capacidade de produção de biomassa foi maior em *B. humidicola*, que alcançou 18 Mg ha^{-1} em áreas do Terciário (Figura 10.4), formando praticamente um “colchão” de herbáceas sobre o solo das encostas, dificultando assim o estabelecimento de propágulos, como sementes, e portanto o início do processo de regeneração natural da floresta. Essa grande biomassa é provavelmente uma das explicações para as poucas espécies florestais observadas nas pastagens do Comperj (como exposto no Capítulo 13, sobre vegetação).

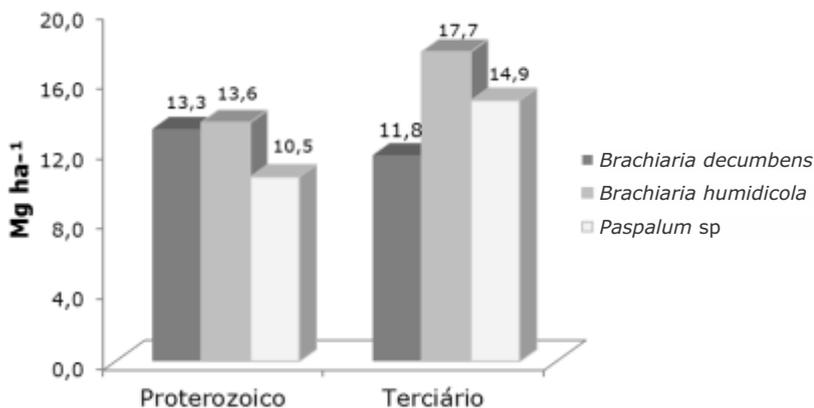


Figura 10.4. Biomassa aérea de pastagens nos compartimentos ambientais pesquisados.

De maneira geral, os valores de biomassa das diferentes espécies tenderam a ser maiores nos terrenos terciários do que nos proterozoicos. É possível que a capacidade de retenção de umidade de cada solo (focalizada no Capítulo 7) possa ter influenciado esses resultados. A exceção foi *B. decumbens* (Figura 10.4).

O terço médio do Terciário apresentou menores valores de biomassa, ao passo que em terrenos do Proterozoico não houve diferenças em função das posições na encosta (Figura 10.5). Cabe considerar que o longo tempo de abandono das pastagens tende a homogeneizar os valores de biomassa entre as diferentes posições na paisagem, refletindo apenas um estado de máximo crescimento e estabilização da pastagem, e não o potencial do sítio.

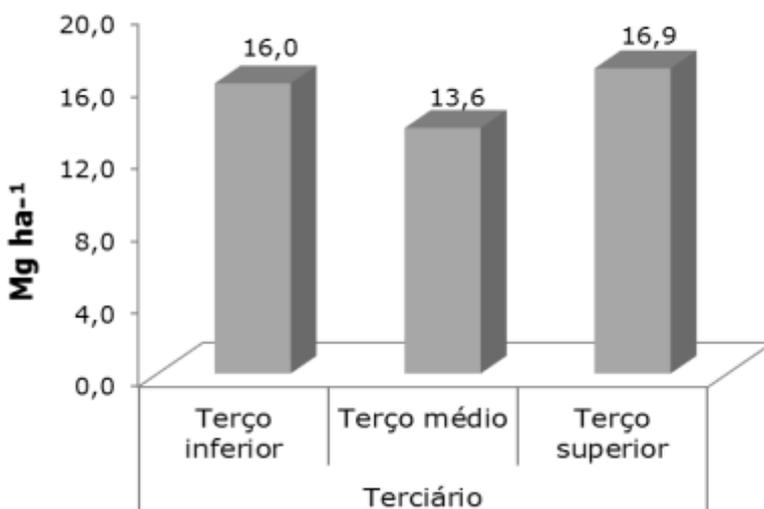
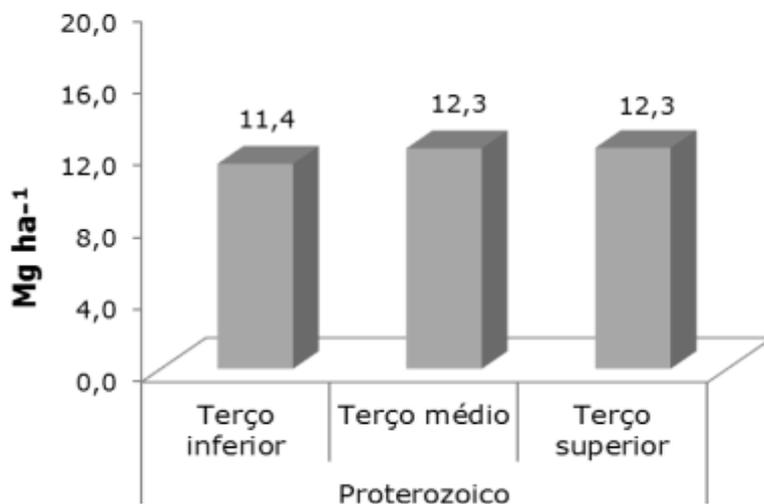


Figura 10.5. Valores de biomassa da parte aérea da pastagem em diferentes posições na encosta.

Considerando-se que o teor de carbono da parte aérea das pastagens avaliadas corresponde a 45% da massa seca total, os dados indicam que o estoque de carbono é de cerca de 5,4 e 7,0 Mg ha⁻¹, respectivamente, nos compartimentos Proterozoico e Terciário do Comperj. No Proterozoico, destaca-se uma pequena tendência de acúmulo nos terços inferior e superior da encosta.

Na serapilheira, os teores de carbono encontrados nos terços de encosta do Proterozoico e Terciário variaram de 2,5 a 8,2 Mg ha⁻¹ (Tabela 10.1), o que pode ser considerado baixo quando comparado com áreas de floresta situadas em municípios próximos, nas quais Borém e Ramos (2002), pesquisando em Silva Jardim, encontraram teores de 5 a 15 Mg ha⁻¹. O que se nota é que em florestas menos ricas em espécies e com vegetação de menor porte a serapilheira depositada é geralmente menor, como foi o caso da floresta de cambará (PF2) (ver Capítulo 13, sobre vegetação em geral, e Capítulo 15, sobre epífitos). Os valores registrados no compartimento Terciário foram ligeiramente maiores do que no Proterozoico. Esses resultados, obtidos em florestas, são coerentes com a produção de biomassa nas pastagens, nas quais essa tendência se repetiu, possivelmente indicando sítios com melhores características físico-químicas do solo (ver Capítulo 7, sobre física dos solos, e Capítulo 11, sobre matéria orgânica dos solos).

Tabela 10.1. Valores médios de massa seca e de carbono em serapilheira coletada nas florestas do Proterozoico e do Terciário.

Compartimento	Terço da encosta	Matéria seca (Mg ha⁻¹)	Carbono (Mg ha⁻¹)
Proterozoico, Floresta 1	superior	6,3	2,8
	médio	7,1	3,2
	inferior	4,9	2,2
Proterozoico, Floresta 2	superior	3,5	1,6
	médio	2,5	1,1
	inferior	5,8	2,6
Terciário, Floresta 1	superior	5,3	2,4
	médio	6,2	2,8
	inferior	6,8	3,1
Terciário, Floresta 2	superior	6,3	2,8
	médio	8,2	3,7
	inferior	5,0	2,3

Em ambientes florestais, a serapilheira desempenha papel importantíssimo, pois, além de atender e suprir as demandas nutricionais da comunidade arbórea, melhorando as características físicas do solo, diminuindo assim a fragilidade ambiental deste, estimulando a atividade da fauna e da microbiota do solo, reduzindo perdas de solo por erosão e incrementando a infiltração de água no solo.

Considerações finais

Na área do Comperj, a biomassa da parte aérea das pastagens apresentou altos valores, sobressaindo-se a espécie *B. humidicola*. Deduz-se que o processo de regeneração natural poderá se revelar mais dificultoso em áreas do compartimento Terciário, nas quais se constatou maior biomassa nas pastagens, com predominância dessa espécie de *Brachiaria*. Os estoques de carbono na serapilheira das florestas, por sua vez, revelaram-se baixos em ambos os compartimentos, indicando que os fragmentos florestais ainda se encontram em estágios iniciais de sucessão.

Esses achados indicam que, em áreas de pastagem, principalmente naquelas com predomínio de *B. humidicola*, o plantio de mudas se fará necessário, já que a regeneração natural é dificultada pela quantidade de biomassa existente, que pode acarretar impedimento ao crescimento da vegetação arbórea.

Referências

BORÉM R. A. T.; RAMOS D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Revista CERNE**, Lavras, v. 8, n.2, p. 42-59, 2002.

CHEUNG, K. C.; MARQUES, M. C. M.; LIEBSCH, D. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009.

LEITÃO-FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo: Editora UNESP; Campinas: Editora da Unicamp, 1993.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, p. 405-412, 1999.

VIEIRA, C. M.; PESSOA, S. V. A. Estrutura e composição florística do estrato herbáceosubarbustivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 80, p. 17 - 30. 2001.

*Gustavo Ribas Curcio
Michele Ribeiro Ramos
Renato Antonio Dedecek
João Bosco Vasconcellos Gomes*

Introdução

No Brasil, com o advento da expansão agrícola, verificou-se uma expressiva remoção da vegetação nativa e, tempos depois, como consequência, forte expansão das áreas com pastagem, hoje com cerca de 100 milhões de hectares, enquanto as demais culturas ocupam pouco mais que 50 milhões (BODDEY et al., 2003). Apesar dos prejuízos à biodiversidade, esses números são favoráveis no que concerne à imobilização de carbono em sistemas produtivos rurais, uma vez que em pastagens este é em geral superior ao encontrado em solos agricultados (ZINN et al., 2005). Estudos mostram que os teores de carbono armazenados em solos sob pastagem assemelham-se aos encontrados sob vegetação nativa (SANTOS, 2005; OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2004).

Estima-se que, mundialmente, o primeiro metro de profundidade dos solos contenha cerca de 1 500 Gt de carbono, 44% delas localizadas em países tropicais (JOBAGY; JACKSON, 2000).

Os teores e a estabilidade da matéria orgânica presente no solo influem na estabilidade das estruturas que o constituem, no potencial de retenção hídrica, na intensidade do processo erosivo, na dinâmica biológica e no armazenamento e disponibilidade de nutrientes, entre outros aspectos. A quantidade de matéria orgânica que o solo armazena e fixa depende não só de seus atributos intrínsecos, mas das características das espécies plantadas e dos sistemas de manejo

aplicados – fatores muito importantes, tendo-se em vista que o processo de perda de carbono é muito mais rápido e dinâmico que o de fixação (CORAZZA et al., 1999; GONÇALVES; CERETTA, 1999; RANGEL; SILVA, 2007). Os teores e a estabilidade da matéria orgânica no solo são muito sensíveis às práticas de manejo, sendo que, nos primeiros anos de cultivo, aproximadamente metade da matéria assim armazenada se perde por erosão e decomposição (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Pode-se considerar o solo como o maior e mais estável armazenador de carbono existente (LUO; ZHOU, 2006), sobretudo em maiores altitudes (STRECK et al., 2002) e em planícies (STEVENSON, 1994), por sua capacidade de fixar esse elemento em grandes proporções e de forma mais estável que o carbono fixado pela biomassa vegetal (PAIXÃO et al., 2006; SÁ; LAL, 2008). Na vegetação, o processo de imobilização pode ser mais prontamente revertido, já que as formas armazenadas não são as mais estáveis.

Embora não haja consenso se a estocagem de carbono é maior em solos sob floresta ou sob pastagem (SALIMON et al., 2007; OLSZEWSKI et al., 2007), é inegável a importância das áreas florestais no ciclo global do carbono (IPCC, 2000). De fato, a conversão de áreas naturais em sistemas de produção é uma das causas do aumento da concentração de CO₂ atmosférico (OLSZEWSKI et al., 2007). Ademais, embora tampouco haja consenso quanto aos impactos do desmatamento sobre a fertilidade do solo (MORAES et al., 2008), não há dúvidas de que a eliminação de florestas acelera o processo erosivo, degradando o solo e as recargas hidrológicas, particularmente as de superfície.

O propósito desta pesquisa foi identificar e caracterizar, na área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), o potencial de imobilização de carbono orgânico de solos de encosta e de planície, em diferentes condições de cobertura vegetal, comparando-se, mais especificamente, florestas e pastagens.

Métodos

Os estoques de carbono orgânico foram separadamente determinados para os diferentes compartimentos da paisagem de encosta (terços superior, médio e inferior), considerando-se perfis de solos dispostos em oito pedossequências, quatro delas derivadas de rochas metamórficas do Proterozoico (Formação São Fidélis) e quatro desenvolvidas sobre rochas sedimentares do Terciário (Formação Macacu), totalizando 24 perfis (Tabela 11.1). Destes, 12 encontram-se sob floresta e 12 sob pastagem. O teor de carbono foi também determinado em cinco perfis sob pastagem derivados de sedimentos do Holoceno. Todos os perfis foram coletados em 2009.

Os perfis (P) de solos de encosta referidos na Tabela 11.1 (exemplo na Figura 11.1) são constituídos por volumes profundos, com elevado grau de desenvolvimento pedogenético, baixa saturação por bases (solos dessaturados) e texturas predominantemente argilosas.

Tabela 11.1. Compartimentos geológicos, classes de solos e perfis, coberturas vegetais e respectivos códigos de referênciação.

Compartimento	Classe de solo	Perfil	Cobertura vegetal	Código ou localização
Proterozoico	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P15	floresta	PF1S
Proterozoico	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P16	floresta	PF1M
Proterozoico	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P17	floresta	PF1I
Proterozoico	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	P38	floresta	PF2S
Proterozoico	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argilúvico	P37	floresta	PF2M
Proterozoico	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	P36	floresta	PF2I
Proterozoico	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	P4	pastagem	PI1S
Proterozoico	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico	P5	pastagem	PI1M
Proterozoico	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P6	pastagem	PI1I
Proterozoico	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argilúvico	P44	pastagem	PI2S
Proterozoico	Argissolo Amarelo Distrocoeso típico	P43	pastagem	PI2M
Proterozoico	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P42	pastagem	PI2I
Terciário	Cambissolo Háplico Distrófico argissólico	P26	floresta	TF2S
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P25	floresta	TF2M
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P24	floresta	TF2I
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P34	floresta	Gleba 3, terço superior
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P35	floresta	Gleba 3, terço médio
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P33	floresta	Gleba 3, terço inferior
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico	P7	pastagem	TN1S
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P8	pastagem	TN1M
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P9	pastagem	TN1I
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico	P32	pastagem	TI2S
Terciário	Argissolo Amarelo Distrocoeso típico	P31	pastagem	TI2M
Terciário	Latossolo Amarelo Distrocoeso típico	P30	pastagem	TI2I
Holoceno	Gleissolo Háplico Distrófico fragipânico	P45	pastagem	QN1
Holoceno	Gleissolo Háplico Distrófico típico	P19	pastagem	Rio Macacu
Holoceno	Antropossolo Móbilico Mésclico distrófico	P20	pastagem	Rio Macacu
Holoceno	Cambissolo Flúvico Distrófico gleissólico	P21	pastagem	Rio Macacu
Holoceno	Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico	P23	pastagem	Gleba 3



Figura 11.1. Latossolo Amarelo Distrocoeso típico sob pastagem em compartimento do Terciário.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Nos solos de planície, a capacidade de imobilização de carbono é expressivamente influenciada pela quantidade de água neles presente (STEVENSON, 1994; MORAES et al., 2008), razão pela qual se investigaram dois tipos de ambiente: solos saturados hidricamente (solos hidromórficos) e solos não-saturados (solos não-hidromórficos). No primeiro caso, foram contemplados dois subambientes: a grande planície do rio Macacu e a planície mais internalizada da área do Comperj. Para a primeira, foi escolhido o ponto P19, de Gleissolo Háplico Distrófico típico de textura muito argilosa (Figura 11.2). Na planície interna ao Comperj foram selecionados dois perfis: P23, de Espodossolo Humilúvico Hidromórfico dúrico, e P45, de Gleissolo Háplico Distrófico fragipânico, de textura respectivamente arenosa e argilosa, ambos dessaturados por bases.



Figura 11.2. Gleissolo Háplico Distrófico típico sob pastagem no compartimento Holoceno.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

No segundo ambiente, embora constituído por volumes não-hidromórficos e também dessaturados por bases, os dois perfis se encontram em posições mais elevadas, mais especificamente em terraço fluvial (em torno de 1 m acima da bacia de inundação) e em dique marginal de origem antrópica (3,5 m acima da bacia de inundação). Para a primeira situação, selecionou-se o ponto P21, de Cambissolo Flúvico Distrófico gleissólico; para a segunda, P20, de Antropossolo Móvilico Mésclico distrófico (CURCIO et al., 2004), ambos também dessaturados por bases e, respectivamente, de textura muito argilosa e média (Figura 11.3).



Figura 11.3. Antropossolo Móvilico Mésclico distrófico em dique fluvial.
Foto: Gustavo Ribas Curcio.

Complementarmente, foram consideradas as coberturas vegetais (floresta e pastagem) presentes sobre os perfis. A cobertura florestal encontra-se em seus estágios sucessionais iniciais (ver Capítulo 13), com diversidade estrutural predominantemente baixa. As pastagens foram abandonadas praticamente dois anos antes do período de coleta das amostras de solo.

Para determinação do estoque imobilizado de carbono, utilizaram-se informações referentes a descrições dos perfis até 1 m de profundidade, considerando as espessuras dos horizontes e respectivas densidades de solo, de acordo com a fórmula:

$$COT = \sum(Ds Co E)$$

onde:

COT é o carbono orgânico total ($Mg\ ha^{-1}$)

Ds é a densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$);

Co é o carbono orgânico ($kg\ Mg^{-3}$); e

E é a espessura do horizonte (m).

O carbono orgânico foi determinado por oxidação por via úmida com dicromato de potássio em meio ácido, tendo como energia o calor desprendido do ácido sulfúrico. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado em solução de sulfato ferroso amoniacal.

Para determinação do estoque de carbono orgânico total (Mg ha^{-1}), foi considerada a massa do solo referente aos horizontes em coerência com as respectivas densidades. Cabe citar que, no intuito de minimizar erros nos cálculos dos conteúdos de carbono advindos da compactação do solo sob pastagens, alguns autores estimam a massa de solo em condições naturais (TARRÉ et al., 2001; COSTA et al., 2009).

Tendo-se em vista a importância dos padrões altitudinais no potencial de fixação do carbono (OLSZEWSKI et al., 2007; DALMOLIN et al., 2007), é importante frisar que os solos analisados encontram-se em altitudes de até 50 m.

Resultados e discussão

Quanto ao posicionamento nas encostas, constatou-se que o estoque de carbono imobilizado nos solos do terço superior é maior do que nos situados no terço inferior (Tabela 11.2), independentemente da geologia procedente (rochas metamórficas do Proterozoico ou sedimentares do Terciário) e do tipo da cobertura vegetal (floresta ou pastagem). Isso se justifica, possivelmente, pelos maiores teores de umidade presentes em solos situados no terço inferior (SOUZA et al., 2002), os quais predisõem a uma maior retirada seletiva de materiais coloidais pelo processo erosivo. Cunha et al. (1999) comentam que solos de terço inferior de encosta são mais sujeitos à erosão linear. Há de se considerar também que, devido à menor área de contribuição hidrológica e à menor declividade, o terço superior fica menos sujeito a perda de matéria orgânica por erosão. Assim, das oito disposições sequenciais de solos nas paisagens (pedossequências) analisadas (Tabela 11.2), apenas em uma verificou-se maior estoque de carbono no solo em terço inferior, achado esse atribuível às formas e intensidades de uso em tempos passados. Saliente-se que, neste caso, o tipo de cobertura vegetal é florestal, embora em estágio sucessional inicial, com absoluto predomínio de *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera, espécie típica de estágios sucessionais iniciais da Floresta Ombrófila Densa submontana no Comperj (BONNET et al., 2009).

De acordo com os dados da tabela 11.2, as diferenças nos teores de carbono em solos sob floresta, com o mesmo posicionamento na

encosta e, ainda, de mesma procedência geológica, variaram em até 231%. Variações desta magnitude sugerem possíveis degradações causadas por sistemas produtivos no passado. Já em solos sob pastagem, com o mesmo posicionamento e de mesma procedência geológica, foram detectadas diferenças da ordem de 49% nos teores de carbono no solo, revelando maior homogeneização dos teores imobilizados.

Tabela 11.2. Estoques de carbono (Mg ha^{-1}) em solos, segundo perfil, pedossequência, posicionamento na encosta e declividade.

Proterozoico					Terciário				
Floresta									
Pedosse- quência	Posição	Perfil	Declividade (%)	C total (Mgha^{-1})	Pedosse- quência	Posição	Perfil	Declividade (%)	C total (Mgha^{-1})
1	superior	15	9	96	5	superior	26	15	81
	médio	16	20	38		médio	25	25	78
	inferior	17	39	48		inferior	24	27	61
2	superior	38	29	120	6	superior	34	12	93
	médio	37	48	126		médio	35	22	91
	inferior	36	46	101		inferior	33	28	107
Pastagem									
3	superior	44	20	81	7	superior	32	37	109
	médio	43	35	138		médio	31	62	83
	inferior	42	41	78		inferior	30	41	92
4	superior	4	3	94	8	superior	7	2	139
	médio	5	46	171		médio	8	19	65
	inferior	6	40	85		inferior	9	30	100

Deve ser lembrado que essas áreas vêm sendo cultivadas por séculos (CABRAL, 2004, 2008), tendo sido, portanto, submetidas a diferentes usos ao longo do tempo, possivelmente incluindo diferentes formas e intensidades de manejo. Essa hipótese se confirma em razão dos incipientes estágios sucessionais da floresta, que fazem inferir que essas áreas foram utilizadas em passado recente. Ademais, o fato de se haverem detectado estoques de carbono muito discrepantes em solos do terço médio, em relação aos identificados em terço superior e

inferior, quer sob floresta ou pastagem, reforça essa colocação. Em outras palavras, não há um padrão definido de imobilização em função do posicionamento na encosta.

Quanto ao carbono imobilizado em solos de encosta (Tabela 11.3), e considerando-se as diferenças de cobertura vegetal (floresta e pastagem), os teores são praticamente os mesmos em solos derivados da Formação Macacu (do Terciário), tanto no horizonte superficial como nos demais horizontes (Figura 11.4), o que corrobora os achados de Marchiori Júnior e Melo (1999). No entanto, em solos derivados de rochas do Proterozoico, verificou-se um contraste expressivo, determinado sobretudo pelos menores teores presentes nos horizontes superficiais sob floresta (Figura 11.5). Destaque-se que o menor valor em horizonte superficial foi encontrado em P16, onde a floresta apresenta a melhor estrutura fitossociológica dentre os fragmentos estudados (ver Capítulo 13). Essa constatação ratifica a suposição de que os usos praticados ao longo de séculos impedem a identificação de padrões de imobilização de carbono orgânico. Tal identificação é comumente dificultada pela presença de incrementos nos estoques desse elemento nos horizontes superficiais de solos em que ocorreu conversão de floresta em pastagem, como já observado por Desjardins et al. (2004).

Tabela 11.3. Médias de carbono orgânico imobilizado em solos de encosta (Ap e demais horizontes até 1 m do perfil), sob floresta e pastagem.

Médias (Mg ha ⁻¹)	Floresta		Pastagem	
	Proterozoico	Terciário	Proterozoico	Terciário
Ap	20	42	42	37
Demais horizontes até 1 m	68	56	66	62
Perfis	88	98	108	99

Ap: horizonte superficial submetido a uso humano.

Quanto ao potencial de imobilização de carbono no horizonte A, é possível observar uma variação muito grande nos teores estocados, com amplitudes de 10 a 54 Mg ha⁻¹ em ambientes florestais e de 15 a 64 Mg ha⁻¹ sob pastagens (Figura 11.5). Mais importante que essas variações é o fato de alguns perfis terem no horizonte A o maior estoque de carbono até 1 m de profundidade, a despeito das pequenas espessuras observadas (perfis 4, 6, 25 e 31). Isso vem reforçar ainda

mais a necessidade de se proceder a usos compatíveis com a aptidão do solo, além de se implantarem manejos de solos mais coerentes com a conservação dos atributos do solo. Sistemas intensivos de uso podem acarretar grande depleção dos estoques de carbono no solo, sobretudo nos horizontes superficiais (ZINN et al., 2005).

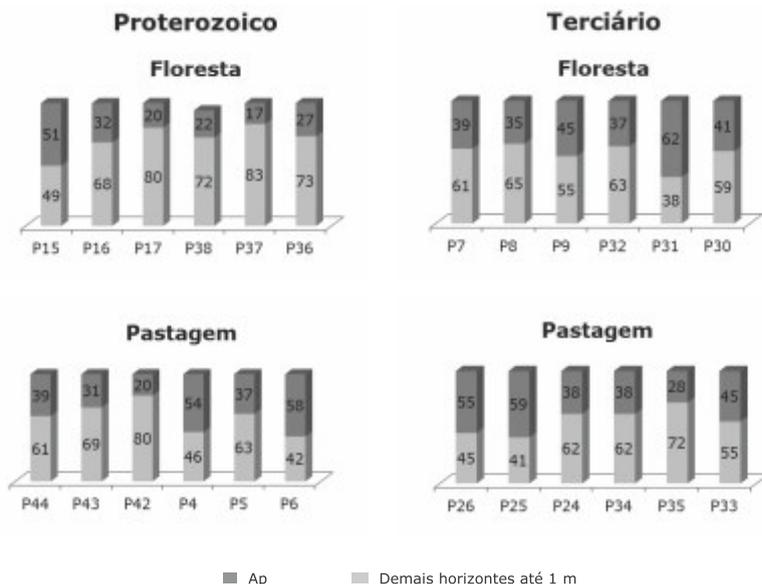


Figura 11.4. Percentuais de carbono em perfis de solos de encosta, considerando-se o horizonte Ap e demais horizontes até 1 m.

Variações tão amplas de imobilização de carbono em horizontes superficiais sob sistemas produtivos agrícolas e pecuários, mesmo em solos semelhantes, são muito comuns em razão das formas de uso, bem como dos tipos e intensidades de manejo.

Em solos semelhantes sob condições florestais, porém, tais variações possivelmente se devem a usos anteriores. Além disso, pelo fato de os fragmentos florestais se encontrarem em estágio sucessional inicial, possuem diferenças marcantes no grau de desenvolvimento estrutural, portanto com expressivas mudanças nos parâmetros fitossociológicos (Capítulo 13). Também plausível, sem dúvida, é a possibilidade de aportes de carbono distintos provenientes dessas

florestas em diferentes estágios sucessionais.

Com relação ao carbono imobilizado nos horizontes superficiais de solos sob pastagem, tanto derivados de rochas do Proterozoico como provenientes de rochas sedimentares do Terciário, identificaram-se, a despeito das expressivas variações, maiores teores que em solos sob floresta (Figura 11.5). Quanto a esse fato, cabe comentar que as espécies arbóreas tendem a imobilizar mais carbono em profundidade do que as gramíneas presentes nas pastagens (FERNANDES et al., 2002; SALIMON et al., 2007), principalmente por estas apresentarem maior densidade radicular nos primeiros centímetros do solo – situação distinta do sistema radicular das arbóreas (BARRETO et al., 2006; D'ANDREA et al., 2004).

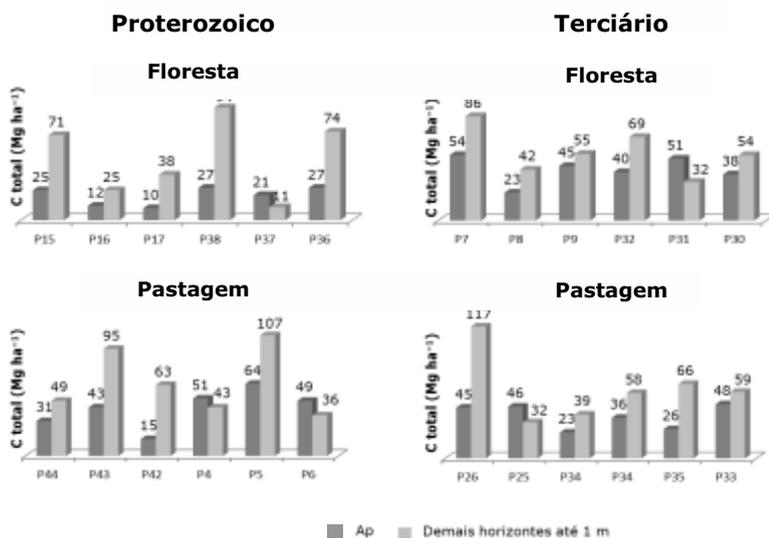


Figura 11.5. Teores de carbono (Mg ha^{-1}) em solos de encosta, considerando-se o horizonte Ap e demais horizontes até 1 m.

Os teores de carbono imobilizados em perfis de solos situados em planícies foram muito variáveis, atingindo percentuais, genericamente, na ordem de 100% (Figura 11.6). Cabe citar que os perfis mencionados se encontram sob pastagem, inclusive o Antropossolo em dique marginal de origem antrópica.

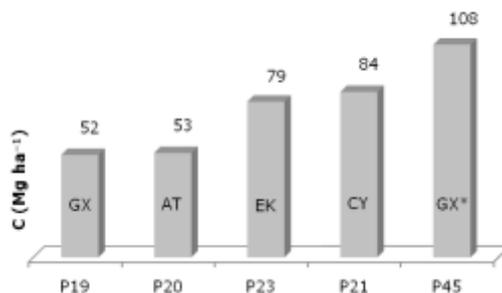


Figura 11.6. Teores de carbono (Mg ha⁻¹) estocados em perfis derivados de sedimentos inconsolidados do Holoceno.

GX: Gleissolos Háplicos; AT: Antropossolos Móviles; CY: Cambissolos Flúvicos (todos da planície do rio Macacu); EK: Espodossolos Humilúvicos; GX*: Gleissolos Háplicos (ambos de planícies internas ao Comperj).

Variações foram verificadas tanto em solos essencialmente hidromórficos – Gleissolos Háplicos (GX) e Cambissolos Flúvicos (CY) – como em não-hidromórficos – Antropossolos Móviles (AT) e Espodossolos Humilúvicos (EK) –, sendo as diferenças entre os Gleissolos atribuídas aos eventos de cheias, aos quais também se somam possíveis diferenças de uso no passado. A retificação do canal do rio Macacu, em meados dos anos 1960, imprimiu maiores velocidades ao fluxo hídrico, exponenciando os níveis de energia, uma vez que tanto o aprofundamento como a retinização do leito aceleraram o fluxo de água (SUGUIO; BIGARELLA, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1981). Assim, o Gleissolo situado na planície do rio Macacu está sujeito a eventos de grande energia, e conseqüentemente a maior remoção de matéria orgânica. Por sua vez, o Espodossolo e o Gleissolo pertencentes a uma sub-bacia hidrográfica de menor energia, embora não mais sustentem vegetações nativas, apresentam maior potencial de imobilização de carbono. Saliente-se que esse Espodossolo, de textura arenosa, estoca mais carbono que o Gleissolo de textura argilosa situado na planície do

rio Macacu. Esse exemplo demonstra que a dinâmica dos ambientes fluviais, considerando-se especialmente o tempo de permanência da saturação hídrica e a velocidade de fluxo, é mais importante que a textura para o processo de imobilização de carbono no solo. Indubitavelmente, processos de retificação fluvial alteram muito as funcionalidades ecológicas das planícies.

Comparados com os solos de encosta, os de planície estocam maiores contingentes de carbono nos horizontes superficiais, com percentuais próximos ou superiores a 50% (Figura 11.7). Essa capacidade dos solos hidromórficos pode ser explicada pela proximidade constante do lençol freático à superfície, minimizando a translocação da matéria orgânica ao longo do solo.

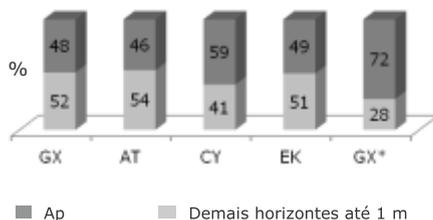


Figura 11.7. Percentuais de carbono em perfis de solos de planície, considerando-se o horizonte Ap e demais horizontes até 1 m.

GX: Gleissolos Hápticos; AT: Antropossolos Móbilicos; CY: Cambissolos Flúvicos (todos da planície do rio Macacu); EK: Espodossolos Humilúvicos; GX*: Gleissolos Hápticos (ambos de planícies internas ao Comperj).

Chama atenção a imobilização equilibrada detectada no Espodossolo Humilúvico (EK) (Figura 11.7), considerando-se o horizonte superficial e os demais horizontes. Isso decorre da presença de horizonte subsuperficial fortemente consolidado por cimentação por complexos organometálicos, denominado B espódico “*ortstein*” (EMBRAPA, 2006), o qual retém estoques consideráveis de carbono. Nesse sentido, esse horizonte determina funcionalidades ecológicas relevantes, pois essa classe de solo, essencialmente arenosa, e portanto com expressiva presença de macroporos, não conseguiria reter carbono nessas proporções.

Quanto aos solos de planície não-hidromórficos – Cambissolo Flúvico (CY) e Antropossolo Móbilico (AT) –, cabe destacar a

imobilização verificada no segundo, pois, em última análise, trata-se de um volume muito “jovem”, proveniente de sedimentos retirados do canal do rio Macacu e que já possui razoáveis estoques de carbono. O Cambissolo Flúvico apresentou valores mais elevados, o que, porém, já era esperado, uma vez que esse volume está sob pastagem formada por *Brachiaria* spp., espécies que incorporam consideráveis teores de carbono ao solo (SALIMON et al., 2007).

Por outro lado, ao contrário do que aponta a literatura (STEVENSON, 1994; DALMOLIN et al., 2007; CASTRO, 2008), não foi possível estabelecer relações positivas entre estoques de carbono e textura em solos de encosta, em razão da grande variabilidade observada, sem dúvida determinada pelos diferentes usos ao longo dos séculos de ocupação.

Considerações finais

Sob as condições analisadas, independentemente do tipo de solo e da cobertura vegetal, constatou-se que os solos situados no terço superior das encostas contêm maiores teores de carbono imobilizado.

Os diferentes e constantes usos da terra ao longo dos séculos descaracterizaram os potenciais de imobilização de carbono, considerando-se o posicionamento na encosta e o tipo de cobertura vegetal.

O tempo de permanência e a energia presente nos eventos de cheias interferem diretamente no processo de imobilização de carbono no solo.

As características das planícies, assim como o posicionamento do solo na planície, afetam expressivamente o potencial de imobilização de carbono no solo.

Referências

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró. v. 19, n. 4, p. 415-425, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999.

BODDEY, R. M.; XAVIER, D.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Brazilian agriculture: the transition to sustainability. **Journal of Crop Production**, Philadelphia, v. 9, p. 593-621, 2003.

BONNET, A.; CURCIO, G. R.; RESENDE, A. S. de; BAGGIO, A. Vegetação nos compartimentos geopedológicos. In. BONNET, A.; RESENDE, A. S. de; CURCIO, G. R. (Org.). **Manual de plantio de espécies nativas para o "Corredor Ecológico Comperj"**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

CABRAL, D. Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro do final do século XVIII – evidências empíricas para a região do vale do Macacu. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 7, p. 125-143, 2004.

CABRAL, D. Lendo uma floresta do passado: a paisagem da bacia do rio Macacu no final do século XVII. **Geografia**, v. 33, n. 2, p. 217-234, 2008.

CASTRO, G. C. de. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste matogrossense**. 46 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. da; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**: volume 1 – o canal fluvial. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1981.

CUNHA, J. E.; CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 943-951, 1999.

CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. **Antropossolos**: proposta de ordem (1ª aproximação). Colombo: Embrapa Florestas, 2004. (Embrapa Florestas. Documentos, 101).

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; DICK, D. P.; KLAMT, E.; KNICKER, H.; KNABNER, I. K. Organic matter characteristics and distribution in ferralsols profiles of a climosequence in Southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, Oxford, n. 2, p. 56-63, 2007.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 103, p. 365-373, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERNANDES, S. A. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Seasonal variation of soil chemical properties and CO₂ and CH₄ fluxes in unfertilized and P-fertilized pastures in an Ultisol of the Brazilian Amazon. **Geoderma**, v. 107, p. 227-241, 2002.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Planta de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 307-313, 1999.

IPCC. **Land use, land use change, and forestry**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 5.1-75.

JOBAGY, E. G.; JACKSON, R. B. The vertical distribution of soil organic and its relation to climate and vegetation. **Ecologic Applications**, Washington, v. 10, p. 423-436, 2000.

LUO, Y.; ZHOU, X. **Soil respiration and the environment**, Amsterdam: Elsevier, 2006.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 257-263, 1999.

MORAES, F. F. D. de; CAMPELLO, E. F. de C.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.

OLSZEWSKI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.da; FERNANDES FILHO, E. I. Estimativa do estoque de carbono em unidades geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 7, n. 2, p. 55-64, 2007.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. da. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p.411-420, 2006.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, p. 1609-1623, 2007.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of C sequestration in a Tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage & Research**, v. 103, n. 1, 2008.

SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. de. Dinâmica do carbono na conversão de floresta para pastagens em argissolos da Formação Geológica Solimões, no sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 28-38, 2007.

SANTOS, R. S. M. **Acúmulo de carbono e nitrogênio em Latossolos sob pastagem de Brachiaria spp. com diferentes idades**. 65 f. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, J. E. RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SOUZA, L. S.; PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. D.; COGO, N. P. Água no solo influenciada pela posição na paisagem, em uma toposequência de solos de tabuleiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 843-855, 2002.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Ed. UFPR, 1979.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHENEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

TARRE, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. D.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, n. 1, p. 15-26, 2001.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, p. 28-40, 2005.

*Joyce Maria Guimarães Monteiro
Bruno José Rodrigues Alves
Fernando Zuchello
Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'anna
Rangel Feijó de Almeida*

Introdução

O aumento das emissões de gases de efeito-estufa (GEEs) é apontado como a principal causa do aquecimento global nos últimos 100 anos (IPCC, 2007). No Brasil, os setores 'mudança de uso da terra' (desmatamento e queimadas) e 'agropecuária' foram responsáveis por mais de 70% das emissões líquidas desses gases em 2005 (BRASIL, 2010). Os principais GEEs relacionados ao setor 'agricultura, silvicultura e outros usos da terra' (conhecido pela sigla AFOLU, de *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) são o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4).

Os sistemas de produção que preconizam o restabelecimento de cobertura vegetal permanente contribuem para a melhoria da qualidade ambiental e para a preservação dos recursos naturais, promovendo controle da erosão hídrica, aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo e reciclagem de nutrientes, conseqüentemente alterando os fluxos de GEEs dos solos. Dependendo do manejo, os sistemas de produção agropecuários diferem pelo aumento ou diminuição das taxas de acúmulo de carbono e de emissão de GEEs no solo (COSTA, 2002). Sistemas que incluem técnicas de plantio direto, cultivo mínimo ou rotações de culturas ou que promovam a cobertura do solo com alta produção de resíduos têm potencial para aumentar os estoques de carbono do solo. Tais sistemas, por alterarem o padrão de emissão de GEEs dos solos, contribuem para a mitigação das mudanças

climáticas (COLE et al., 1997; CERRI et al., 2009).

Entre os GEEs, N_2O apresenta grande potencial de aquecimento global, 300 vezes superior ao de CO_2 , embora seja um dos gases menos estudados em regiões tropicais. A produção de N_2O nos solos está relacionada com processos de nitrificação e desnitrificação, que podem ou não ocorrer simultaneamente. Na fase de nitrificação, sais de amônio (NH_4) são transformados em nitrito (NO_2), com posterior oxidação em nitrato (NO_3), o que exige a presença de oxigênio molecular, com decorrente liberação de óxido nítrico (NO) e N_2O na atmosfera. No processo de desnitrificação, os compostos nitrogenados, como nitratos e nitritos, são, em condições anaeróbicas, reduzidos a N_2O , NO e N_2 (todos eles gases voláteis), completando o ciclo do nitrogênio (EICHNER, 1990). Em geral, os picos de emissão de N_2O são atribuídos ao processo de desnitrificação (LIU et al., 2008). Os padrões de emissão de N_2O são influenciados tanto pelas condições químicas quanto físicas e biológicas dos solos (PAUL; CLARK, 1996). Assim, a quantidade de nitrogênio que circula no sistema solo-planta, a disponibilidade de carbono facilmente metabolizável (lábil), o grau de acidez, a temperatura, a difusão de O_2 , o conteúdo de água, os níveis de umidade e temperatura e a atividade microbológica dos solos são fatores que interagem, alterando o padrão de emissão de N_2O para a atmosfera (ALVES et al., 2010; DAVIDSON et al., 2001; JANTALIA et al., 2006).

Para que se avaliem as mudanças causadas pela revegetação da área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) e seus efeitos sobre a emissão de GEEs, será necessário identificar o padrão atual de emissões desses gases nessa área, a fim de se elaborar uma linha de base correspondente a esse padrão.

Considerando esses aspectos, este estudo teve por objetivo apresentar e discutir dados referentes ao tempo zero do monitoramento dos fluxos de N_2O dos solos sob pastagem e sob remanescentes florestais na área do Comperj.

Métodos

Monitoraram-se os fluxos de N_2O em duas áreas de pastagem (PI1, Proterozoico, em terço inferior e terço médio) em que se plantarão

mudas de espécies nativas da floresta, e em uma área de floresta secundária em estágio inicial de regeneração (PF1, Proterozoico, em terço inferior). A localização dos pontos amostrais consta na Figura 2.2, Capítulo 2.

As coletas em campo ocorreram no final da estação chuvosa, tendo continuidade durante a estação seca e terminando no início da estação chuvosa seguinte, totalizando quatro campanhas realizadas de março a setembro de 2010. As coletas ocorreram durante três dias consecutivos em cada campanha. As pastagens eram predominantemente formadas por espécies do gênero *Brachiaria*. A Figura 12.1 apresenta vistas das áreas de coleta.



Figura 12.1. Aspecto geral das áreas de pastagem (A a C) e de floresta (D a F) do Comperj nas quais se coletaram amostras para quantificação de N₂O. Comperj, Itaboraí, RJ, 2010. Fotos: Fernando Lima.

Para coletar amostras para determinação de N_2O , foram utilizadas câmaras estáticas fechadas compostas de uma base retangular (20 cm x 30 cm), com altura de 20 cm, inseridas no solo à profundidade de 5 cm, e uma tampa com as mesmas dimensões da base (Figura 12.2). A base foi mantida na área durante os três dias de cada campanha de amostragem. A tampa era acoplada à base para fechar a câmara nos eventos de amostragem. A atmosfera da câmara foi amostrada através de uma válvula de três vias montada na tampa (Figura 12.2). Procedeu-se a uma amostragem inicial imediatamente após a colocação da tampa e a uma segunda amostragem após 30 min, quando a tampa foi retirada. As amostras de gás do interior das câmaras foram coletadas com seringa e transferidas para frascos de 20 mL evacuados (80 kPa) no momento da transferência do gás com utilização de uma bomba de vácuo manual. Um volume de 25 mL de gás da câmara foi transferido para um frasco a fim de ser armazenado sob pressão positiva.



Figura 12.2. Material utilizado para coleta de amostras de N_2O . Comperj, Itaboraí, 2010.

A: Aspecto da câmara retangular inserida no solo; B: câmara fechada com tampa para amostragem de N_2O , com válvula de três vias.

Fotos: Fernando Lima

Para proteção contra altas temperaturas, os frascos contendo amostras de gás foram acondicionados em caixas térmicas. As análises foram realizadas em até dois dias após cada campanha, utilizando-se um cromatógrafo de gás Perkin Elmer Autosystem (Perkin Elmer, EUA) localizado na Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ), equipado com

coluna preenchida com Porapak Q e munido de detector de captura de elétrons.

O fluxo de N_2O foi calculado com a equação:

$$f_{N_2O} = (dC/dt) (V/A) M/V_m$$

onde:

f_{N_2O} é o fluxo de N_2O ($mg\ N-N_2O\ m^{-2}\ h^{-1}$);

dC/dt é a mudança de concentração de N_2O na câmara no intervalo de incubação por unidade de tempo ($mL\ N_2O\ L^{-1}\ h^{-1}$);

V é o volume da câmara (L);

A é a área de solo coberta pela câmara (m^2);

M é o peso molecular de N_2O ($44\ mg\ mmol^{-1}$); e

V_m é o volume molecular à temperatura (em kelvins) de amostragem, ou seja, $V_m = 22,4\ mL\ mol^{-1}\ 273/(273 + t)$, sendo t a temperatura em graus Celsius.

Amostras de solo da camada de 0 a 5 cm foram retiradas no primeiro e no terceiro dia de cada campanha de amostragem. A umidade do solo, expressa pelo percentual do espaço poroso preenchido com água (razão percentual entre umidade volumétrica e porosidade do solo), e a concentração de nitrato foram determinadas utilizando-se o método de colorimetria por fluxo contínuo (GINÉ et al., 1980).

Resultados e discussão

Os fluxos de N_2O do solo variaram entre as coberturas vegetais analisadas e ao longo do período de avaliação (Figura 12.3). Os maiores fluxos desse composto foram observados no final de março no terço inferior da encosta sob floresta. Em junho e julho obtiveram-se os níveis mais baixos, independentemente da cobertura vegetal.

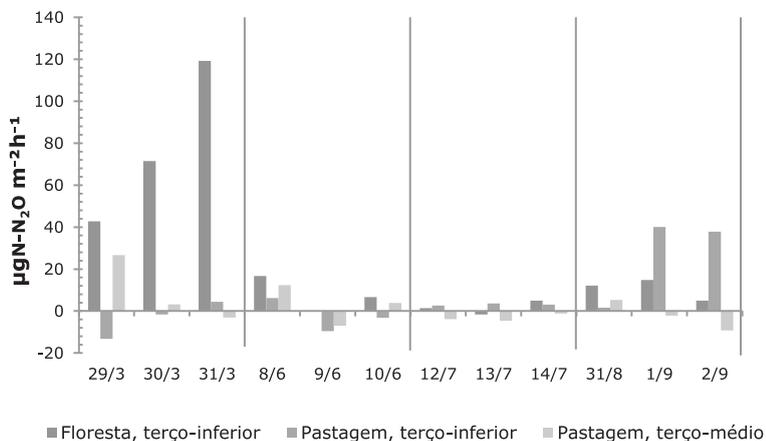


Figura 12.3. Fluxos médios de N_2O em diferentes épocas do ano nos terços inferior e médio de encosta sob pastagem e no terço inferior de encosta sob floresta.

Em média, os fluxos de N_2O nos meses de estação chuvosa pesquisados (março e setembro) foram mais altos, alcançando em média, respectivamente, 44,2, 13,2 e 3,5 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ no terço inferior de encosta sob floresta e nos terços inferior e médio de encosta sob pastagem. Nos meses de estação seca avaliados (junho e julho), os fluxos foram mínimos, com médias, respectivamente, de 4,7, 0,6 e 0,1 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{h}^{-1}$ no terço inferior sob floresta e nos terços inferior e médio sob pastagem. Os fluxos mais elevados de N_2O parecem estar associados às condições mais úmidas do solo em março, final da estação das chuvas, assim como em setembro, quando o solo volta a ficar mais úmido (início da estação chuvosa). Essa tendência foi também observada nos valores de umidade do solo nos diferentes períodos de amostragem (Figura 12.4), com mínimos em junho e julho e máximos em março e setembro. A umidade parece portanto ter sido uma variável importante no controle dos fluxos de N_2O , especialmente em solos sob floresta (Figura 12.3).

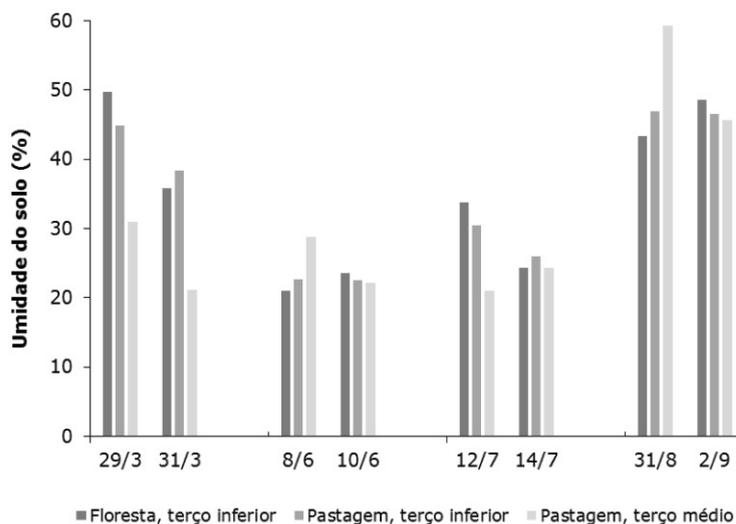


Figura 12.4. Umidade do solo em diferentes épocas do ano nos terços inferior e médio de encosta sob pastagem e no terço inferior de encosta sob remanescente florestal.

A quantidade e frequência da precipitação (ver Capítulo 4) e a temperatura do solo influenciam o padrão de emissão de N_2O , tanto diretamente, pelo aumento da umidade do solo e da porosidade preenchida por água, que afetam a extensão dos locais com baixa disponibilidade de oxigênio no solo, quanto indiretamente, pelo efeito da temperatura na atividade microbiana (ZANATTA, 2009; ERICKSON et al., 2002). O espaço dos poros preenchidos por água é apontado como indicador da proporção dos gases de nitrogênio ($NO:N_2O:N_2$) que serão produzidos no solo (POTTER et al., 2001). Formas mais reduzidas do nitrogênio tendem a predominar com o incremento da saturação dos poros do solo com água (SMITH et al., 2003). Em baixos e médios valores de umidade do solo, N_2O é predominantemente produzido por nitrificação (NEIL et al., 2005). Por outro lado, quando mais de 60% do espaço poroso do solo está preenchido por água, a desnitrificação é o principal processo responsável pela produção de N_2O , devido ao decréscimo de oxigênio (SMITH et al., 2003).

Neste estudo, os fluxos de N_2O do solo sob floresta mostraram-se mais elevados que em solo sob pastagem (Figura 12.3). Em geral, a

concentração de NO_3 também foi maior em solos sob floresta (Figura 12.5).

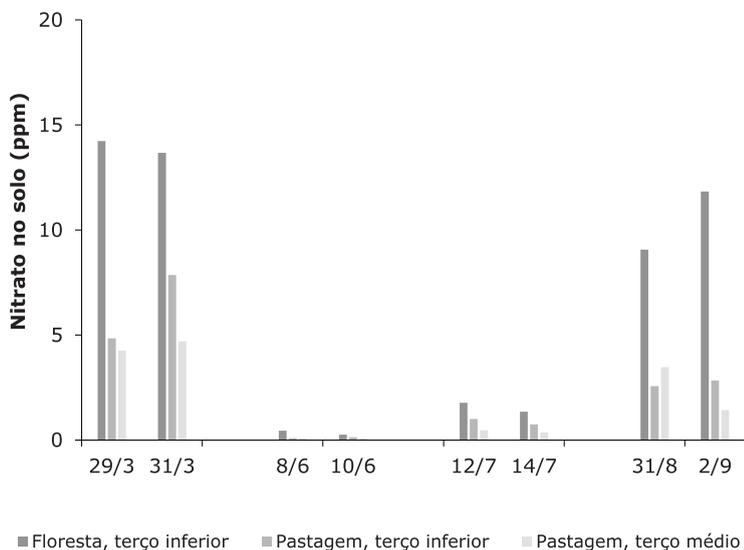


Figura 12.5. Concentração de nitrato (NO_3) no solo em diferentes épocas do ano nos terços inferior e médio de encosta sob pastagem e no terço inferior de encosta sob remanescente florestal.

Coutinho et al. (2010) também encontraram fluxos de N_2O significativamente maiores em solos de floresta secundária de Mata Atlântica do que em solos sob pastagem, embora com estoques de nitrogênio e carbono equivalentes. Os teores de NO_3 também foram maiores nas áreas sob floresta. Zanatta (2009) comenta que, quanto maior a presença de resíduos sobre o solo, maiores são as quantidades de carbono e nitrogênio lábil adicionadas por área, o que aumenta sensivelmente a atividade biológica, elevando o consumo de O_2 disponível e criando sítios de anaerobiose, nos quais ocorre produção de N_2O por desnitrificação a partir de NO_3 . Gama-Rodrigues et al. (2008), tendo encontrado maiores teores de NO_3 em áreas de Mata Atlântica do que em uma área de plantio de eucalipto, comentam que os resíduos das áreas de floresta nativa apresentaram menor razão C:N, favorecendo a mineralização da matéria orgânica do solo e resultando

em maiores teores de NO_3 . De fato, a adição de resíduos vegetais com baixa razão C:N, cujas taxas de mineralização de nitrogênio são mais rápidas, tem sido associada a maiores taxas de emissão de N_2O , em comparação com solos cultivados com gramíneas, que apresentam razão C:N mais alta (ZANATA, 2009; BAGGS et al., 2000).

Considerando-se todos os períodos de amostragem, o fluxo médio em solos sob floresta foi de $24,4 \pm 10,6 \text{ mg N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, mas de $3,8 \pm 2,8 \text{ mg N m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ em locais sob pastagem.

Dentre os estudos já realizados em áreas de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, o mais elevado fluxo médio de N_2O do solo, de $48 \text{ mg N m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, foi encontrado na Reserva Biológica do Tinguá (MADDOCK et al., 2001), enquanto o mais baixo, de $3,07 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ proveio do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (RODRIGUES, 2006). Os valores detectados no presente estudo situam-se na faixa dos registrados em áreas de Mata Atlântica fluminenses, mas, certamente, novas avaliações serão necessárias ao longo do período de implantação do Projeto Corredor Ecológico Comperj para que se obtenha um registro completo das possíveis alterações no fluxo desses gases.

Considerações finais

Os maiores fluxos de N_2O na área de estudo ocorreram em períodos em que a umidade do solo esteve mais alta (meses chuvosos). A maior magnitude desses fluxos se deve ao processo de desnitrificação. Os valores também foram mais elevados em solos sob floresta do que naqueles sob pastagem. Extrapolando-se para o período de um ano os fluxos médios encontrados neste estudo, infere-se que as emissões de N_2O poderão ser elevadas em seis vezes nas áreas em que a floresta será recuperada, em comparação com áreas que permaneçam sob pastagem. Um maior número de amostragens de gases é porém necessário para identificação mais precisa do padrão de emissões de N_2O , ainda que os resultados já obtidos permitam estimativas compatíveis com as de outros estudos.

Referências

ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; FRANCHINI, J. C.; SANTOS, H. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Emissões de óxido nitroso de solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados em áreas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 126).

BAGGS, E. M.; REES, R. M.; SMITH, K. A.; VINTEN, A. J. A. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 16, p. 82-87, 2000.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, 2010.

COLE, C. V.; DUXBURY, J.; FRENEY, J.; HEINEMEYER, O.; MINAMI, K.; MOSIER, A.; PAUSTIAN, K.; ROSENBERG, N.; SAMPSON, N.; SAUERBECK, D.; ZHAO, Q. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emission by agriculture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 49, p. 221-228, 1997.

CERRI, C. C.; MAIA, S. M. F.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

COSTA, C. M. P. **Fatores de controle das emissões de óxido nitroso nos solos de remanescentes da Floresta Atlântica do sudeste do Brasil**. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A. J. C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 195-203, 2010.

DAVIDSON, E. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. D. S. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and Cerrado regions of Brazil. **ScientificWorld**. v. 1, p. 312-319, 2001.

EICHNER, M. J. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data. **Journal of Environmental Quality**, v. 19, n. 2, p. 272-280, 1990.

ERICKSON, H.; DAVIDSON, E. A.; KELLER, M. Former land use and tree species affect nitrogen oxide emissions from a tropical dry forest. **Oecologia**, v. 130, p. 297-308, 2002.

IPCC. "**Climate Change 2007**": climate change impacts, adaptation and vulnerability. Geneva, 2007. Working Group II. AR4: Summary for Policy makers. Disponível em: <<http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2007gl/index.htm>>. Acesso em: 2 abr. 2012.

GAMA RODRIGUES, E. F. da; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1489- 1499, 2008.

GINÉ, M. F.; BERGAMIN FILHO, H.; ZAGATTO, E. A. G.; REIS, B. F. Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. **Analytica Chimica Acta**, v. 114, p. 191-197, 1980.

JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; SANTOS, H. P. dos; TORRES, E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: avaliação de práticas usadas na produção de grãos no sul do Brasil. In: ALVES, B. J. R. et al. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006.

LIU, H.; ZHAO, P.; LU, P.; WANG, Y. S.; LIN, Y. B.; RAO, X. Q. Greenhouse gas fluxes from soils of different land-use types in a hilly area of south China. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 12, p. 125–135, 2008.

MADDOCK, J. E. L.; SANTOS, M. B. P.; PRATA, K. R. Nitrous oxide emission from soil of the Mata Atlântica, Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v. 106, n. 19, p. 23055-23060, 2001.

NEILL, C.; STEUDLER, P. A.; GARCIA-MONTIEL, D. C.; MELILLO, J. M.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C. Rates and controls of nitrous oxide and nitric oxide emissions following conversion of forest to pasture in Rondônia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 71, p. 1–15, 2005.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soils microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996.

POTTER, C.; DAVIDSON, E.; NEPSTAD, D.; CARVALHO, C. de. Ecosystem modeling and dynamic effects of deforestation on trace gas fluxes in Amazon tropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 152, p. 97-117, 2001.

RODRIGUES, R. A. R. **Deposição atmosférica na bacia do alto curso do rio Paquequer - Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Teresópolis, RJ**. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

SMITH, K. A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K. E.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, v. 54, p. 779-791, 2003.

ZANATTA, J. A. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e sistemas de manejo**. 2009. 79 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PARTE VI

A flora



*Alexandre Uhlmann
Annete Bonnet
Gustavo Ribas Curcio
Alessandro de Paula Silva
Fernando Lima Aires Gonçalves
Alexander Silva de Resende*

Introdução

A área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) abrange os domínios da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas¹ e da Floresta Submontana (VELOSO et al., 1991), caracterizando-se por elevada diversidade estrutural e florística. Embora os fatores que influenciam a geração da diversidade biológica não sejam completamente conhecidos, é certo o envolvimento de aspectos históricos e regionais (SCHLUTER; RICKLEFS, 1993), entre os quais se incluem condicionantes geológicos, geomorfológicos e pedológicos, além de outros relacionados com processos biológicos, particulares da ecologia de cada espécie.

A ocupação e uso do solo na região, entretanto, eliminaram grande parte da cobertura original (Capítulo 3). Os poucos remanescentes encontram-se, na grande maioria, destituídos de sua diversidade original, comprometendo a viabilidade de vários processos ecossistêmicos.

Onde a fragilidade ambiental é acentuada, é desejável que a floresta seja reconstituída. Para a consecução dessa meta, o conhecimento da atual estrutura das florestas da região constitui um passo inicial imprescindível.

¹ Estas florestas, encontradas principalmente em regiões de clima ombrófilo (ou seja, com boa distribuição de chuvas ao longo do ano), caracterizam-se pela presença de árvores de pequeno a grande porte – daí o nome 'Floresta Ombrófila Densa'. A designação 'de Terras Baixas' é atribuído às florestas situadas em altitudes de 5 a 50 m, enquanto 'Submontana' é termo reservado a formações estabelecidas entre 50 e 500 m, quando localizadas entre as latitudes de 16 a 24 de latitude sul (VELOSO et al., 1991).

Tendo em vista esses aspectos, este capítulo descreve a estrutura de remanescentes vegetais localizados nos compartimentos Terciário, Proterozoico e Quaternário, na etapa inicial do monitoramento da área do Comperj, além de apresentar alguns dados sobre a regeneração natural em pastagens abandonadas ali localizadas. Também é discutida a influência de fatores que possivelmente determinaram a estrutura desses remanescentes, considerando-se que esses aspectos podem trazer subsídios necessários à reconstituição das florestas locais.

Métodos

A vegetação existente no Comperj foi amostrada em áreas florestais e não-florestais (pastagens abandonadas e formações arbustivas). Este capítulo apresenta descrições quantitativas apenas das formações florestais, complementadas por características gerais das pastagens e das formações arbustivas.

Para a amostragem da vegetação florestal, foram delimitadas unidades amostrais em quatro locais distintos (ver Figura 2.2, no Capítulo 2). Como a vegetação florestal na área do Comperj se restringe às encostas, foram escolhidas duas áreas pertencentes ao compartimento Proterozoico – quais sejam, morro da Macumba (FP1) e morro do Cambará (FP2) – e duas ao compartimento Terciário – floresta do Empurrão (FT1) e floresta do Mestre (FT2). Nessas encostas foram delimitadas quatro zonas: borda, terço inferior, terço médio e terço superior. Na borda implantou-se perpendicularmente ao eixo de declividade da encosta uma faixa de 5 m x 20 m, a qual foi subdividida em quatro parcelas quadradas de 5 m x 5 m. Nas demais zonas, as faixas foram maiores (10 m x 20 m), mas o tamanho das parcelas foi mantido, aumentando-se portanto o número destas para oito (Figura 13.1).

Essa abordagem metodológica visou verificar possíveis variações da estrutura da vegetação no interior do fragmento como consequência de fatores ambientais que se relacionam principalmente com o regime de umidade dos solos, o qual, por sua vez, influencia a disponibilidade de íons para as plantas.

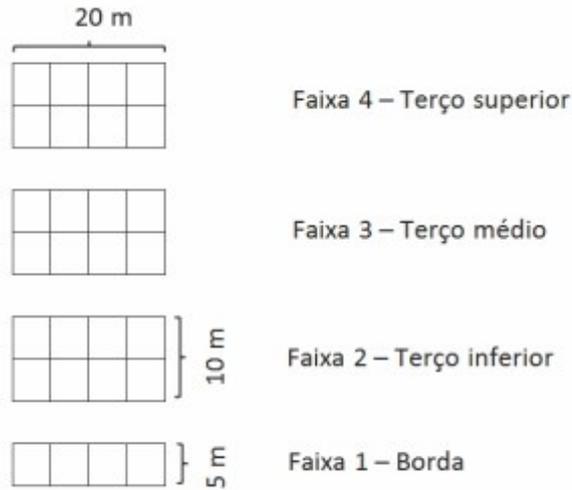


Figura 13.1. Distribuição das faixas e parcelas delimitadas ao longo das encostas para amostragem da vegetação.

No interior das parcelas, foram amostrados todos os indivíduos que apresentavam perímetro à altura do peito (PAP, medido a cerca de 1,30 m do solo) igual ou superior a 15 cm. Dos indivíduos amostrados, foram tomadas as medidas de PAP e de altura total. Cada indivíduo recebeu uma plaqueta metálica com identificação numérica. A determinação botânica foi feita em campo ou por meio de coleta de material estéril (somente galhos e folhas) ou fértil (com flores e/ou frutos) para posterior comparação com material de herbário e/ou auxílio de especialistas.

A metodologia empregada para caracterizar as áreas de pastagem foi bastante similar àquela adotada para as áreas de floresta. As pastagens que hoje cobrem grande parte da atual área do Comperj (Capítulo 3) resultam de ocupação e uso anteriores, por diferentes proprietários. Hoje abandonadas, formam um denso tapete de gramíneas em que predominam *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. e *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. Foram amostradas seis áreas de pastagem: duas pertencentes ao compartimento Proterozoico, duas ao Terciário e duas ao Quaternário. Sobre essas pastagens foram delimitadas faixas com dimensões e posições de encosta idênticas às implantadas nas áreas de floresta. Nas planícies

quaternárias, porém, devido aos relevos planos a suave-ondulados, as 28 parcelas foram dispostas contiguamente, de modo a formar um retângulo de 35 m x 20 m. No interior dessas parcelas foram coletados indivíduos regenerantes lenhosos, ervas e subarbustos para posterior determinação.

Já as formações arbustivas das planícies quaternárias, por apresentarem elevada densidade de arbustos de *Tibouchina moricandiana* Baill. (quaresmeira), exigiram modificação mais profunda no método de amostragem. Como esses escrubes² estão distribuídos de modo aproximadamente linear na planície, foram abertas picadas estreitas (transectos) perpendicularmente às linhas de distribuição (Figura 13.2). Para amostragem, os exemplares de *T. moricandiana* localizados ao longo do transecto, em uma faixa de 1 m de largura, foram registrados e suas medidas de altura anotadas.



Figura 13.2. Distribuição dos transectos implantados com a finalidade de amostrar escrubes de *Tibouchina moricandiana* no compartimento Quaternário.
Fonte: Google Earth.

Coletaram-se dados quantitativos somente nas formações florestais, de modo a se calcularem valores de densidade (absoluta, em número de indivíduos por hectare, e relativa, em percentuais do número total de indivíduos na amostragem) e de dominância (absoluta,

²Escrubes são formações vegetais constituídas essencialmente por arbustos.

em metros quadrados por hectare da área de seção transversa do(s) caule(s), e relativa, em percentuais da soma das áreas de seção transversa de todos os caules da amostra), além do valor de cobertura (VC = densidade relativa + dominância relativa). Como a distribuição espacial das faixas seguiu um ordenamento pedossequencial³, foi possível avaliar a variação da vegetação ao longo das encostas.

Resultados e discussão

Caracterização geral dos quatro fragmentos florestais amostrados

De modo geral, a área do Comperj apresenta cobertura vegetal antropizada. As antigas propriedades, hoje desocupadas, eram utilizadas com diferentes propósitos, mas a maior parte da superfície continha pastagens cultivadas que hoje se encontram abandonadas (Figura 13.3). Entremeando as gramíneas ali presentes, há elementos de regeneração natural oriundos das florestas circundantes, embora menos frequentes que ervas e subarbustos ruderais⁴.



Figura 13.3. Pastagem abandonada, com predomínio de *Brachiaria humidicola*.
Foto: Alexandre Uhlmann.

³ Sequências de classes de solos distribuídas em gradientes de encostas.

⁴ Plantas ruderais são plantas oportunistas, geralmente de pequeno porte e curto ciclo de vida, que invadem espaços degradados.

A floresta amostrada no morro da Macumba (FP1, no compartimento Proterozoico) e a floresta do Mestre (FT2, no compartimento Terciário) foram os fragmentos com maior número de espécies amostradas. Os demais indicadores estruturais dessas duas áreas, como o número de indivíduos e a diversidade, mostraram-se relativamente mais elevados que nos outros dois fragmentos pesquisados (Tabela 13.1). Apesar das diferenças de tamanho amostral, outros estudos conduzidos na região apontaram número significativamente maior de espécies florestais. Carvalho et al. (2006) e Guedes-Bruni (2006), por exemplo, encontraram respectivamente 105 e 97 espécies em florestas de planície, enquanto Kurtz e Araújo (2000) detectaram 138 espécies em uma floresta de encosta no estado de Rio de Janeiro.

Tabela 13.1. Parâmetros gerais indicadores da estrutura das formações florestais.

Local	Número de espécies	Diversidade (nats/indivíduo ⁵)	Número de indivíduos amostrados
FP1	28	2,39	148
FP2	15	1,11	98
FT1	16	1,63	95
FT2	37	3,17	110

Caracterização das florestas do compartimento Proterozoico

As duas florestas analisadas no compartimento Proterozoico (FP1 e FP2) apresentam-se muito distintas, devido principalmente aos diferentes graus de evolução sucessional e à influência de fatores ambientais e antrópicos. Apesar de seu incipiente grau de desenvolvimento estrutural, a floresta do morro da Macumba (FP1) apresenta estrutura mais complexa que a dos demais fragmentos amostrados (Figuras 13.4 e 13.5). Trata-se de uma floresta que, embora

⁵A diversidade é expressa pela unidade 'nats por indivíduo'. Nat é uma unidade que denota a quantidade de informação contida em um conjunto de dados. (Outra unidade de informação, mais conhecida, é o bit, de amplo uso em informática.) No caso das comunidades biológicas, considera-se que, quanto maior o número de espécies, maior é a quantidade de "informação" contida nessas comunidades. Nas comunidades vegetais, por experiência do primeiro autor, esse índice comumente varia de 2,5 a 3,5 nats/indivíduo⁻¹. Índices mais baixos indicam comunidades muito pobres em espécies e extremamente simplificadas, com uma ou poucas espécies dominantes. Comunidades com índices de diversidade mais altos geralmente contêm muitas espécies, embora quase sempre dominadas por um reduzido número delas.

com claros sinais de alteração antrópica, apresenta estratificação vertical e menor número de lianas que aquele verificado, por exemplo, na floresta do Mestre (FT2). Isso permite considerar que a floresta do morro da Macumba se encontra em estágio médio de sucessão ecológica, diferenciando-se dos demais fragmentos analisados, que ainda vivenciam estágios de incipiente desenvolvimento florestal.

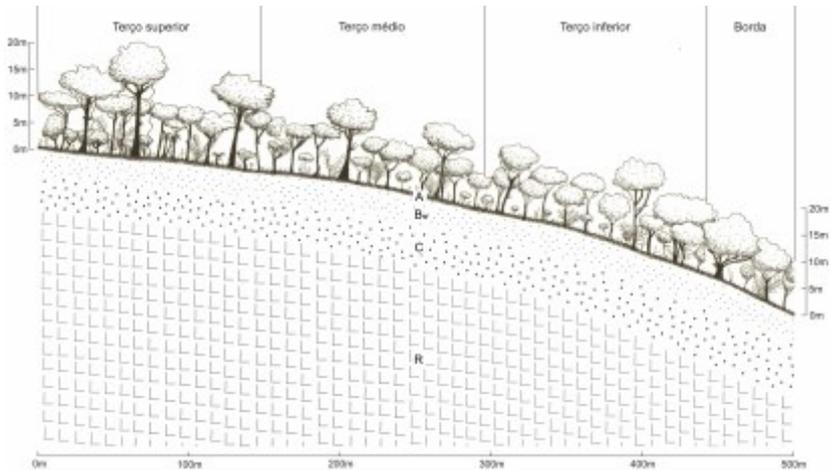


Figura 13.4. Estrutura da vegetação do morro da Macumba (FP1) e tipos de solo (A: horizonte A; Bw: horizonte B latossólico; C: regolito; R: rocha). Note-se a presença de estrato emergente com árvores de 15 a 18 m e de dossel que atinge cerca de 7 m de altura.

Ilustração: Alexandre Uhlmann.



Figura 13.5. Perspectiva externa do remanescente florestal do morro da Macumba (FP1).
Foto: Annete Bonnet.

A grande maioria (31%) dos indivíduos registrados na floresta do morro da Macumba (PF1) pertence a uma espécie de palmeira de caule inaparente à superfície do solo (*Attalea humilis*⁶) (Tabela 13.2). Outras duas espécies (*Astrocaryum aculeatissimum* e *Cupania* sp. 2) perfazem 31% dos indivíduos amostrados, o que significa que mais de 60% dos indivíduos pertencem a apenas três espécies. Esta é uma característica bastante comum em florestas alteradas, como é o caso dos remanescentes na área do Comperj. Todas as demais 25 espécies somam, portanto, um número bastante inexpressivo de indivíduos frente ao total amostrado e são espécies características de ambientes perturbados (tais como *Cybistax antisyphilitica* e *Citharexylum solanaceum*) ou então espécies de sub-bosque (como *Siparuna guianensis* e *Guarea guidonea*), além de algumas de maior porte, que comumente se encontram associadas a ambientes mais evoluídos na sucessão florestal (tais como *Apuleia leiocarpa* e *Nectandra oppositifolia*).

⁶O epíteto *humilis* (ou seja, 'humilde') refere-se a seu baixo porte.

Tabela 13.2. Características da estrutura florestal no morro da Macumba (FP1).

Nome científico	N	Densidade		Dominância	
		Ind. ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%
<i>Attalea humilis</i> Mart.	46,00	681,48	31,08	2,38*	72,48
<i>Cupania</i> sp. 2	31,00	459,26	20,95	0,30	9,14
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	15,00	222,22	10,14	0,53*	16,15
<i>Nectandra</i> sp. 1	12,00	177,78	8,11	0,05	1,37
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	4,00	59,26	2,70	0,00	0,00
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	4,00	59,26	2,70	0,00	0,00
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	4,00	59,26	2,70	0,00	0,00
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	3,00	44,44	2,03	0,00	0,00
<i>Citharexylum solanaceum</i> Cham.	3,00	44,44	2,03	0,00	0,00
<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferrucci	3,00	44,44	2,03	0,00	0,00
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	2,00	29,63	1,35	0,00	0,00
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	2,00	29,63	1,35	0,00	0,00
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	2,00	29,63	1,35	0,00	0,00
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	2,00	29,63	1,35	0,00	0,00
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	2,00	29,63	1,35	0,00	0,00
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1,00	14,82	0,68	0,03	0,86
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Myrcia</i> sp. 1	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
Indeterminada 1	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Myrcia</i> sp. 2	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
<i>Machaerium pedicellatum</i> Vogel	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
Indeterminada 4	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
Indeterminada 2	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
Indeterminada 5	1,00	14,82	0,68	0,00	0,00
Total	148,00	2192,59	100,00	3,28	100,00

*Os valores para estas duas espécies referem-se à dominância estimada através da medida do perímetro basal dos indivíduos, e não à altura do peito, como para as demais espécies. Isso se deve ao fato de estas duas espécies não apresentarem, na maior parte dos casos, caules acima da superfície do solo. No entanto, a elevada densidade e a expansão lateral de suas folhas devem exercer grande influência competitiva sobre seus vizinhos, de tal forma que sua inclusão na amostragem, ainda que não atendessem ao critério de inclusão (PAP \geq 15 cm), foi, na compreensão dos autores, uma decisão necessária.

Na floresta situada no morro do Cambará (FP2), detectou-se predomínio da espécie que dá nome ao local (*Gochnatia polymorpha*), o que a diferencia muito da outra floresta estudada no mesmo compartimento (FP1) e determina uma estrutura ainda mais simplificada, de baixa diversidade e pequeno número de espécies

(Tabela 13.3). Trata-se de uma floresta de baixo porte, constituída de basicamente um único estrato, quase que exclusivamente dominado por camarará. Apesar disso, o terço inferior da encosta apresenta maior cobertura e estratificação, incorporando maior número de espécies, resultando em dossel praticamente fechado. Essas características contrastam com as do terço superior, cujo dossel descontínuo permite o desenvolvimento de gramíneas ao longo de todo o piso florestal (Figuras 13.6 e 13.7). Tais características atestam que essa floresta se encontra em estágio inicial de sucessão, assim como os dois fragmentos estabelecidos sobre encostas do compartimento Terciário.

Tabela 13.3. Características da estrutura florestal no morro do Camará (FP2).

Nome científico	N	Densidade		Dominância	
		Ind. ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	75,00	1071,43	76,53	1,26	75,58
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	1,00	14,29	1,02	0,33	19,82
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	6,00	85,71	6,12	0,00	0,00
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	3,00	42,86	3,06	0,00	0,00
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	1,00	14,29	1,02	0,08	4,60
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	2,00	28,57	2,04	0,00	0,00
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	2,00	28,57	2,04	0,00	0,00
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
<i>Machaerium</i> sp. 1	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
Rubiaceae 1	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
Myrtaceae 1	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
Morta	1,00	14,29	1,02	0,00	0,00
Total	98,00	1400,00	100,00	1,67	100,00

De todos os indivíduos amostrados em FP2, 76% eram *Gochnatia polymorpha* (Tabela 13.3), espécie muito frequente não só na área do Comperj, como também em toda a região de entorno, onde ocupa as encostas em elevada densidade de indivíduos, ou então entremeando pastos. Trata-se de uma espécie com características típicas de pioneira, ou seja, ampla dispersão de sementes e rápido desenvolvimento, o que lhe confere habilidade na ocupação de espaços vazios ou alterados.

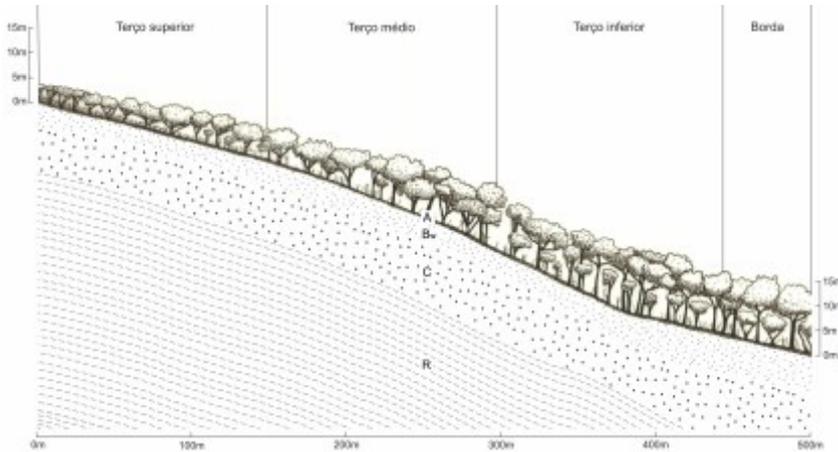


Figura 13.6. Estrutura da vegetação no morro do Cambará (FP2) e tipos de solo (A: horizonte A; Bw: horizonte B latossólico; C: regolito; R: rocha). Destacam-se a presença de *Gochnatia polymorpha* em todos os setores e uma maior diversificação no terço inferior e borda. (A altura das árvores foi exagerada em duas vezes em relação à escala de outras partes do desenho.)

Ilustração: Alexandre Uhlmann.



Figura 13.7. À esquerda: Aspecto externo do remanescente florestal do morro do Cambará (FP2), com predomínio de *Gochnatia polymorpha*. À direita: Interior do remanescente, em que se veem o estrato superior aberto e baixo e o piso coberto por gramíneas.

Fotos: Alexandre Uhlmann.

Caracterização das florestas do compartimento Terciário

Os outros dois fragmentos amostrados se localizam em encostas mais suaves e com menor amplitude altimétrica e, talvez por isso, tenham sido mais afetados por ação antrópica. Ambos são fragmentos bastante empobrecidos, estrutural e floristicamente.

A Tabela 13.4 resume as características estruturais da floresta

do Empurrão (FT1), situada na porção sul da área do Comperj. Constata-se grande maioria de indivíduos de *Gochnatia polymorpha* e *Attalea humilis*. Não se constata o desenvolvimento de uma proeminente estratificação, de tal sorte que as espécies de sub-bosque observadas em FP1, por exemplo, ou não estão presentes ou ocorrem em menor densidade, como é o caso de *Guarea guidonea* e de *Cupania* sp. 2. Trata-se de uma floresta baixa e aberta, com predomínio de espécies pioneiras típicas (Figura 13.8), como o próprio cambará, além de *Piptadenia gonoacantha*, *Cybistax antisyphilitica* e *Cordia trichoclada*. No entanto, apesar da elevada expressão numérica de cambarás, tal como em FP2, esse fragmento do Terciário já possui um número pouco maior de espécies, o que provavelmente está relacionado com seu maior grau de evolução estrutural.

Tabela 13.4. Características da estrutura da floresta do Empurrão (FT1).

Nome científico	N	Densidade		Dominância	
		Ind. ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	56,00	800,00	58,95	0,22	100,00
<i>Attalea humilis</i> Mart.	9,00	128,57	9,47	0,00	0,00
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	8,00	114,29	8,42	0,00	0,00
<i>Cupanea</i> sp. 2	4,00	57,14	4,21	0,00	0,00
<i>Inga subnuda</i> Salzm. ex Benth. subsp.	5,00	71,43	5,26	0,00	0,00
<i>Iuschnathiana</i> (Benth.) T.H. Penn.					
<i>Cupania</i> sp. 1	2,00	28,57	2,11	0,00	0,00
<i>Myrcia</i> sp. 1	2,00	28,57	2,11	0,00	0,00
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
Myrtaceae 1	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Machaerium cantarellianum</i> Hoehne	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Melanoxylon brauna</i> Schott	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Cordia trichoclada</i> DC.	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
Sapindaceae 1	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Senegalia grandistipula</i> (Benth.) Seigler & Elinger	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	1,00	14,29	1,05	0,00	0,00
Total	95,00	1357,14	100,00	0,22	100,00



Figura 13.8. À esquerda: Aspecto interno da floresta em FT1. À direita: Note-se a grande quantidade de lianas e as árvores de pequeno porte, formando dossel aberto.
Fotos: Alexandre Uhlmann.

A floresta do Mestre (FT2), último fragmento analisado, localiza-se na porção norte da área do Comperj, também pertencente ao compartimento Terciário. Nessa floresta é notável o desenvolvimento de lianas fortemente entrelaçadas, que dificultam o desenvolvimento do dossel e do sub-bosque. É um fragmento de pequenas dimensões, mas com diversidade comparável à do morro da Macumba (FP1), embora o número total de indivíduos amostrados seja menor (Tabela 13.1).

Embora o fragmento também apresente sinais evidentes de forte intervenção antrópica e consequente degradação florestal, ao contrário do observado nos demais fragmentos aqui investigados, não se constatou concentração de indivíduos em uma ou poucas espécies (Tabela 13.5). A densidade de *Attalea humilis* é bastante reduzida, bem como a de *Gochnatia polymorpha*. Os valores de dominância relativa de *A. humilis* são altos, o que, para essa espécie, reflete a presença de indivíduos com ampla abertura das folhas e bom desenvolvimento, já que as medidas foram tomadas na base da planta. O número de espécies é relativamente elevado e muitas delas foram encontradas somente nesse fragmento, várias das quais caracterizam estágios iniciais de sucessão. O conjunto de características descrito para as florestas do Empurrão (FT1) e do Mestre (FT2) permite concluir que, embora o desenvolvimento estrutural da primeira seja maior que o da segunda, sua estrutura não se aproxima à da floresta do morro da Macumba (FP1), o que permite considerar que ambos os fragmentos se encontram em estágio inicial de sucessão florestal.

Tabela 13.5. Características da estrutura da floresta do Mestre (FT2).

Nome científico	N	Densidade		Dominância	
		Ind. ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	3,00	42,86	2,73	0,84	48,85
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	4,00	57,14	3,64	0,80	46,68
<i>Attalea humilis</i> Mart.	18,00	257,14	16,36	0,00	0,00
Leguminosa 1	13,00	185,71	11,82	0,00	0,00
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	7,00	100,00	6,36	0,08	4,47
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	7,00	100,00	6,36	0,00	0,00
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	6,00	85,71	5,45	0,00	0,00
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	5,00	71,43	4,55	0,00	0,00
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	4,00	57,14	3,64	0,00	0,00
Indeterminada 2	3,00	42,86	2,73	0,00	0,00
<i>Citharexylum solanaceum</i> Cham.	3,00	42,86	2,73	0,00	0,00
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	3,00	42,86	2,73	0,00	0,00
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
<i>Cupania</i> sp. 2	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
Myrtaceae 4	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
Morta	2,00	28,57	1,82	0,00	0,00
<i>Rollinea laurifolia</i> Schltldl.	3,00	42,86	2,73	0,00	0,00
<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferrucci	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Cupania</i> sp. 1	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Annona</i> cf. <i>sericea</i> Dunal	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Eugenia</i> sp. 1	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Myrcia</i> sp. 1	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Senegalia grandistipula</i> (Benth.) Seigler & Elinger	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Ocotea</i> sp. 2	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Ocotea</i> sp. 1	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
Leguminosa 2	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Rollinea sericea</i> (R.R.Fr.) R.E.Fr.	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
cf. <i>Stryphnodendron</i>	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
<i>Nectandra</i> sp. 1	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
Indeterminada 3	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
Myrtaceae 3	1,00	14,29	0,91	0,00	0,00
Total	110,00	1571,43	100,00	1,72	100,00

Que fatores devem ser considerados para analisar a variação da estrutura das florestas?

A exposição dos resultados feita nas seções anteriores visou resumir as características gerais da estrutura da vegetação arbórea nos fragmentos investigados. No entanto, levar em conta as variações geomorfológicas da paisagem das parcelas permite uma análise mais detalhada do modo como as espécies se distribuem ao longo das encostas analisadas. Para focalizar esse aspecto, selecionaram-se as florestas situadas em encostas do compartimento Proterozoico. A Tabela 13.6 mostra a variação da densidade de espécies ao longo da encosta do fragmento FP1 (morro da Macumba). Apenas *Nectandra* sp. 1, *Cupania* sp. 2, *Cordia sellowiana*, *Astrocaryum aculeatissimum* e *Attalea humilis* distribuem-se por toda encosta. No entanto, nem mesmo para estas há uniformidade numérica ao longo do gradiente, o que revela a existência de zonas preferenciais na paisagem nas quais suas densidades se incrementam.

Tabela 13.6. Densidades absolutas (em indivíduos ha⁻¹) das espécies amostradas ao longo da encosta na floresta do morro da Macumba (FP1).

Nome científico	Borda	Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Total
<i>Cupania</i> sp. 2	1 300	450	400	50	442,86
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	100	0	0	0	14,29
<i>Nectandra</i> sp. 1	400	150	150	100	171,43
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	200	50	0	50	57,14
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stelfeld	100	100	0	0	42,86
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	100	0	0	50	28,57
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC	200	0	0	0	28,57
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	100	0	0	0	14,29
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	0	100	100	0	57,14
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	0	50	50	0	28,57
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	0	100	0	100	57,14
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	0	50	0	0	14,29
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	100	150	50	500	214,29
<i>Myrcia</i> sp. 1	0	50	0	0	14,29
<i>Citharexylum solanaceum</i> Cham.	0	50	100	0	42,86
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	0	0	100	0	28,57
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	0	0	50	0	14,29
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	0	0	50	0	14,29
Indeterminada 1	0	0	50	0	14,29
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	0	0	50	0	14,29
<i>Myrcia</i> sp. 2	0	0	50	0	14,29
<i>Machaerium pedicellatum</i> Vogel	0	0	50	0	14,29
Indeterminada 4	0	0	50	0	14,29
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	0	0	0	100	28,57
Indeterminada 2	0	0	0	50	14,29
Indeterminada 5	0	0	0	50	14,29
<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferrucci	0	0	0	150	42,86
<i>Attalea humilis</i> Mart.	700	700	1100	150	657,14
Total	3300	2000	2400	1350	2114,29

As demais espécies parecem ocorrer preferencialmente em determinadas partes da encosta. Esses dados devem porém ser vistos com cautela, já que a área amostrada é muito pequena, o que possibilita a subestimativa de algumas populações.

Os fatores que determinam a distribuição descrita podem ser variados. O primeiro deles diz respeito à própria ecologia das espécies. Algumas delas tendem a apresentar distribuição agregada, relacionada

com aspectos de sua biologia reprodutiva. Outros fatores estão relacionados com aspectos ecológicos das comunidades, como a competição, o ambiente físico ou mesmo a interação entre estes. Nem todos, no entanto, podem ser focalizados, pois a metodologia de coleta dos dados dificulta uma ampla abordagem.

As encostas estabelecem gradientes de condições físicas que determinam variações na própria estrutura da vegetação. Os terços inferiores de encosta costumam receber todo o aporte de íons e água de montante. De acordo com o tamanho das rampas e das geoformas presentes, essa variação pode ser mais ou menos acentuada. Se admitida essa influência, é possível com ela explicar, ao menos em parte, a distribuição das espécies. Além disso, a maior declividade pode provocar maior entrada de luz para o sub-bosque, devido às aberturas do dossel desuniforme. Também cabe levar em conta a entrada de luz provocada pela abertura de clareiras formadas pela queda de árvores. Em alguns casos, essas clareiras são ampliadas por ação do emaranhado de lianas, que na queda de uma árvore arrasta várias outras vizinhas. Nas bordas das florestas, conforme a posição na encosta, a penetração de luz pode ser ainda maior.

A Tabela 13.7 apresenta as variações da densidade das populações amostradas no morro do Cambará (FP2), a outra floresta do compartimento Proterozoico investigada. São notáveis dois aspectos: o primeiro é que as densidades populacionais de cambará (*Gochnatia polymorpha*) tendem a incrementar-se encosta acima. O segundo é que as observações de campo revelam que o porte dos indivíduos também se reduz encosta acima, assim como a diversidade de espécies (Figura 13.6). Esse fato possivelmente tem relação com a melhoria das condições pedoambientais nas porções inferiores da encosta, o que acelera o desenvolvimento das árvores, provocando maior cobertura do solo e modificando as condições do ambiente, a ponto de favorecer a entrada de outras espécies, cujo ingresso, ao menos no presente momento, não se mostrou possível nas porções superiores da encosta.

Esta discussão, entretanto, ainda não abordou a interferência antrópica como fator importante na determinação das características da vegetação arbórea. As queimadas induzidas no passado pelos proprietários para renovação de pastos devem ser consideradas

elemento de forte influência nas atuais condições da vegetação. A dominância local de cambarás pode ter relação com esse fator. A suberosidade desenvolvida na parte externa de seus caules confere-lhes maior resistência aos efeitos das queimadas, que em geral provocam elevada mortalidade nas florestas, por afetarem irreversivelmente os tecidos meristemáticos.

Tabela 13.7. Densidades absolutas (em indivíduos ha⁻¹) das espécies amostradas ao longo da encosta na floresta do morro do Cambará (FP2).

Nome científico	Borda	Terço inferior	Terço médio	Terço superior	Total
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	800	600	1 400	1 350	1071,43
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	0	0	100	50	42,86
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	0	0	0	50	14,29
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	200	150	0	50	85,71
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	0	100	0	0	28,57
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	0	50	0	0	14,29
<i>Machaerium</i> sp. 1	0	50	0	0	14,29
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	0	50	0	0	14,29
Rubiaceae 1	0	50	0	0	14,29
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	100	0	0	0	14,29
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	100	0	0	0	14,29
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	100	0	0	0	14,29
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	200	0	0	0	28,57
Myrtaceae 1	100	0	0	0	14,29
Morta	0	50	0	0	14,29
Total	1600	1100	1500	1500	1400,00

Dada a pequena diversidade estrutural e a monodominância de cambarás, a estrutura de FP2 permite classificar essa formação como em estágio inicial de sucessão, tal como FT1 e FT2. Na área do Comperj, entretanto, os fragmentos florestais em estágio inicial de sucessão exibem certa diversidade de formas, como mostram as descrições apresentadas neste capítulo, às quais se devem adicionar os escrubes de *Tibouchina moricandiana* (descritos mais adiante), dominantes nas planícies quaternárias sobre solos hidromórficos. Vários, portanto, são os tipos estruturais que podem ser encontrados em um mesmo estágio de sucessão, uma vez que essa variação não se deve somente à ação do

tempo, que conduz a uma maior complexidade da vegetação. Contribuem também para essa variação fatores como a hidromorfia dos solos (nos escrubes de *T. moricandiana*), a geomorfologia (no terço inferior de FP2) e as queimadas (possivelmente gerando a monodominância de *G. polymorpha* observada em FP2), além de interferências antrópicas diversas no passado.

Assim, embora seja tentador e razoavelmente lógico acreditar que as formações monodominantes de cambará presentes na área do Comperj sejam o resultado de um primeiro passo sucessional, que precede a incorporação de novas espécies e a estruturação vertical das florestas, cabe considerar que todos os fragmentos são produtos de históricos de ação antrópica muito diferenciados, que ainda influenciam os fatores responsáveis pelas configurações atuais.

A cobertura herbácea das antigas pastagens

A grande maioria das encostas, tanto aquelas sobre embasamento de rochas proterozoicas quanto terciárias, constituíram no passado pastagens que atualmente se encontram sem uso econômico. Todas foram plantadas com espécies de *Brachiaria* (*B. humidicola* e *B. plantaginea*), por vezes como formações monoespecíficas e outras como combinações das duas espécies.

As áreas amostradas, particularmente aquelas cobertas por *B. humidicola*, possuem atualmente espessos tapetes de biomassa aérea, o que certamente impede o estabelecimento e desenvolvimento de várias espécies vegetais, em particular aquelas cujos diásporos se dispersam a partir dos fragmentos florestais. Assim, além de *Machaerium hirtum*, *Gochnatia polymorpha* e *Handroanthus chrysotrichus*, não foram observadas espécies arbóreas regenerando-se em meio às pastagens. A maior parte das espécies vegetais amostradas constituiu-se de ervas e subarbustos eretos, de estratégia ruderal, que aproveitam os espaços vazios entre as touceiras de *Brachiaria* spp. Entre as espécies frequentemente observadas estão *Mimosa sellowiana*, *Lepidocloa cotoneaster*, *Sida glaziovii*, *Schizachyrium condensatum*, *Chamaechrista nictitans*, *Croton furfurescens* e *Solanum viarum*, além de algumas espécies indeterminadas de leguminosas.

É provável que essas espécies se desenvolvam de modo oportunista, ocupando os pequenos espaços dos densos emaranhados de *Brachiaria* spp., o que implica uma baixa probabilidade de que, na ausência de manejo, possam se estabelecer através de predomínio competitivo.

As formações arbustivas nas planícies quaternárias

Nas planícies do Quaternário, situadas nas zonas mais baixas do relevo do Comperj, o aporte hídrico oriundo das elevações, somado às características dos solos, permitiu o desenvolvimento de solos hidromórficos. Em pedoambientes desse tipo, a ocupação da flora se restringe a grupamentos de espécies que ajustam seu desenvolvimento à carência subsuperficial de oxigênio, imposta pelo excesso de água no solo. No caso específico do Comperj, as planícies foram quase que completamente destituídas de sua cobertura florestal original e utilizadas para pastagens. Existem porém núcleos, distribuídos principalmente nas zonas de maior concentração de água, em que a regeneração natural, atualmente em seus primeiros estágios, é caracterizada por densas formações de *Tibouchina moricandiana*.

Essas formações monodominantes são densas e constituídas por arbustos dessa espécie que, na maioria dos casos, não ultrapassam 5 m de altura. Suas densidades estimadas variam de 10 mil a 30 mil indivíduos por hectare. Aparentemente, são formações que se encontram em processo de expansão centrífuga, sendo registrados indivíduos juvenis nas bordas e mais antigos no centro desses núcleos, permitindo considerar que essa formação em estágio inicial de sucessão é um sistema de primeira ocupação. Poucas espécies conseguem se estabelecer sob o denso dossel formado pelos arbustos e arvoretas, cabendo destaque para *Blechnum* sp. (Blechnaceae). Nas laterais dessas zonas de solos hidromórficos, há pastagens entremeadas por indivíduos jovens dessa espécie associados com um pequeno número de espécies de ervas e subarbustos comuns nas pastagens de encosta.

Considerações finais

A cobertura vegetal da área do Comperj inclui poucos fragmentos de vegetação arbórea, todos profundamente alterados por ação antrópica. A maior parte da área é composta de pastagens abandonadas, tanto em encostas quanto em planícies. Nas planícies sobre solos hidromórficos, observa-se um processo de rápida ocupação por *Tibouchina moricandiana*, constituindo formações simplificadas florística e estruturalmente, características típicas de estágios iniciais de sucessão. É esperado que as pastagens do compartimento Quaternário sejam ocupadas a curto prazo por essas formações arbustivas. Nas encostas, entretanto, as áreas de pastagem apresentam regeneração por elementos florestais, ainda que poucos. A maior parte das espécies ali presentes, além das gramíneas exóticas, é constituída por ervas e subarbustos ruderais esparsamente distribuídos. A competição com espécies de *Brachiaria* impede a regeneração e aponta não só a necessidade de procedimentos de plantio, mas também de aplicação de tratamentos silviculturais que permitam acelerar o revestimento arbóreo florestal na área do Comperj.

Os processos de recomposição natural detectados nos fragmentos florestais analisados permitem pressupor que as áreas de terço inferior de encosta e as espécies que se distribuem com maior frequência nessas porções do relevo apresentam características mais favoráveis ao início dessa sucessão. As florestas pesquisadas apresentam-se profundamente alteradas, com empobrecimento florístico e estrutural. Quer se verifique nesses fragmentos dominância de uma espécie (em FP2 e FT1) ou abundância de lianas (em FT2), em todos é flagrante a descaracterização, evidenciada pelo reduzido número de espécies e pela presença de grandes clareiras e árvores de pequeno porte.

Referências

CARVALHO, F. A.; BRAGA, J. M. A.; GOMES, J. M. L.; SOUZA, J. S.; NASCIMENTO, M. T. Comunidade arbórea de uma floresta de baixada aluvial no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 157-166, 2006.

GUEDES-BRUNI, R. R.; SILVA-NETO, S. J.; MORIM, M. P.; MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de trecho de floresta ombrófila densa atlântica aluvial na reserva biológica de poço das antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 413-428, 2006.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. 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. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 78/115, p. 69-112, 2000.

SCHLUTER, D.; RICKLEFS, R. E. Species diversity: an introduction to the problem. In: RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

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.

*Mariella Camardelli Uzêda
Mariana Iguatemy*

Introdução

Um banco de plântulas é fruto da germinação do conjunto das sementes e outras estruturas reprodutivas que determinada área apresenta. Essas sementes e estruturas reprodutivas são oriundas da vegetação que compõe a área ou da vegetação de entorno. Monitorar esse conjunto permite identificar de que maneira os diferentes usos da terra que compõe a paisagem interferem no potencial de regeneração dos remanescentes de vegetação natural nela presentes. Remanescentes mais distantes de outros fragmentos de vegetação natural tendem a receber menor quantidade de propágulos, embora esse processo seja influenciado por fatores como o tamanho do fragmento, a maior ou menor interferência do efeito de borda e o tipo de uso do solo que os separa.

Este estudo teve por propósito analisar fragmentos de vegetação natural representativos da área que é objeto do Projeto Corredor Ecológico Comperj, na área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, visando demonstrar a influência do mosaico de usos da terra na capacidade de regeneração desses remanescentes, tendo como parâmetros comparativos fragmentos externos à área do projeto que se apresentam em menor grau de isolamento.

A fragmentação e o efeito de borda: influência sobre os fragmentos florestais

A fragmentação de ambientes naturais tem como principal consequência os efeitos de borda (MURCIA, 1995; HARPER et al., 2005), que constituem respostas à interação entre dois ambientes distintos (florestados e não-florestados) (MURCIA, 1995). Os efeitos de borda geralmente decorrem de alterações nos padrões e processos abióticos (intensidade de luz, temperatura, disponibilidade de nutrientes) e bióticos advindas de alterações da composição florística (BIERREGAARD et al., 1992; MURCIA, 1995). Entretanto, características do fragmento, como tamanho, distância da borda e uso do entorno têm importante papel na complexidade de tais efeitos.

O tipo de uso do entorno exerce grande influência sobre os remanescentes, já que, quanto maior a diferença estrutural entre estes e seus entornos, maiores serão os efeitos de borda (LAURANCE et al., 2003; HARPER et al., 2005). O forte impacto que a configuração da paisagem tem sobre a diversidade local e das comunidades tem sido o foco de diversos estudos (*e.g.*, LAWTON, 2000), havendo-se ressaltado que a diversidade em um fragmento de vegetação nativa depende da estrutura do uso do entorno – fenômeno denominado efeito de matriz ou efeito de vizinhança (DALE et al., 2000).

A composição do mosaico de diferentes usos do solo pode atuar como um filtro para a dispersão de espécies nativas, dificultando a chegada de propágulos ou facilitando a entrada de espécies exóticas nos fragmentos de mata que compõem a paisagem. A chegada de propágulos de diferentes espécies e seu posterior estabelecimento direcionarão o processo sucessional e as mudanças na comunidade vegetal (CLARK et al., 1999).

Observa-se aceleração da dinâmica da comunidade de árvores em alguns trechos de borda de fragmentos florestais (PHILIPS; GENTRY, 1994; GASCON et al., 2000; LAURANCE et al., 2003). Essa aceleração faz a composição de espécies se alterar, com aumento da presença de espécies pioneiras, que possuem ciclo de vida curto e investem maior energia na reprodução do que no crescimento em diâmetro e altura.

Sendo assim, muitas vezes a alteração de uma comunidade está associada a uma elevada perda de biomassa, a um aumento da mortalidade de espécies de estágio sucessional mais avançado e a um maior dano às árvores (HARPER et al., 2005). A germinação e o estabelecimento de plântulas aumentam (recrutamento) no caso de grupos que se encontram em estágios sucessionais iniciais e de lianas (cipós) (LAURANCE et al., 2003) que requerem maior intensidade de luz (POORTER; ARETS, 2003). No entanto, esse elevado recrutamento não chega a compensar a perda de biomassa arbórea e o papel funcional desempenhado pelas espécies presentes em estágios sucessionais mais avançados (espécies secundárias iniciais e secundárias tardias).

Alguns indícios apontam que, com a alteração da comunidade vegetal, algumas espécies podem desaparecer dos fragmentos, tanto devido a mudanças relacionadas ao ambiente físico (como luminosidade e intensidade eólica) quanto à redução da entrada de propágulos trazidos por animais dispersores que passam a não mais frequentar o fragmento (MATLACK, 1994; MURCIA, 1995; BROKAW, 1998).

A perda de espécies de sub-bosque, por exemplo, pode ser um fenômeno quase imperceptível a curto prazo, mas suas consequências podem ser dramáticas para o futuro da diversidade de uma floresta (BENITZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003a; BENITZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003b). Embora vários fatores possam estar relacionados com esses efeitos, a perda de hábitat e a criação de novas bordas estão entre os mais importantes (SIH; LUIKART, 2000).

Métodos

Para consolidação de um conhecimento sobre os efeitos que a vizinhança e o mosaico de usos da paisagem exercem sobre a capacidade de regeneração dos fragmentos de vegetação na área do Comperj, foram avaliados seis fragmentos, quatro deles situados na área do Comperj e dois externos a ela, embora localizados na bacia hidrográfica Guapi-Macacu (Tabela 14.1 do presente capítulo e Figura 2.3 do Capítulo 2).

Os fragmentos denominados Alê (19,26 ha) e Ana Pasto (8,46 ha), em cujo entorno há predomínio de pastagens, localizam-se fora da área do Comperj, no compartimento geológico Terciário, e foram tomados como referência de regeneração de áreas com menor isolamento, diferentemente dos fragmentos denominados Macumba (21,24 ha) e Pista de Concreto (10,98 ha), internos à área do Comperj, situados no compartimento Proterozoico, os quais sofrem influência de uma vizinhança rarefeita em termos de remanescentes de vegetação nativa que atuam como potenciais fornecedores de propágulos.

Os fragmentos denominados Mestre (3,15 ha) e Empurrão (7,5 ha), internos ao Comperj, no compartimento Terciário, foram monitorados como referência da composição florística existente nesse compartimento ambiental, de modo a permitirem, quando comparados com os fragmentos Macumba e Pista de Concreto, avaliar a interferência do tamanho dos fragmentos no suprimento de propágulos para seus processos de regeneração.

Como expõe o Capítulo 13, os fragmentos Macumba e Mestre são os que apresentaram maior número de espécies vegetais, além de disporem de indicadores estruturais, como o número de indivíduos e a diversidade, mais elevados que os demais fragmentos estudados. Esses dois fragmentos têm como espécies características *Astrocaryum aculeatissimum* e a palmeira *Attalea humilis*, além de indivíduos do gênero *Cupania*. Outras espécies de menor ocorrência incluem *Cydistax antisiphilitica*, *Citharexylum solanaceum*, *Siparuna guianensis*, *Guarea guidonea*, *Machaerium stipitatum* e *Nectandra oppositifolia*.

O fragmento Empurrão (também descrito no Capítulo 13), diferentemente dos fragmentos Macumba e Mestre, não apresenta estratificação marcada e predomínio de espécies pioneiras que caracterizam a ausência de estratificação, como *Gochnatia polymorpha*, *Attalea humilis*, *Piptadenia gonoacantha*, *Cydistax antisiphilitica* e *Cordia trichoclada*.

No fragmento Pista de Concreto, empreendeu-se uma avaliação florística menos aprofundada dos indivíduos de porte arbóreo, visando amparar as avaliações conduzidas neste estudo. Trata-se de uma área que, apesar do domínio de espécies pioneiras, apresenta estratificação mais bem consolidada que o fragmento Empurrão, tendo como

presença comum os gêneros *Cupania* e *Myrcia*.

Os fragmentos externos à área do Comperj foram objeto de um levantamento detalhado dos indivíduos de porte arbóreo, realizado por Uzêda et al. (2011) para utilização em estudos relacionados à estrutura da paisagem. Essas áreas se caracterizam por estratificação bem marcada, sendo comuns as árvores de grande porte. No fragmento Alê, as espécies mais comuns são *Cupania oblongifolia*, *Naucleopsis oblongifolia*, *Miconia cinnamomifolia* e *Mabea fistulifera*. Na área Ana Pasto são comuns *Miconia prasina*, *Gochnatia polymorpha*, *Cupania oblongifolia* e *Helicostylis tomentosa*.

Visando-se adequada avaliação, os fragmentos foram divididos em três ambientes:

- a) *Borda*: Ambiente limítrofe do fragmento, e por isso o mais próximo do sistema produtivo, sofrendo portanto forte influência antrópica.
- b) *Núcleo*: Parte mais preservada do fragmento, principalmente quanto aos reflexos do uso da terra do entorno.
- c) *Clareira*: Parte do fragmento na qual interferências naturais (como queda de árvores) provocaram abertura do dossel. O ambiente de clareira serve como referência para o processo de regeneração natural do fragmento.

Para evitar que as porções limítrofes do fragmento, que apresentam dinâmica não-característica, interferissem nas análises, considerou-se uma bordadura (faixa de transição) com largura de 10 m medidos a partir do contorno do fragmento em direção a seu interior. Descontada essa bordadura, os ambientes internos ao fragmento foram definidos quanto ao nível de interferência do ambiente externo e quanto aos padrões bióticos e abióticos.

Tabela 14.1. Características dos fragmentos analisados: tamanho, inserção na paisagem, métricas de formato e localização.

Fragmentos	Área (ha)	Compartimento geológico	Perímetro (m)	Circularidade	Perímetro/área (m ⁻¹)	Localização
Alê	19,26	Terciário	2 400	0,44	124,6	22°35,626'S 42°51,443'W
Ana Pasto	8,46	Terciário	1 560	0,54	184,4	22°31,138'S 42°50,073'W
Macumba	21,24	Proterozoico	3 300	0,77	155,4	22°39,786'S 42°48,364'W
Mestre	3,15	Terciário	1 020	0,69	323,8	22°38,835'S 42°49,120'W
Pista de Concreto	10,98	Proterozoico	2 160	0,74	166,7	22°38,973'S 42°48,541'W
Empurrão	7,5	Terciário	1 620	0,64	216,8	22°40,280'S 42°48,433'W

Para padronizar a representatividade da área amostrada e avaliar o gradiente do efeito da borda para dentro do fragmento, selecionou-se uma faixa de 20 m de largura no ambiente de borda e outra no de núcleo, reservando-se uma distância de 10 m entre essas duas faixas para servir como bordadura entre os diferentes ambientes (pontos amostrais ilustrados na Figura 2.3 do Capítulo 2).

Nos ambientes de clareira, em razão da variabilidade da área de abertura, a largura de 20 m nem sempre pôde ser atendida, mas considerou-se uma bordadura de no mínimo 10 m em relação ao núcleo.

Em cada um desses ambientes foram estabelecidas nove parcelas de 2 m x 1 m para avaliação da composição florística e estrutura do banco de plântulas (Figura 14.1). Quanto à composição florística, os indivíduos foram diferenciados em espécies quando possível, ou apenas em morfotipos, gêneros ou famílias.

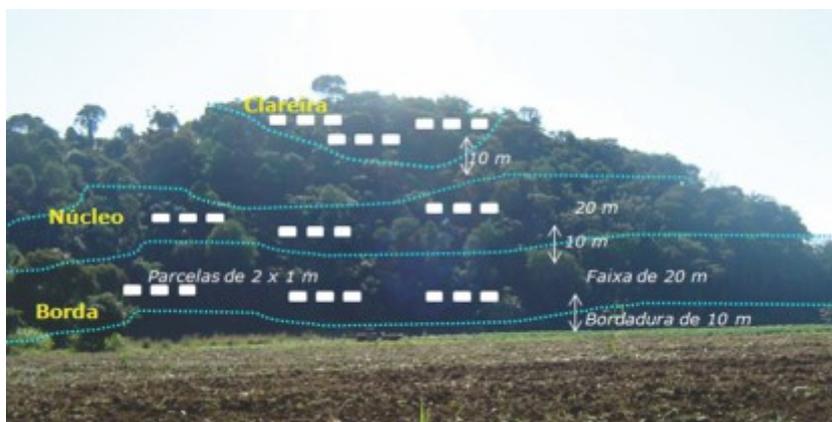


Figura 14.1. Distribuição dos ambientes, faixas de avaliação da borda e do núcleo, bordadura entre ambientes e parcelas amostradas nos fragmentos.
Foto: Mariella Camardelli Uzêda.

A diferenciação em morfotipos foi adotada quando os indivíduos não apresentaram características definidas, possibilitando apenas afirmar que se tratava de espécies distintas, mas não identificadas (Figura 14.2).



Figura 14.2. Alguns dos detalhes levados em conta para a identificação sistemática.
A: Posicionamento e formato das folhas.
B: Nervuras, melhor observadas no verso das folhas.
Foto: Mariella Camardelli Uzêda.

Para caracterizar a estrutura do banco de plântulas, avaliou-se a abundância de cada uma das espécies. Tal avaliação foi realizada somente nos casos em que se desejava analisar a interferência da

paisagem em que os fragmentos estavam imersos (Alê, Ana Pasto, Macumba e Pista de Concreto). Nesses fragmentos cada um dos indivíduos foi marcado com plaqueta, visando-se o monitoramento da regeneração desses remanescentes florestais (Figura 14.3).



Figura 14.3. A: Parcela de monitoramento de banco de plântulas.
B: Plântula marcada para monitoramento da regeneração do fragmento a longo prazo.

Foto: Mariella Camardelli Uzêda.

Os dados obtidos foram analisados qualitativamente, considerando-se as famílias e espécies mais frequentes e seus respectivos papéis funcionais. Também foram utilizadas técnicas explanatórias quantitativas, como a análise de agrupamento por similaridade.

Resultados e discussão

As espécies arbóreas se distribuem de distintas formas em seu hábitat. Algumas se dispõem como indivíduos isolados de seus semelhantes e outras em conglomerados. Assim, é possível considerar que os fragmentos florestais, uma vez separados da mata contínua, passam a depender de fragmentos vizinhos para se enriquecerem com propágulos que lhes permitam manter sua biodiversidade original.

Em fragmentos sob forte pressão externa ou distantes de fontes de propágulos, a biodiversidade tende a se reduzir, com progressiva

substituição de espécies secundárias por pioneiras. Isso torna os fragmentos mais vulneráveis e entregues a um ciclo de degradação e desaparecimento que independe do desmatamento (SILVA; TABARELLI, 2000). Em paisagens fortemente fragmentadas, as plântulas são a expressão dos propágulos oriundos do próprio fragmento e de fontes externas que venceram barreiras de dispersão, mecanismos de dormência e alterações bióticas e abióticas, chegando a germinar (CORLETT; PRIMACK, 2006).

Nos fragmentos avaliados foram encontradas 41 espécies de plântulas. Considerando-se o total de indivíduos potencialmente diferentes encontrados, 39 foram diferenciadas apenas por morfotipo, 56 por gênero e 61 por família.

Entre os indivíduos identificados de maneira mais precisa, predominaram as famílias Myrtaceae, Sapindaceae e Lacistemataceae, as quais incluem espécies típicas da Mata Atlântica, todas elas zoocóricas, dependendo portanto de dispersores para sua disseminação.

A dominância de espécies zoocóricas faz com que a manutenção da regeneração desses fragmentos dependa ainda mais da matriz em que estão imersos. Naqueles em que a formação de bordas ocorreu há muito tempo (bordas velhas) a baixa disponibilidade de propágulos está relacionada à morte de árvores mais fecundas (LAURANCE, 2000; LAURANCE et al., 2003) e à ausência de polinizadores e dispersores, resultando em empobrecimento do banco de plântulas (GALETTI et al., 2006; CRAMER et al., 2007).

A intensidade do envelhecimento das bordas e a estagnação do processo regenerativo dos fragmentos dependem grandemente do tipo da matriz em que este se situa e do manejo aplicado a esta (LAURANCE et al., 2007). A possibilidade de chegada de propágulos provenientes de fontes próximas e os manejos da terra que facilitem a ação de dispersores são aspectos determinantes para a manutenção do sucesso regenerativo dos fragmentos (SÁNCHEZ-GÁLLEN et al., 2010).

Para melhor entendimento da composição florística dos ambientes internos do fragmento (borda, núcleo e clareira), procedeu-se a uma análise de agrupamento (Figura 14.4), que permite aglutinar as diferentes áreas estudadas e seus ambientes em função das

semelhanças entre as espécies nelas presentes. Essa análise revelou que praticamente todos os ambientes avaliados na área do Comperj se agrupam (Figura 14.4, em azul), sendo o ambiente de clareira do fragmento Empurrão (EC) o único que se distancia dos demais. Esse ambiente apresenta maior similaridade com os de clareira dos fragmentos Ana Pasto (APC) e Alê (AC).

Os fragmentos internos ao Comperj apresentam portanto similaridades em termos das espécies que compõem seus bancos de plântulas, independentemente de suas grandes diferenças na composição florística de elementos arbóreos adultos (Capítulo 13), o que reflete a grande influência da paisagem no aporte de propágulos para a composição desses bancos.

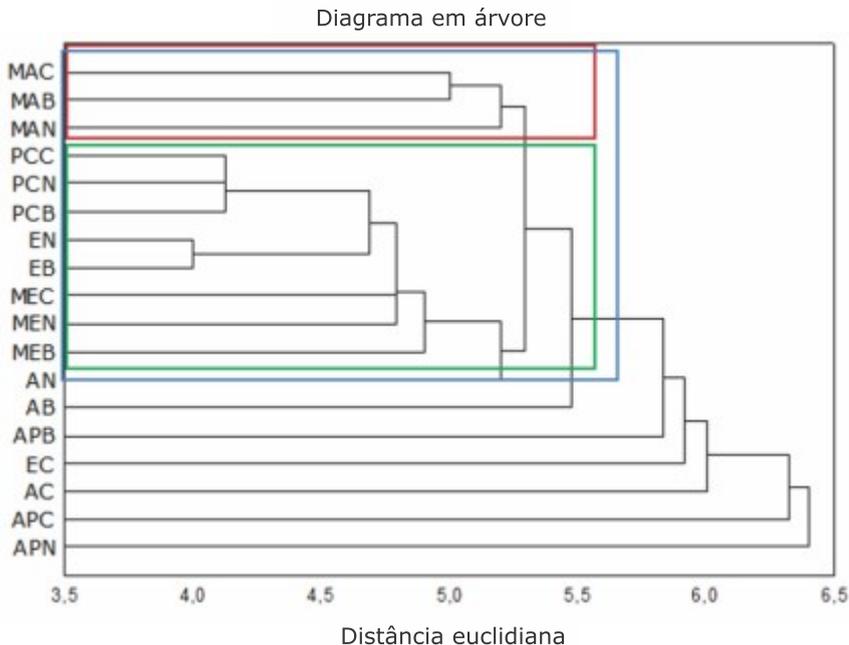


Figura 14.4. Agrupamento por similaridade de espécies presentes nos ambientes dos fragmentos avaliados. Letras iniciais indicam fragmentos: ME: Mestre; E: Empurrão; PC: Pista de Concreto; MA: Macumba; AP: Ana Pasto; A: Alê. Letras finais indicam ambiente: B: borda; N: núcleo; C: clareira.

Observando-se os agrupamentos formados pelos fragmentos situados na área do Comperj, constata-se que os ambientes do fragmento Macumba configuram um grupo destacado dos demais (Figura 14.4), embora sua composição florística de indivíduos adultos (Capítulo 13) seja bastante próxima daquela encontrada no fragmento Mestre. Esse resultado aponta que, apesar de existirem similaridades entre as áreas avaliadas internas ao Comperj, o fragmento Macumba possui peculiaridades possivelmente relacionadas com sua área (21,24 ha), maior que a de fragmentos que formam um segundo agrupamento (Figura 14.4, em verde). Esse segundo agrupamento indica ainda a pequena influência que as condições do solo, a declividade e o compartimento geológico desses fragmentos exercem sobre o banco de plântulas, uma vez que dois estão situados no Terciário (Mestre e Empurrão) e um no Proterozoico (Pista de Concreto).

A Figura 14.5 aponta o número de espécies encontradas nos fragmentos avaliados. Note-se que os fragmentos Mestre e Pista de Concreto apresentaram os menores números de espécies, sem diferença pronunciada entre os ambientes internos aos fragmentos (borda, núcleo e clareira), indicando possivelmente que o efeito de borda está tendo impacto sobre esses fragmentos para além de suas bordas.

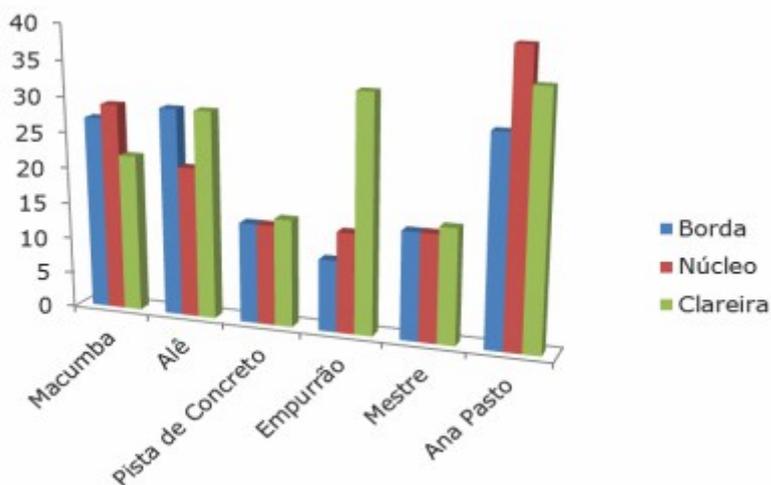


Figura 14.5. Número de espécies encontradas nos diferentes ambientes dos fragmentos avaliados.

Os fragmentos Pista de Concreto (10,98 ha) e Empurrão (7,47 ha) apresentaram resultados discrepantes, apesar de seus tamanhos relativamente semelhantes. Isso pode estar relacionado ao histórico de uso dos fragmentos e de seu entorno, bem como às condições do solo, uma vez que se encontram em ambientes pedológicos distintos.

Os fragmentos internos à área do Comperj apresentam menor riqueza de espécies que aqueles situados na bacia Guapi-Macacu, quais sejam, Alê (19,6 ha) e Ana Pasto (8,46 ha). Apenas o fragmento Macumba (21,24 ha) se equipara em número de espécies de plântulas àqueles localizados fora do Comperj.

Comparando-se os fragmentos Alê e Ana Pasto, ambos externos ao Comperj e em compartimento Terciário, é possível notar que o segundo apresenta maior riqueza de espécies, apesar de possuir cerca de metade da área do primeiro. Os valores de riqueza de espécies encontrados no fragmento Ana Pasto, especialmente nos ambientes de núcleo e clareira, podem ser reflexo não apenas de sua composição de espécies arbóreas, mas também da presença de fragmentos próximos e de agentes dispersores.

Considerando-se apenas os fragmentos internos à área do Comperj, imersos em uma paisagem mais isolada, nota-se que o fragmento Macumba apresenta maior riqueza nos ambientes de núcleo e borda, ainda que sua composição de espécies arbóreas e estrutura florística se assemelhem bastante às do fragmento Mestre (ver Capítulo 13). Esse achado revela a importância do tamanho dos fragmentos para a riqueza de espécies e plântulas.

A Figura 14.6 apresenta os resultados do monitoramento da abundância de indivíduos de plântulas nos fragmentos Alê, Ana Pasto, Macumba e Pista de Concreto. Observando-se o número de indivíduos disponíveis no banco de plântulas nos fragmentos externos ao Comperj, torna-se bastante evidente a maior abundância nos fragmentos Alê e Ana Pasto, quando comparados aos fragmentos Macumba e Pista de Concreto. Esse resultado não só reflete a expressão do banco de sementes, ou seja o aporte de propágulos, como indica maior possibilidade de que as espécies se estabeleçam, dada a maior probabilidade de alguns dos indivíduos resistirem.

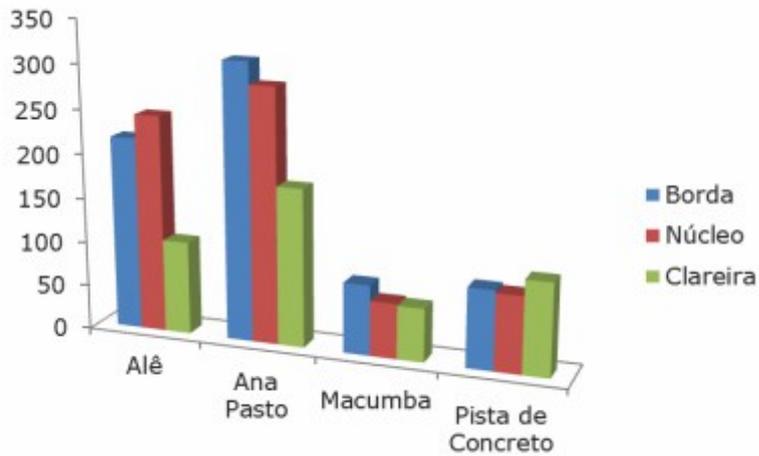


Figura 14.6. Número de indivíduos encontrados nos ambientes dos fragmentos Alê, Ana Pasto, Macumba e Pista de Concreto, nos quais o recrutamento de plântulas está sendo avaliado.

Quando comparados os fragmentos de menor tamanho (Ana Pasto e Pista de Concreto) aos de maior tamanho (Alê e Macumba) (Figura 14.6), nota-se que os primeiros apresentam maior número de indivíduos. No fragmento Pista de Concreto esta informação contrasta com a menor riqueza de espécies (Figura 14.5), destacando a maior dominância de algumas espécies e uma crescente perda da biodiversidade no fragmento pequeno imerso em um entorno pobre em fontes de propágulos.

Os valores encontrados refletem claramente a maior disponibilidade e maior fluxo de propágulos existentes na paisagem na área de inserção dos fragmentos Ana Pasto e Alê, ou seja, fora da área do Comperj.

Os resultados aqui apresentados refletem o esforço da primeira etapa de monitoramento. A manutenção dos levantamentos permitirá não só aprimorar a lista de espécies compilada, mas também qualificar no fluxo de entrada de propágulos as espécies que conseguem manter-se, indicando a tendência de alteração dos fragmentos à medida que as áreas de seu entorno passarem por transformações.

Considerações finais

A maior riqueza e a maior abundância de espécies no banco de plântulas foram encontradas nos fragmentos Alê e Ana Pasto, localizados fora da área do Comperj.

Possivelmente, a imersão em uma matriz que permite maior entrada de propágulos permitiu a manutenção do processo sucessional desses fragmentos, quando comparados com aqueles internos ao Comperj, o que se traduz também em maior aporte de propágulos de espécies arbóreas do próprio fragmento, o qual mantém árvores que ativamente fornecem propágulos, em razão de um efeito de borda menos intenso.

Nos fragmentos internos ao Comperj, o tamanho se mostrou determinante na riqueza de espécies do banco de plântulas. Nesse aspecto, o fragmento Macumba superou os demais. É possível que o maior tamponamento, em termos de efeito de borda, dos ambientes mais internos desse fragmento tenha auxiliado a manutenção de indivíduos fornecedores de propágulos viáveis, que proporcionam um banco de sementes mais rico em espécies.

Portanto, considerando-se as possibilidades de intervenção na área do Comperj, implementar uma interconexão entre o fragmento maior (Macumba, de 21,24 ha) e os menores (Pista de Concreto, Empurrão e Mestre, respectivamente de 10,98, 7,5 e 3,15 ha) pode constituir uma notável intervenção para o fortalecimento do intercâmbio de propágulos entre os fragmentos internos a essa área.

A continuidade da investigação apontará o reflexo que o manejo adotado nas áreas de entorno dos fragmentos terá sobre a diversidade do banco de plântulas da área do Comperj, bem como sobre a capacidade de recrutamento nos diferentes ambientes dos fragmentos avaliados. Isso possibilitará avaliar quão eficaz a recuperação das áreas desflorestadas do Comperj tem sido para o incremento da circulação de propágulos e a contribuição desse incremento para a regeneração dos fragmentos.

O histórico de uso dos fragmentos condiciona a expressão do banco de plântulas, uma vez que os propágulos dependem de características ambientais que podem haver se alterado em função de

utilizações anteriores. O levantamento desse histórico de uso constitui, portanto, aspecto fundamental para melhor entendimento dos resultados obtidos.

Referências

BENITEZ-MALVIDO, J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Influence of edge exposure on tree seedlings recruitment in tropical forest fragments. **Biotropica**, v. 35, n. 4, p. 530-531, 2003a.

BENITEZ-MALVIDO, J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Impact of forest fragmentation on understory plant species richness in Amazonia. **Conservation Biology**, v. 17, n. 2, p. 389-400, 2003b.

BIERREGAARD, I. L. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; SANTOS, A. E.; HUTCHINGS, R.W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **Bioscience**, v. 42, p. 859-866, 1992.

BROKAW, N. Fragments, past, present and future. **Tree**, v. 13, p. 382-383, 1998.

CLARK, J. S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLE RIS LAMBERS, J.; LICHTER, J.; MACLACHLAN, J.; MOHAN, J.; WYCKOFF, P. Interpreting recruitment limitation in forests. **American Journal of Botany**, v. 86, p. 1-16. 1999.

CORLETT, R.; PRIMACK, R. Tropical rainforests and the need for cross-continental comparisons. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 21, p. 104-110, 2006.

CRAMER, J. M.; MESQUITA, R. C. G.; BENTOS, T. V.; MOSER, B.; WILLIAMSON, G. B. Forest fragmentation reduces seed dispersal of *Duckeodendron cestroides*, a central Amazon endemic. **Biotropica**, v. 39, p. 709-718, 2007.

DALE, V. H.; BROWN, S.; HAEUBER, R. A.; HOBBS, N. T.; HUNTLY, N.; NAIMAN, R. J.; RIEBSAME, W. E.; TURNER, M. G.; VALONE, T. J. Ecological principles and guidelines for managing the use of land. **Ecological Applications**, v. 10, p. 639–670, 2000.

DAUBER, J. E; WOLTERS, V. Species richness of ants in the land use mosaic of a marginal landscape. **Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie**, v. 12, p. 281–284, 2000.

GALETTI, M.; DONATTI, C. I.; PIRES, A. S.; GUIMARÃES JUNIOR, P. R.; JORDANO, P. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic Forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 151, p. 141-149, 2006.

GASCON, C.; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. Receding edges and vanishing fragments. **Science**, v. 288, p. 1356-1358, 2000.

HARPER, K. A.; MACDONALD, E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAURDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E. S.; ROBERTS D.; JAITEH M. S.; ESSEN, P. A. Edge influence on forest structure and composition in fragments landscape. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

LAURANCE, W. F. Do edge effects occur over large spatial scales? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p. 134-135, 2000.

LAURANCE, W. F.; MERONA, J. M. R.; ANDRADE, A.; LAURANCE, S. G.; D'ANGELO, S.; LOVEJOY, T. E.; VASCONSELOS, H. L. Rain forest fragmentation and fenology of Amazonian tree communities. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 343-347, 2003.

LAURANCE, W. F.; NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, S. G.; ANDRADE, A.; EWERS, R. M.; HARMS, K. E.; LUIZÃO, R. C. C. E RIBEIRO, J. E. Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. **Public Library of Science Biology**, v. 2, p. 1017, 2007.

LAWTON, J. H. Concluding remarks: a review of some open questions. In: HUTCHINGS, M. J.; JOHN, L. A.; STEWART, A. J. A (Ed.). **The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity**. Malden: Blackwell Science, 2000.

MATLACK, G. R. Vegetation dynamics of the forest edge: trends in space and successional time. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 113-123, 1994.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

PHILIPS, O. L.; GENTRY, A. H. Increasing turnover through time in tropical forest. **Science**, v. 263, p. 954-958, 1994.

POORTER, L.; ARETS, E. J. M. N. Light environment and tree strategies in a Bolivian tropical moist forest: an evaluation of the light partitioning hypothesis. **Plant Ecology**, v. 166, p. 295-306, 2003.

SANCHÉZ-GÁLLEN, I.; ÁLVAREZ-SANCHÉZ, F. J.; BENÍTEZ-MALVIDO, J. Structure of advanced regeneration community in tropical rain Forest of Los Tuxtlas, México. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2111-2118, 2010.

SIH, A. B. G.; LUIKART, G. Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, p. 132-134, 2000.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the atlantic rain Forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 404, p.72-74, 2000.

UZÊDA, M. C. U.; FIDALGO, E. C. C.; IGUATEMY, M. A. ALVES, R. C. **Explorando as relações entre estrutura da paisagem e atributos de qualidade de fragmentos em região de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. No prelo.

*Annete Bonnet
Carlos Fernando da Cunha
Gustavo Ribas Curcio
Alexander Silva de Resende
Fernando Lima Aires Gonçalves
Alexandre Uhlmann*

Introdução

Epífitos são plantas que utilizam outras plantas como suporte, seja durante toda sua vida ou em parte significativa dela. Vivem geralmente sobre árvores, mas alguns crescem também sobre arbustos ou mesmo cipós. Os epífitos são importantes componentes das florestas tropicais e o conhecimento de sua dinâmica de colonização tem grande importância para o sucesso de projetos de restauração ambiental e implantação de florestas nativas em que estas espécies sejam utilizadas.

O Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) localiza-se em uma região destacadamente rica em epífitos, como é a Floresta Ombrófila Densa do estado do Rio de Janeiro, principalmente devido às famílias de orquidáceas e bromeliáceas. A inserção de epífitos no projeto de restauração da vegetação do Comperj constitui abordagem inédita no país, exigindo um trabalho integrado de levantamento, monitoramento, experimentação e discussão dos dados e incluindo, se necessário, ajustes metodológicos ao longo das etapas.

Este capítulo trata dos epífitos vasculares¹ observados na área do empreendimento. Descrevem-se os resultados da primeira etapa do monitoramento na área, em florestas dos compartimentos Proterozoico e Terciário, assim como nas formações arbustivas de planícies do Quaternário. São também apontadas as espécies de epífitos registradas nos arredores da área do Comperj, as quais servirão de parâmetros comparativos.

¹ Epífitos vasculares são os que apresentam tecidos condutores de água e de nutrientes.

Características gerais dos epífitos vasculares

As plantas epifíticas perfazem aproximadamente 10% de toda a flora vascular descrita, mas grande parte de suas espécies concentra-se em poucas famílias, como Orchidaceae, Araceae, Bromeliaceae e Polypodiaceae (GENTRY; DODSON, 1987). Mais do que qualquer outra, a família Orchidaceae obteve, ao longo do processo evolutivo, sucesso na colonização de troncos e ramos de árvores, com aproximadamente 70% da família adaptada ao ambiente epifítico (BENZING, 1990). As famílias mais populares são de bromélias e orquídeas, que historicamente são removidas de florestas situadas ao longo de toda a costa brasileira, com o objetivo principal de ornamentar casas e jardins.

Os levantamentos florísticos apontam que as plantas epifíticas podem representar até 50% da flora existente em florestas tropicais úmidas, como as originalmente predominantes na área do Comperj. Dentre os estudos que focalizam principalmente o sul e o sudeste do Brasil, um levantamento (FONTOURA, et al., 1997) chegou a registrar até 293 espécies de epífitos na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Rio de Janeiro, Unidade de Conservação situada na serra dos Órgãos, que por sua vez se constitui no conjunto de formas de relevo mais elevadas nas vizinhanças do Comperj.

Sendo plantas que vivem sobre árvores, os epífitos necessitam de um conjunto de condições ambientais propícias a sua sobrevivência, desde as climáticas até as relacionadas a elementos estruturais da floresta, como altura e diâmetro das árvores. No entanto, a umidade relativa do ar é certamente o principal fator condicionante da diversidade epifítica. A distribuição de espécies e de indivíduos epifíticos tende a concentrar-se nas florestas úmidas tropicais do planeta, ao passo que em ambientes mais secos esses números são caracteristicamente menores.

Em menor escala, considerando-se a distribuição na paisagem, o grande diâmetro das árvores-suporte, quer componham florestas ou vivam isoladamente, exerce influência positiva sobre a riqueza de epífitos (FLORES-PALACIOS; GARCÍA-FRANCO, 2006; BONNET et al., 2010). Para estas plantas, as árvores de grande porte, que normalmente também são as mais antigas, representam superfícies que estão há

longo tempo expostas no ambiente para recepção de sementes. Árvores com maiores diâmetros de tronco e de galhos também abrigam naturalmente mais espécies e maior número de epífitos porque oferecem maior superfície para a fixação destes. Árvores de maiores dimensões proporcionam, ademais, microclimas distintos (combinações de umidade, luminosidade e temperatura) nas diferentes zonas do tronco e da copa, aumentando a disponibilidade de locais e condições favoráveis aos epífitos. Por outro lado, árvores de crescimento rápido tendem a ser menos longevas na floresta, não alcançando grandes diâmetros, o que desfavorece a instalação de epífitos.

São diversas as funções exercidas pelos epífitos e suas relações com organismos da fauna nos ecossistemas. Bromélias que crescem no ambiente epifítico proporcionam ambientes propícios a anfíbios anuros (sapos, rãs e pererecas), lagartos e serpentes, que nelas colocam ovos, abrigam-se e forrageiam, podendo até passar a vida inteira associados com essas plantas (ROCHA et al., 2004). Aves utilizam bromélias como locais de procura de alimento e para fazer seus ninhos. A simples presença de bromélias, fornecendo uma variedade de recursos e aumentando a diversidade dos ambientes das florestas, é considerada como responsável pela maior diversidade da fauna em algumas regiões. Piperáceas, aráceas e orquídeas crescem entre bromélias que formam verdadeiros “tanques” de água suspensos, protegendo-se entre suas folhas e germinando de sementes capturadas pelas amplas rosetas de folhas sobrepostas. A água que se acumula nas rosetas de bromélias constitui recurso disponível para todo o ecossistema.

Considerando-se que as plantas epifíticas necessitam de outras plantas – tipicamente árvores – como suporte, a eliminação de florestas na região do Comperj teve efeito devastador sobre essas comunidades. O longo e intenso uso do solo com sucessivos sistemas produtivos (descritos no Capítulo 3) resultou em ambientes praticamente desprovidos de árvores, e os fragmentos florestais que restaram mostram-se funcionalmente empobrecidos. Esse quadro se traduz em pouca disponibilidade e baixa qualidade de suporte para os epífitos.

O restabelecimento da cobertura florestal na área do empreendimento incrementará os locais para colonização pelos

epífitos, além de promover diversificação de microclimas e da fauna de polinizadores e dispersores. Um adequado entendimento da dinâmica das comunidades de epífitos nessa área se aprimorará com subsequentes atividades de monitoramento, registrando-se as alterações ocorridas na diversidade ao longo dos sete anos de trabalho e, assim, suas possíveis implicações no processo de restauração ambiental.

Com esses aspectos em vista, este capítulo tem por objetivos focalizar as espécies de epífitos observadas na área do Comperj, com destaque para aquelas registradas nas áreas pré-definidas para monitoramento, discutir suas relações com os ambientes de ocorrência e comparar sua riqueza com a existente nos arredores do empreendimento.

Métodos

O levantamento florístico de epífitos foi realizado em 2009 e 2010, tanto em locais internos ao Comperj quanto nos externos a essa área. O método escolhido para registro das espécies em ambas as situações foi o caminhamento livre, que consiste em percorrer trilhas observando atentamente a vegetação e registrando dados de interesse. Na área do Comperj, foram assim verificados os fragmentos florestais remanescentes e árvores que pertenciam às antigas propriedades (atualmente desapropriadas), assim como as que se encontram isoladas em pastagens ou margeando estradas. Nos arredores do Comperj, exploraram-se fragmentos florestais em diversos estágios de recuperação, bem como árvores isoladas em propriedades e beiras de estrada. Essas áreas externas visitadas distribuem-se na bacia Guapi-Macacu, nas proximidades do empreendimento, sempre com altitudes semelhantes às do Comperj. Tanto na área do Comperj como em seus arredores, os fragmentos florestais situados em encostas pertencem aos compartimentos Proterozoico e Terciário, enquanto aqueles presentes em planícies fazem parte do compartimento Quaternário (Capítulo 1).

Durante o percurso em campo, os epífitos foram observados a olho nu e/ou com binóculo. Os exemplares férteis foram coletados

utilizando-se técnicas de escalada simples ou, quando possível, a partir do solo. As plantas coletadas foram secas e prensadas para armazenamento em herbários e estão sendo utilizadas para identificação em nível específico. Aquelas já identificadas foram enviadas ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro, ao Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná (em Curitiba) e à Embrapa Florestas (em Colombo, também no Paraná) para depósito em herbários.

Para monitoramento da colonização dos epífitos, selecionaram-se seis áreas internas aos limites do Comperj (Figura 2.2 do Capítulo 2), sendo duas pertencentes a cada compartimento (Proterozoico: PF1 e PF2; Terciário: TF1 e TF2; Quaternário: QT1 e QT2). Essas áreas, bem como as parcelas delimitadas para coleta, são as mesmas utilizadas no estudo da vegetação arbórea do Comperj (Capítulo 13). Quatro parcelas foram delimitadas em cada uma das áreas nos compartimentos Proterozoico e Terciário: uma parcela de 20 m x 5 m na borda da floresta e outras três de 20 m x 10 m nos terços inferior, médio e superior da encosta, totalizando 700 m² em cada área. Nas duas áreas do Quaternário, situadas em planície, as parcelas foram alocadas lado a lado, sempre de 2 m de largura mas de comprimentos variáveis, totalizando 330,8 m² amostrados em uma dessas áreas e 162,8 m² na outra. Nas áreas situadas nos compartimentos Proterozoico e Terciário foram inspecionadas as árvores incluídas na fitossociologia do componente arbóreo, ou seja, com diâmetro à altura do peito maior que 15 cm, registrando-se as espécies de epífitos nelas existentes. Nas áreas do Quaternário foram verificados, quanto aos epífitos, todos os indivíduos lenhosos com altura superior a 1 m. As mesmas avaliações serão realizadas nas demais campanhas de monitoramento, aos quatro e aos sete anos do projeto, para verificar o aumento na riqueza de epífitos e no número de árvores colonizadas.

Resultados e discussão

Registraram-se dentro dos limites do Comperj 28 espécies de epífitos vasculares (Tabela 15.1), pertencentes a cinco famílias. Esse número pode ser considerado baixo se comparado com a riqueza

registrada nos arredores do empreendimento: 49 espécies, distribuídas em 13 famílias. Provavelmente, o número de espécies nesse entorno deve ser ainda muito superior, principalmente se contempladas as florestas protegidas por Unidades de Conservação e localizadas em maiores altitudes na serra dos Órgãos.

Tabela 15.1. Epífitos vasculares registrados na área do Comperj e arredores, considerando-se os diferentes compartimentos geológicos.

Famílias espécies	Compartimentos Arredores		
	Q	T	P
Araceae (9 espécies)			
<i>Anthurium pentaphyllum</i> (Aubl.) G. Don			x
<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl.		x	x
<i>Anthurium solitarium</i> Schott			x
<i>Epipremnum aureum</i> (Linden & Andre) G.S. Bunting*	x	x	x
<i>Monstera adansonii</i> var. <i>klotzschiana</i> (Schott) Madison		x	x
<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott			x
<i>Philodendron</i> cf. <i>cordatum</i> Kunth.	x		
<i>Philodendron pedatum</i> (Hook.) Kunth			x
<i>Syngonium podophyllum</i> var. <i>podophyllum</i> Schott*	x	x	x
Balsaminaceae (1 espécie)			
<i>Impatiens walleriana</i> Hook. f.*			x
Bromeliaceae (18 espécies)			
<i>Aechmea fasciata</i> (Lindl.) Baker			x
<i>Aechmea nudicaulis</i> Griseb.	x	x	xx
<i>Hohenbergia augusta</i> Mez in Mart.			x
<i>Neoregelia concentrica</i> L.B. Sm.			x
<i>Neoregelia farinosa</i> (Ule) L.B. Sm.			x
<i>Quesnelia quesneliana</i> (Brongn.) L.B. Sm.		x	x
<i>Quesnelia edmundoi</i> L.B. Sm. var. <i>edmundoi</i>			x
<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn.			x
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	x	x	x
<i>Tillandsia</i> sp.			x
<i>Tillandsia stricta</i> Sol. ex Sims.		x	x
<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.			x
<i>Tillandsia tricholepis</i> Baker	x	x	x
<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.			x
<i>Vriesea carinata</i> Wawra			x
<i>Vriesea friburgensis</i> Mez	x	x	x
<i>Vriesea philippocoburgii</i> Wawra	x		
<i>Vriesea rodigasiana</i> E. Morren			x
Cactaceae (7 espécies)			
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.			x
<i>Lepismium cruciforme</i> (Vell.) Miq.			x
<i>Rhipsalis lindbergiana</i> K. Schum.	x	x	xx
<i>Rhipsalis mesembryanthemoides</i> Haw.		x	
<i>Rhipsalis pachyptera</i> Pfeiff.	x	x	x
<i>Rhipsalis teres</i> Steud.			x
<i>Selenicereus anthonyanus</i> (Alexander) D.R. Hunt*	x		
Commelinaceae (1 espécie)			
<i>Tradescantia</i> cf. <i>zebrina</i> * Bosse			x
Dryopteridaceae (1 espécie)			
<i>Rumohra adiantiformis</i> (G. Forst.) Ching			x

Famílias espécies	Compartimentos			Arredores
	Q	T	P	
Gesneriaceae (1 espécie)				
<i>Codonanthe crassifolia</i> (Focke) C.V. Morton in Standl.				x
<i>Codonanthe gracilis</i> (Mart.) Hanst.				x
Lomariopsidaceae (1 espécie)				
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott				x
Moraceae (1 espécie)				
<i>Ficus</i> sp.				x
Orchidaceae (3 espécies)				
<i>Polystachya concreta</i> (Jacq.) Garay & H.R. Sweet				x
<i>Rodriguezia bracteata</i> (Vell.) Hoehne				x
<i>Papilionanthe teres</i> (Roxb.) Schltr.*		x		
Piperaceae (3 espécies)				
<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth				x
<i>Peperomia</i> sp.				x
<i>Peperomia urocarpa</i> Fisch. & C.A. Mey.				x
Polyypodiaceae (13 espécies)				
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schrad.) C. Presl			x	
<i>Microgramma squamulosa</i> (Kaulf.) de la Sota		x		
<i>Microgramma tecta</i> (Kaulf.) Alston				x
<i>Microgramma vacciniifolia</i> (Langsd. & Fisch.) Copel.	x	xx	xx	x
<i>Pecluma pectinatiformis</i> (Lindm.) M.G.Price				x
<i>Pecluma plumula</i> (Willd.) M.G. Price				x
<i>Platyterium</i> sp.*	x		x	
<i>Pleopeltis astrolepis</i> (Liebm.) E. Fourn.		x		
<i>Pleopeltis hirsutissima</i> (Raddi) de la Sota	x	xx	xx	x
<i>Pleopeltis minima</i> (Bory) J. Prado & R.Y. Hirai		x	xx	x
<i>Pleopeltis pleopeltifolia</i> (Raddi) Alston	x	xx	xx	x
<i>Serpocaulon meniscifolium</i> (Langsd. & Fisch.) A.R. Sm			x	x
<i>Polypodium</i> sp.*			x	
Urticaceae (1 espécie)				
<i>Pilea microphylla</i> Liebm.*				x
Total de espécies nos compartimentos	15	20	12	49
Total de espécies		28		

* Espécie exótica; x: espécie registrada no levantamento; xx: espécie registrada também nas parcelas monitoradas; Q: Quartenário; T: Terciário; P: Proterozoico.

Os epífitos são considerados indicadores do nível de conservação de florestas. Assim, o reduzido número de espécies registrado na área do Comperj comprova o quadro de alta degradação ambiental, reduzida cobertura florestal (Capítulo 3) e presença de estágios predominantemente iniciais de sucessão nos fragmentos florestais remanescentes (Capítulo 13). Nessa região do país, particularmente, as condições climáticas (Capítulo 4) e a posição geográfica favorecem fortemente a diversificação epifítica, o que já foi registrado, por exemplo, por Fontoura et al. (1997). No entanto, a contínua exploração dos ambientes pelo homem representou para essas plantas a eliminação de substrato, fator primordial para sua

sobrevivência, pois sem árvores os epífitos não têm onde crescer e reproduzir-se.

A longa prática dos mais diversos sistemas produtivos na região também alterou a qualidade dos ambientes, simplificando as paisagens e reduzindo os locais sombreados, mais úmidos e protegidos dos ventos mais fortes. Espécies epifíticas mais exigentes quanto às condições microambientais não encontram atualmente locais para sobrevivência. Os organismos da fauna responsáveis pela polinização e pela dispersão das sementes também foram prejudicados, o que restringe a possibilidade de diversificação e a sobrevivência de epífitos que dependem da fauna para a reprodução.

Distribuição dos epífitos nos compartimentos do Comperj

Nas planícies do Quaternário foram registradas apenas 15 espécies de epífitos vasculares, na maioria pertencentes às famílias Polypodiaceae e Bromeliaceae (Figura 15.1). Esse resultado reflete principalmente a baixa quantidade de árvores nas áreas pesquisadas, o que se deve tanto à elevada degradação antrópica como aos estágios incipientes de sucessão da vegetação.

Os epífitos foram registrados somente em árvores isoladas, que constituem bons suportes por receberem intensa luminosidade que alcança as várias partes da copa e o tronco. Por sua vez, as outras formas de vegetação presentes nesse compartimento encontram-se em estágios iniciais de sucessão, ou seja, constituem-se de indivíduos arbustivos, lenhosos, de crescimento rápido, com pequenos diâmetros e curta longevidade (Figura 15.1). Tais características, tanto consideradas em conjunto quanto isoladamente, são desfavoráveis aos epífitos (BONNET et al., 2007), que dependem de substrato de boa qualidade e quantidade e disponível por longos períodos para que possam estabelecer-se e sobreviver.



Figura 15.1. Aspecto geral dos ambientes de Quaternário (C e D) e aspecto de algumas espécies de epífitos registradas: A: *Vriesea friburgensis*; B: *Tillandsia tricholepis*; E: *Rhipsalis pachyptera*; F: *Pleopeltis hirsutissima*; G: *Pleopeltis pleopeltifolia*; H: *Aechmea nudicaulis*.
Fotos: Annete Bonnet.

As áreas monitoradas no compartimento Quaternário situam-se em planície sobre solos com elevado grau de hidromorfia – Gleissolos Háplicos (Capítulo 1), em que predominam agrupamentos densos de *Tibouchina trichopoda* (DC.) Baill. (Melastomataceae). Nenhum epífito foi neles observado, o que é coerente com o caráter pioneiro de *T. trichopoda* em solos saturados hidricamente, além de seu pequeno porte (de no máximo 4 m de altura; Figura 15.1C) e rápido crescimento.

Nas áreas do compartimento Terciário, dentro dos limites do Comperj, registraram-se 20 espécies de epífitos, majoritariamente das famílias Bromeliaceae e Polypodiaceae (Figura 15.2), caracterizando esse compartimento como o de maior diversidade em epífitos na área do empreendimento. Esse resultado se deve unicamente ao fato de serem frequentes nessas paisagens árvores isoladas que compunham jardins e pomares das antigas sedes das propriedades (Figura 15.2D).

Como as plantas epifíticas são mais comuns em árvores maiores e mais velhas (ou seja, substratos mais antigos), estas, mesmo que isoladas, servem de suporte à expressiva diversidade de epífitos observada na área do Comperj como um todo. A família Cactaceae é representada nesse compartimento por três espécies nativas. Assim como as bromeliáceas, as cactáceas são importantes nos ecossistemas, pois atraem indivíduos da fauna que consomem seus frutos, aumentando a dinâmica de intercâmbio de propágulos entre os ambientes.



Figura 15.2. Aspecto geral dos ambientes de Terciário (C e D) e espécies de epífitos vasculares registradas: A: *Monstera adansonii*; B: *Quesnelia quesneliana*; E: *Rhipsalis mesembryanthemoides*; F: *Pleopeltis astrolepis*; G: *Anthurium scandens*; H: *Tillandsia stricta*.
Fotos: Annete Bonnet.

Espécies arbóreas exóticas, ou seja, não-originárias dessa região do país, também servem de suporte a epífitos. É o caso dos exemplares de *Mangifera indica* L. (mangueira) que se destacam em um agrupamento próximo às ruínas do convento (Figura 15.2D). Essas árvores, por sua grande carga epifítica, atuam como importante fonte

de propágulos para toda a área², razão pela qual se considera importantíssima a manutenção desses exemplares até a recomposição da estrutura florestal do Comperj, para impulsionar o restabelecimento das comunidades epifíticas nas árvores nativas.

Devido à antiga conformação da Fazenda Macacu e outras propriedades rurais na área do Comperj, as árvores próximas às sedes também possuem epífitos exóticos (Tabela 15.1) introduzidos pelos ex-proprietários, provavelmente para fins ornamentais. No entanto, considerando-se a necessidade de recompor funções ecossistêmicas semelhantes às originais, o componente epifítico deverá também ser nativo, até porque inexistem estudos sobre o caráter invasor de epífitos vasculares. *Epipremnum aureum* (costela-de-adão), em especial, é observada em toda a região do empreendimento, inclusive na forma de pequenos indivíduos, revelando o comportamento invasor da espécie. Ao longo do tempo, os exemplares epifíticos exóticos deverão ser removidos e transferidos para locais destinados essencialmente a fins paisagísticos, nos quais a propagação da espécie possa ser controlada.

Nas florestas monitoradas, estabelecidas sobre solos derivados de rochas do Terciário, registraram-se apenas três espécies de epífitos (Tabela 15.1), o que reflete a estrutura empobrecida dessas formações (Figura 15.2C). Em cada área foram observadas apenas duas espécies epifíticas. Na floresta denominada FT1 predominava *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (cambará), com exemplares que não ultrapassavam 10,5 m de altura e 38 cm de diâmetro. Sete dessas árvores abrigavam epífitos. Na floresta FT2 destacava-se *Attalea humilis* Mart. (pindoba), com máximos de 24 m de altura e 54 cm de diâmetro, registrando-se epífitos em oito árvores. A ausência de indivíduos arbóreos de grande porte e a presença significativa de lianas (cipós) e exemplares de *A. humilis* (uma palmeira) são desfavoráveis aos epífitos. As três espécies epifíticas presentes nas parcelas monitoradas têm caráter pioneiro, ou seja, ocupam o substrato em momentos iniciais da sucessão, apresentam crescimento rápido e são adaptadas a ambientes com alta luminosidade e elevada temperatura.

Nas florestas do compartimento Proterozoico constataram-se apenas 12 espécies de epífitos – a menor diversidade da área –,

² Embora exótica, essa espécie arbórea não apresenta comportamento invasor, dada a ausência de indivíduos jovens na área.

predominantemente das famílias Bromeliaceae e Polypodiaceae, tal como verificado nos demais compartimentos (Figura 15.3). Estas florestas são heterogêneas e exibem dinâmicas sucessionais distintas, algumas com predomínio de cambarás, com baixa riqueza epífita (Figura 15.3A). Têm como característica marcante a presença de duas espécies de palmeiras – *Attalea humilis* e *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret (brejaúba) (Figura 15.3B) – que constituem substrato inadequado para a fixação de epífitos. Ambas provocam forte sombreamento, sendo a primeira acaulescente e a segunda densamente coberta por espinhos, o que resulta em menor disponibilidade de substrato para colonização por epífitos vasculares nessas florestas. Destaca-se também a alta densidade de lianas, observadas em vários fragmentos florestais desse compartimento, como fator negativo para a riqueza epífita, pois ocupam as superfícies do fuste e dos galhos das árvores e podem desalojar os epífitos mecanicamente mesmo quando já fixados.



Figura 15.3. Aspecto geral dos ambientes do Proterozoico (A e B) e espécies de epífitos vasculares registradas: C: *Serpocaulon meniscifolium*; D: *Rhipsalis lindbergiana*; E: *Pleopeltis minima*; F: *Microgramma vacciniifolia*; G: *Philodendron pedatum*.

Fotos: Annete Bonnet.

Nas áreas de monitoramento instaladas em paisagens desenvolvidas sobre rochas do Proterozoico, registraram-se seis espécies epifíticas. Cinco ocorreram em cinco árvores da floresta dominada por cambarás (FP2), cuja altura e diâmetro não ultrapassavam, respectivamente, 15 m e 39 cm. Na outra floresta do compartimento Proterozoico (FP1), onde *Attalea humilis* é a espécie mais frequente, observaram-se três espécies de epífitos colonizando cinco árvores. Nessa floresta, indivíduos arbóreos apresentaram altura e diâmetro máximos de 19 m e 60 cm, respectivamente. Apesar da pronunciada presença de palmeiras, as florestas desse compartimento são as que oferecem maior quantidade de substrato para fixação de epífitos, o que permite esperar maior incremento destes ao longo do período de monitoramento.

Distribuição dos epífitos nos arredores do Comperj

As paisagens externas ao Comperj contêm mais epífitos do que as situadas na área do empreendimento (Tabela 15.1 e Figura 15.4), o que se deve essencialmente ao melhor estado de conservação da vegetação e à proximidade aos remanescentes florestais concentrados nas encostas mais íngremes da serra dos Órgãos, onde a floresta está protegida por várias Unidades de Conservação.

Em paisagens do Quaternário nos arredores do Comperj, a maior concentração de epífitos foi registrada nas florestas que margeiam rios e em árvores isoladas presentes em pastagens e beiras de estrada (Figura 15.4), principalmente próximo à base da serra dos Órgãos. Nas florestas sobre solos derivados de rochas sedimentares do Terciário, as paisagens são intensamente utilizadas com diferentes sistemas produtivos, principalmente para pecuária. Mais raramente se observaram agrupamentos de árvores, e geralmente em estágio inicial de sucessão, com baixíssima riqueza de epífitos. As florestas que cobrem o compartimento Proterozoico nas imediações do Comperj apresentaram níveis de regeneração semelhantes ao de áreas internas ao empreendimento, com poucas espécies epifíticas.



Figura 15.4. Grandes árvores isoladas margeando estrada nos arredores do Comperj (G e H) e espécies de epífitos vasculares ali registrados: A: *Neoregelia farinosa*; B: *Epiphyllum phyllanthus*; C: *Codonanthe gracilis*; D: *Quesnelia edmundoi*; E: *Rodriguezia bracteata*; F: *Aechmea fasciata*; I: *Microgramma tecta*.

Fotos: Annete Bonnet.

Considerações finais

A primeira etapa do monitoramento revelou que as florestas remanescentes no Comperj abrigam poucos epífitos, tanto em número de espécies como de indivíduos. Dada a estreita relação destas plantas com a fauna e mesmo com a flora, essa baixa diversidade epifítica compromete a dinâmica de interação entre os organismos que vivem nos fragmentos florestais da região.

Ambientes localizados nos compartimentos Terciário e Quaternário apresentam maior riqueza de epífitos do que os pertencentes ao Proterozoico. Essa diferença se deve principalmente à presença de árvores isoladas, que sustentam as maiores comunidades epifíticas e devem, por isso, ser mantidas, mesmo quando exóticas, até que os ecossistemas florestais no Comperj se recomponham, de modo a

permitir que, nesse meio-tempo, as comunidades epifíticas sustentadas por árvores nativas tenham oportunidade de se restabelecer.

Referências

BENZING, D. H. **Vascular epiphytes**. Cambridge: University Press, New York, 1990.

BONNET, A.; QUEIROZ, M. H.; LAVORANTI, O. J. Relações de bromélias epifíticas com características dos forófitos em diferentes estádios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa. **Floresta**, Curitiba, v. 37, p. 83-94, 2007.

BONNET, A.; CURCIO, G. R.; LAVORANTI, O. J.; GALVÃO, F. Relações de epífitos vasculares com fatores ambientais nas florestas do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 37-47, 2010.

FLORES-PALACIOS, A.; GARCÍA-FRANCO, J. G. The relationship between tree size and epiphyte species richness: testing four different hypotheses. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 323-330, 2006.

FONTOURA, T.; SYLVESTRE, L. S.; VAZ, A. M. S.; VIEIRA, C. M. Epífitas vasculares, hemiepífitas e hemiparasitas da Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, H. C.; GUEDES-BRUNI, R. R. **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997.

GENTRY, A. H.; DODSON, C. H. Diversity and biogeography of Neotropical Vascular Epiphytes. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 74, p. 205-233, 1987.

ROCHA, C. F. D.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; NUNES-FREITAS, A. F.; ROCHA-PESSOA, T. C.; DIAS, A. S.; ARIANI, C. V.; MORGADO, L. N. Conservando uma larga proporção da diversidade biológica através da conservação de Bromeliaceae. **Vidalia**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 52-68, 2004.

PARTE VII

A fauna



*Maria Alice dos Santos Alves
Maurício Brandão Vecchi
Liliane de Souza Seixas
Christiano Pinheiro da Silva
Victor Marcelo Fernandes*

Introdução

Informações sobre aves podem geralmente ser obtidas com menor esforço que as de outros grupos animais, já que as aves são em sua grande maioria diurnas, relativamente fáceis de observar e têm classificação e distribuição bem conhecidas.

As aves ocupam diferentes ambientes: algumas se ajustam mais facilmente às mudanças ambientais (espécies generalistas), enquanto outras são mais sensíveis a essas alterações (espécies especialistas) (ALVES; SILVA, 2000). Essas características conferem ao grupo grande destaque quando se trata de indicar estratégias de conservação da biodiversidade (ALVES et al., 2009). Por isso, e também por constituírem um grupo de elevada diversidade e de funções ecológicas relativamente bem conhecidas, as aves servem como eficientes indicadores da qualidade ambiental. Muitas espécies são dispersoras de sementes, sendo portanto elementos decisivos para a manutenção dos ambientes em que vivem, o que inclui a promoção de regeneração florestal (HOWE; SMALLWOOD, 1982).

A área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), amostrada no presente estudo, encontra-se bastante alterada devido à pressão antrópica (como descreve o Capítulo 3), tendo possivelmente já perdido boa parcela de suas espécies endêmicas de Mata Atlântica. A regeneração florestal prevista pelo Projeto Corredor Ecológico Comperj, ao auxiliar o estabelecimento da conectividade entre os

poucos fragmentos florestais existentes na área do empreendimento, poderá propiciar o retorno de espécies de aves (assim como de outros grupos da fauna, como mamíferos – focalizados no Capítulo 17) provenientes de áreas protegidas do entorno, com recolonização da área de estudo. Essa ligação entre fragmentos poderá ser importante para que diferentes populações animais, incluindo aves, se mantenham na região a longo prazo, especialmente as espécies que necessitam de grandes áreas conservadas, por não conseguirem ocupar ou atravessar áreas desmatadas.

O objetivo deste primeiro ano de estudos foi realizar um levantamento das espécies de aves existentes no Comperj, retratando a situação inicial de localidades a serem monitoradas conjuntamente pelos demais grupos de pesquisa. Um objetivo adicional foi indicar as espécies de aves mais relevantes, particularmente as dispersoras potenciais de sementes, que possam ser agentes ativos no processo de regeneração florestal.

Métodos

Área de estudo

O presente estudo abrange dados sobre as aves presentes na área de intervenção do Projeto Corredor Ecológico Comperj, compilados ao longo de quatro excursões para amostragem sistematizada em campo, utilizando métodos complementares, em campanhas que ocorreram de outubro de 2009 a julho de 2010.

Em visita de reconhecimento ao local do empreendimento, selecionaram-se seis áreas a serem amostradas com método padronizado, constituindo duas réplicas de três tipos de ambiente: floresta, planície e pastagem (conforme Figura 2.5, Capítulo 2). Os locais de amostragem foram escolhidos em função do tipo de uso e cobertura do solo, uma vez que as aves são mais estritamente associadas a essas características do que às diferenças entre classes de solo. Além disso, as aves respondem apenas a grandes diferenças de altitude, o que descarta a necessidade de considerar os terços das encostas, levados em conta nas demais análises (como descrevem os demais capítulos).

As quatro áreas de encosta amostradas foram designadas com base no tipo de vegetação (floresta ou pastagem) e compartimento geológico: Proterozoico Floresta 1 (PF1), Terciário Floresta 2 (TF2), Proterozoico Pastagem 2 (PI2) e Proterozoico Pastagem 1 (PN1). As duas áreas de planície (Q1 e QN2), ambas com pastagem (incluindo bordas de algumas manchas de *Tibouchina*), situam-se no compartimento Quaternário.

Visando padronizar os estudos de vertebrados, as áreas de amostragem de aves foram selecionadas de modo a coincidir com as selecionadas para mamíferos (Capítulo 17).

Em termos de cobertura vegetal, as áreas de floresta representam fragmentos florestais secundários (já alterados pelo homem) de Mata Atlântica com extensão máxima de cerca de 20 ha (descritos em detalhe no Capítulo 13). As áreas de planície também se apresentam perturbadas, estando na maior parte recobertas por herbáceas e arbustos, além de poucas árvores isoladas. Os estratos inferiores dessas áreas de planície são ambientes alagadiços, cobertos por vegetação característica. As áreas de pastagem na planície, por sua vez, abrangem não só descampados anteriormente utilizados para a pecuária, como também outros trechos alterados antropicamente, como ruínas e construções de alvenaria, além das estradas de acesso e adjacências. Árvores relativamente isoladas em meio à matriz descampada foram também levadas em conta no levantamento de aves nas áreas de pastagem. Ver Capítulo 13 para informações mais completas sobre a flora local.

Amostragem sistematizada das aves

Em cada uma das seis áreas de estudo, demarcou-se uma trilha que contemplasse adequadamente o tipo de ambiente amostrado. As amostragens ocorreram no início da manhã e no fim da tarde, em dias alternados. Os registros visuais foram feitos com binóculo e, quando necessário, gravaram-se vozes de aves para posterior identificação.

Em cada turno de amostragem, procedeu-se a uma transecção linear (percurso a pé em velocidade lenta e constante) (FRANZREB, 1981), além de uma amostragem por pontos fixos distantes 200 m entre

si (HUTTO et al., 1986). Cada transecção durou cerca de 60 min. As aves observadas ou escutadas até 50 m à esquerda ou à direita da linha de percurso foram identificadas, sempre que possível no nível de espécie. Na amostragem por pontos fixos, o observador despendeu 10 min por ponto, registrando apenas as aves detectadas nesse intervalo de tempo em um raio de 50 m do observador.

Especificamente nos dois fragmentos de floresta, também se utilizaram métodos de captura com rede ornitológica¹. Para isso, em cada excursão foram montadas 10 redes em cada trilha e outras cinco redes na borda de cada fragmento de floresta. As redes permaneceram abertas por 7 h a partir do amanhecer, durante dois dias consecutivos. Os indivíduos capturados foram acondicionados em sacos de algodão para contenção, identificados taxonomicamente e individualmente marcados com anilhas metálicas fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa para a Conservação das Aves Silvestres, vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Cemave-ICMBio). Em seguida, os indivíduos foram soltos nos mesmos pontos de captura. No caso de espécies frugívoras, cuja alimentação inclui frutos ou sementes inteiras, coletaram-se, quando possível, amostras de fezes espontaneamente expelidas nos sacos de contenção, pois a partir de sementes nelas contidas podem-se identificar espécies vegetais potencialmente dispersáveis pelas aves. As sementes assim encontradas foram submetidas a germinação pela equipe da Embrapa Agrobiologia (CNPAB), coordenada pelo pesquisador Alexander Resende, visando não só a identificação de plantas cujos frutos são consumidos pelas aves, como também das taxas de germinação após passagem das sementes pelo trato digestivo dessas aves.

As aves frugívoras capturadas foram também marcadas com uma combinação única de anilhas coloridas, o que possibilitará a identificação visual dos indivíduos sem necessidade de recaptura. O método de anilhamento permitirá obter dados sobre a dinâmica populacional e movimentação dos indivíduos na área do empreendimento ao longo do período de monitoramento.

Além das amostragens por transecções e pontos fixos, registraram-se durante os deslocamentos da equipe na área interna do empreendimento todas as espécies de aves ocasionalmente observadas

¹ Estrutura de malha fina, também chamada rede de neblina, capaz de interceptar e reter aves que voam a pouca altura do solo.

ou escutadas, bem como os tipos de ambientes ocupados por elas (floresta, planície ou pastagem). Em algumas ocasiões, foram realizadas rápidas visitas a um fragmento florestal de cerca de 100 ha situado no entorno do Comperj. Embora essas observações ocasionais nessa área externa sejam relevantes para o conhecimento da comunidade de aves em áreas-fontes potenciais, as espécies ali registradas não foram incluídas na análise.

Análise dos dados

As aves registradas no período de estudo foram categorizadas em termos de dieta como frugívoras e não-frugívoras. Essa categorização, baseada em Moojen et al. (1941), Schubart et al. (1965), Motta-Junior (1990), Sick (1997), Naka (2004) e Lopes et al. (2005), servirá para indicar as espécies potencialmente dispersoras de sementes, que constituem um grupo funcional (guilda) de especial relevância para o restabelecimento e manutenção de ambientes florestais.

Com o intuito de indicar outras eventuais espécies relevantes para os ecossistemas da área do Comperj, a lista de espécies registradas no presente estudo foi também confrontada com as listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção em nível regional (ALVES et al., 2000), nacional (MACHADO et al., 2008) e global (IUCN, 2010). Adicionalmente, analisou-se a relação de espécies consideradas endêmicas da Mata Atlântica (BENCKE et al., 2006). As espécies endêmicas e/ou ameaçadas foram também consideradas indicadoras de boa qualidade ambiental, assim como as espécies categorizadas como medianamente ou altamente sensíveis a distúrbios antrópicos (segundo PARKER et al., 1996).

Resultados e discussão

Dados gerais

Somando-se os dados da amostragem sistematizada colhidos nas seis áreas selecionadas e os registros ocasionais obtidos na área do

Comperj, foram registradas 162 espécies de aves na área do estudo, a maioria delas (67%) ocupando mais de um ambiente (Anexo 16.1, que inclui também registros de captura com rede ornitológica nas áreas de floresta).

O total de espécies registrado neste estudo corresponde a 22% das 749 espécies de aves que ocorrem no estado do Rio de Janeiro (GAGLIARDI, 2011). Dario (2010), empreendendo amostragem por pontos fixos em fragmentos de Mata Atlântica isolados por pastagem no sul do Espírito Santo por sete meses ao longo de um ano (contemplando estações seca e chuvosa), registrou 168 espécies de aves, número similar ao encontrado no presente estudo. Entretanto, diferentemente do procedimento adotado na área do Comperj, esse autor incluiu em sua pesquisa fragmentos relativamente maiores (de 12 a 70 ha) em estágio avançado de regeneração. Anjos (2006), pesquisando em 14 fragmentos florestais (de 56 a 564 ha) em área de Mata Atlântica no norte do Paraná, e também utilizando amostragem por pontos fixos durante quatro meses (setembro a dezembro), registrou 142 espécies de aves. Giraudo et al. (2008), por sua vez, investigaram por dois anos fragmentos de diferentes tamanhos em área de Mata Atlântica na Argentina e registraram 124 espécies de aves nos fragmentos considerados pequenos (de 3,5 a 99,3 ha). Em conjunto, esses resultados permitem considerar que a riqueza encontrada pelo presente estudo é relativamente elevada, considerando-se que a riqueza de uma área tende a ser reduzida no caso de fragmentos pequenos e isolados (ANJOS, 2006; GIRAUDO et al., 2008).

Das 162 espécies registradas no presente estudo, 14 não constam na relação de aves conhecidas na região da Serra dos Órgãos (MALLET-RODRIGUES et al., 2007). De maneira geral, essas 14 estão associadas a áreas abertas e incluem não só espécies nativas associadas a áreas de Mata Atlântica de baixada e restinga (como *Cairina moschata* e *Tangara peruviana*), mas também espécies invasoras e/ou exóticas (como *Ramphastos toco* e *Aratinga aurea*).

Tendo-se em conta o registro cumulativo de espécies ao longo dos dias de amostragem (curva do coletor), constata-se que não houve tempo suficiente para pleno conhecimento da riqueza de aves na área. Ainda assim, foram detectadas 47 espécies não registradas em

levantamentos prévios empreendidos para estudos de impacto ambiental (EIAs) do empreendimento. Tais acréscimos incluem a maior parte das espécies consideradas importantes para conservação.

Os ambientes com maior número de espécies (125) foram os de pastagem, seguidos pelos de planície (108) e de floresta (88). Considerando-se a dieta, houve pequena predominância de espécies frugívoras, embora a literatura aponte que apenas 62 espécies locais (38%) incluem frutos em sua dieta.

A elevada riqueza de espécies em ambientes de pastagem pode em parte ser atribuída ao fato de que esse é o ambiente hoje predominante na área do Comperj. Além disso, os ambientes de pastagem incluem árvores isoladas, nas quais ocorrem espécies que não habitam os trechos de gramíneas propriamente ditos.

O ambiente mais rico em espécies também abrigou o maior número de espécies frugívoras: 52 em pastagens, 42 na planície e 39 em florestas (Figura 16.1). Essa ordem, no entanto, se altera quando se considera a proporção de espécies frugívoras em relação à riqueza total por ambiente: as espécies frugívoras representaram 44% da riqueza total nas florestas, 42% na planície e 39% nas pastagens.

Registraram-se 45 espécies de aves indicadoras (sensíveis a distúrbios antrópicos, endêmicas de Mata Atlântica e/ou ameaçadas de extinção). A floresta foi o ambiente com maior número de espécies (27) com ao menos um desses atributos, superando o ambiente de planície (23) e o de pastagem (24) (Figura 16.2). A proporção de espécies indicadoras foi consideravelmente maior em florestas (31%) do que na planície (21%) e em pastagens (19%), o que evidencia a importância de ambientes florestados para a conservação de aves, incluindo as espécies relevantes para manutenção e regeneração dos ecossistemas.

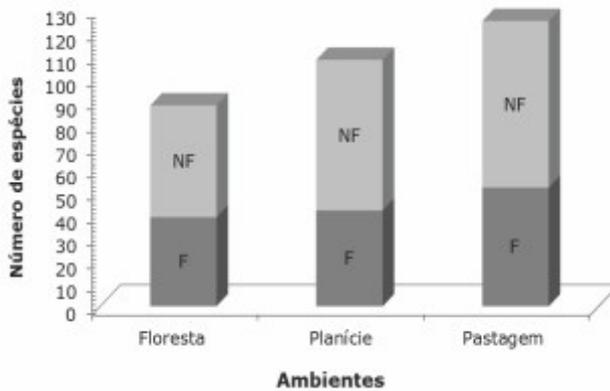


Figura 16.1. Riqueza de espécies de aves frugívoras (F) e não-frugívoras (NF), por tipo de ambiente amostrado.

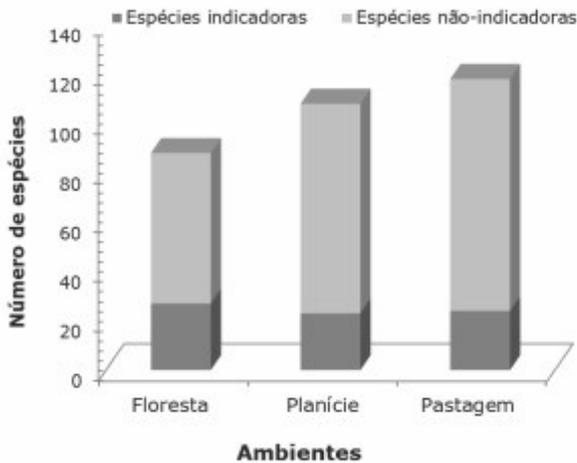


Figura 16.2. Riqueza de espécies de aves indicadoras e não-indicadoras, por tipo de ambiente amostrado.

Três espécies ameaçadas de extinção foram registradas na área do Comperj: *Cairina moschata* (pato-do-mato), categorizada como vulnerável no estado do Rio de Janeiro e única espécie ameaçada de extinção regularmente registrada ao longo das quatro excursões, geralmente nas planícies alagáveis; *Spizastur melanoleucus* (gavião-pato), categorizada como vulnerável no estado do Rio de Janeiro e

associada às florestas de baixada e de encosta, tendo sido observada apenas em outubro de 2009, sobrevoando a área de estudo; e *Tangara peruviana* (saíra-sapucaia) (Figura 16.3), observada apenas na excursão de julho de 2010, categorizada globalmente como vulnerável, além de ser endêmica de Mata Atlântica. Esta última espécie ocorre na costa fluminense como migrante de inverno (ALVES et al., 2004).

Além dessas três, 10 espécies endêmicas de Mata Atlântica foram detectadas (Anexo 16.1). Essas 13, porém, representam apenas 6% do total de espécies de aves endêmicas de Mata Atlântica e ameaçadas no estado do Rio de Janeiro (ALVES et al., 2009).



Figura 16.3. Macho de *Tangara peruviana* (saíra-sapucaia), espécie ameaçada de extinção em nível regional e global.

Foto: Maria Alice S. Alves.

Amostragem sistematizada

As amostragens sistematizadas por transecções, pontos fixos e capturas com rede ornitológica permitiram detectar 119 espécies de aves. A planície alagável foi o ambiente que apresentou maior riqueza (75 espécies), seguida das florestas (73) e das pastagens (68). Ressalte-se que, das 73 espécies registradas em florestas, 17 figuraram apenas nas capturas com rede, método empregado apenas nesse ambiente.

Em termos de espécies que incluem frutos em sua dieta (aqui denominadas aves frugívoras), os ambientes de floresta e de planície alagável apresentaram riquezas similares (31 e 29 espécies, respectivamente), enquanto nas pastagens registraram-se apenas 23. Os ambientes de floresta se destacam quando são consideradas as abundâncias (obtidas pelo número total de registros visuais e auditivos). Enquanto na planície alagável e nas pastagens os frugívoros perfizeram respectivamente 39% e 42% do total de registros individuais, nas florestas essa guilda representou mais da metade (59%) dos registros, como mostra a Figura 16.4.

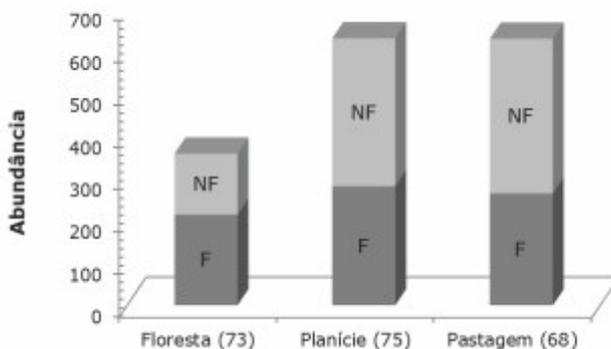


Figura 16.4. Abundância (número total de contatos visuais e/ou auditivos) de aves frugívoras (F) e não-frugívoras (NF), por tipo de ambiente amostrado (no ambiente de floresta, foram incluídas capturas com redes ornitológicas). Valores entre parênteses indicam riqueza de espécies.

Os registros obtidos nas transecções e nas amostragens por pontos fixos (Tabela 16.1) revelam que as espécies típicas de áreas abertas e de ampla distribuição geográfica foram as mais abundantes. Entre elas, figuram *Patagioenas picazuro* (pombão), *Elaenia flavogaster* (guaracava-de-barriga-amarela) e *Crotophaga ani* (anu-preto), espécies que são favorecidas pela redução de ambientes florestais. *Manacus manacus* (rendeira) esteve entre as mais abundantes em ambientes de floresta.

Tabela 16.1. Espécies de aves mais abundantes (com base no número de contatos visuais e/ou auditivos em transecções e pontos fixos), por tipo de ambiente amostrado.

Floresta	Planície	Pastagem
<i>Pitangus sulphuratus</i> (19)	<i>Patagioenas picazuro</i> (52)	<i>Columbina talpacoti</i> (53)
<i>Patagioenas picazuro</i> (18)	<i>Crotophaga ani</i> (50)	<i>Cathartes burrovianus</i> (40)
<i>Manacus manacus</i> (13)	<i>Elaenia flavogaster</i> (35)	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (38)
<i>Leptotila verreauxi</i> (12)	<i>Tyrannus melancholicus</i> (29)	<i>Elaenia flavogaster</i> (37)
<i>Coragyps atratus</i> (10)	<i>Pitangus sulphuratus</i> (25)	<i>Tyrannus melancholicus</i> (31)

Efetuararam-se 132 capturas em ambientes de floresta, que permitiram detectar 37 espécies (Figura 16.5). *Manacus manacus* (rendeira, Figura 16.6) foi a espécie predominante, com 47 capturas (36% do total), seguida de *Celeus flavescens* (pica-pau-de-cabeça-amarela, Figura 16.7A), com 11 capturas, e *Tolmomyias flaviventris* (bico-chato-amarelo, Figura 16.7B), com seis. No entanto, a maioria das espécies (26) foi representada por apenas uma ou duas capturas.



Figura 16.5. Espécies de aves e número de capturas com redes ornitológicas em ambientes florestais.



Figura 16.6. Macho (A) e fêmea (B) de *Manacus manacus* (readeira), espécie frugívora e a mais frequentemente capturada nas áreas de floresta.
Fotos: Maurício Brandão Vecchi.



Figura 16.7. Fêmea de *Celeus flavescens* (pica-pau-de-cabeça-amarela) (A) e *Tolmomyias flaviventris* (bico-chato-amarelo) (B), espécies frequentemente capturadas nos ambientes de floresta.

Fotos: Maurício Brandão Vecchi.

Sete espécies foram registradas na área do Comperj exclusivamente por captura com redes ornitológicas, não tendo sido detectadas por nenhum outro método de amostragem durante o período de monitoramento. Essas espécies tampouco constavam na lista previamente elaborada durante o EIA ou no Relatório de Impactos ao Meio Ambiente (RIMA) do empreendimento. São elas: *Glaucis hirsutus* (balança-rabo-de-bico-torto), *Veniliornis maculifrons* (pica-pauzinho-de-testa-pintada), *Phyllomyias fasciatus* (piolhinho), *Cnemotriccus fuscatus* (guaracavuçu), *Saltator maximus* (tempera-viola), *Lanio melanops* (tiê-de-topete) e *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto).

Das amostras de fezes coletadas de aves capturadas, 27 continham sementes. Em sete dessas amostras (25%) constatou-se germinação. *Manacus manacus* foi a espécie com maior número de amostras de fezes com sementes que germinaram (3). Em quatro outras espécies, houve germinação de sementes de uma amostra: *Ramphocelus bresilius* (tiê-sangue) (Figura 16.8), *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto), *Celeus flavescens* (pica-pau-de-cabeça-dourada) e *Saltator maximus* (tempera-viola). Embora as plântulas germinadas não tenham ainda sido identificadas em nível de espécie, a maior parte é da família Melastomataceae.



Figura 16.8. Macho de *Ramphocelus bresilius* (tiê-sangue), espécie endêmica capturada em borda de floresta.
Foto: Luiz Freire.

Embora apenas alguns grupos indicadores estejam sendo monitorados, a restauração da vegetação na área do Comperj favorecerá a conservação de toda a biota associada. Quanto a isso, cabe destacar que ao longo da primeira excursão (outubro de 2009) houve diversos registros, em áreas de floresta (TF2) e de planície (QN1), de *Parides ascanius* (borboleta-da-praia), lepidóptero endêmico de florestas paludosas fluminenses e ameaçado de extinção nos níveis

regional (OTERO et al., 2000), nacional (FREITAS; BROWN JUNIOR, 2008) e global (IUCN, 2009).

Quinze espécies adicionais de aves foram registradas nas áreas que ao longo desse primeiro ano de monitoramento foram ocasionalmente investigadas nas adjacências do Comperj. Tais espécies incluem as frugívoras especialistas *Procnias nudicollis* (araponga), globalmente ameaçada de extinção, e *Chiroxiphia caudata* (tangará). Registros como esses reforçam a possibilidade de que, no decorrer da restauração florestal e do aumento da conectividade com o entorno, a área seja recolonizada por uma série de espécies de aves de maior relevância para a conservação, incluindo frugívoras especialistas.

Considerações finais

Mesmo com elevado grau de degradação e apresentando poucas espécies essencialmente frugívoras, registrou-se na área amostrada uma riqueza considerável de espécies de aves durante o primeiro ano de monitoramento, com uma curva do coletor ainda em ascensão. Das 162 espécies registradas na área do Comperj, menos da metade inclui frutos em sua dieta. Foram detectadas 13 espécies de maior interesse para conservação, incluindo 10 endêmicas de Mata Atlântica e três ameaçadas de extinção. Nenhuma delas é estritamente frugívora. Merece destaque *Tangara peruviana* (saíra-sapucaia), observada apenas uma vez no Comperj – espécie endêmica de Mata Atlântica e ameaçada, que também inclui frutos em sua dieta e é migrante de inverno na costa fluminense. Essas espécies endêmicas e ameaçadas representam uma pequena fração (6%) do total de espécies dessas categorias no estado do Rio de Janeiro (216) (ALVES et al., 2009). O número de espécies de aves registradas no presente estudo corresponde a 22% do total de espécies de aves do estado do Rio de Janeiro. Embora as 62 registradas na área consumam frutos e possam atuar como dispersoras de sementes, a maioria delas possui dieta generalista. Assim, é provável que nas etapas iniciais da recuperação florestal da área do Comperj não haja entre as aves espécies de grande relevância como dispersoras de sementes. Deve-se porém considerar que, entre as estritamente frugívoras, *Manacus manacus* (rendeira) foi a

espécie mais capturada nas redes ornitológicas. Os resultados desta primeira fase indicam, portanto, que essa espécie deve estar entre as mais importantes para a regeneração e manutenção florestal.

É possível que a médio prazo o processo de revegetação torne a área do Comperj atrativa para aves estritamente frugívoras hoje presentes em fragmentos maiores e em florestas contíguas ao empreendimento, especialmente aves das famílias Pipridae e Cotingidae, de maior sensibilidade a perturbações ambientais. Espera-se que um aumento na representatividade desses grupos, tanto em termos quantitativos como qualitativos, seja constatado ao longo do programa de monitoramento.

A identificação de sementes inteiras nas fezes de *Manacus manacus* e o fato de que essa foi a ave mais frequentemente capturada nos remanescentes florestais do Comperj sugerem que essa espécie possivelmente desempenha importante papel na dispersão vegetal na área do empreendimento. Essa espécie de Pipridae é estritamente frugívora e foi detectada exclusivamente em fragmentos de floresta (Anexo 16.1), neles figurando entre as espécies mais frequentemente registradas. Piprídeos são conhecidos como importantes dispersores de sementes e tendem a ser um dos grupos mais prejudicados pela fragmentação florestal (PIZO, 2001).

Agradecimentos

Agradecemos à equipe da Embrapa Agrobiologia, pela identificação das sementes coletadas nas fezes das aves capturadas; à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e ao Instituto Biomas, pelo apoio logístico; ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (processo 308792/2009-2); e ao Centro Nacional de Pesquisa para a Conservação das Aves Silvestres e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Cemave-ICMBio), pelas licenças de pesquisa e anilhas para marcação das aves. Agradecemos também a todos os integrantes do projeto pelas interações, e particularmente a Alexander Resende e Elaine Fidalgo, pelo inestimável apoio e atenção ao longo de todas as etapas deste estudo.

Referências

ALVES, M. A. S.; PACHECO, J. F.; GONZAGA, L. A. P.; CAVALCANTI, R. B.; RAPOSO, M. A.; YAMASHITA, C.; MACIEL, N. C.; CASTANHEIRA, M. Aves. In: BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (Org.). **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2000. p. 113-124.

ALVES, M. A. S.; SILVA, J. M. C. A ornitologia no Brasil: desenvolvimento, tendências atuais e perspectivas. In: ALVES, M. A. S.; SILVA, J. M. C.; VAN SLUYS, M.; BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D. (Org.). **A ornitologia no Brasil: pesquisa atual e perspectivas**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2000. p. 327-344.

ALVES, M. A. S.; STORNI, A.; ALMEIDA, E. M.; GOMES, V. S. M.; OLIVEIRA, C. H. P.; MARQUES, R. V.; VECCHI, M. B. A comunidade de aves na restinga de Jurubatiba. In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. (Ed.). **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. São Carlos: RiMa, 2004. p. 199-214.

ALVES, M. A. S.; VECCHI, M. B.; CORDEIRO, P.; JENKINS, C. N.; RAPOSO, M. A.; CHAVES, F. G.; ALMEIDA-SANTOS, P. Aves nos remanescentes florestais de Mata Atlântica e ecossistemas associados no Estado do Rio de Janeiro. In: BERGALLO, H. G. et al. (Ed.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. p. 193-208.

ANJOS, L. Bird species sensitivity in a fragmented landscape of the Atlantic Forest in southern Brazil. **Biotropica**, v. 39, p. 229-234, 2006.

BENCKE, G. A.; MAURÍCIO, G. N.; DEVELEY, P. F.; GOERCK, J. (Org.). **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: estados do domínio da Mata Atlântica**. São Paulo: SAVE Brasil, 2006.

CBRO. **Listas de Aves do Brasil**. São Paulo: CBRO, 2009. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br/CBRO/listabr.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

DARIO, F. R. Avifauna em fragmentos florestais da Mata Atlântica no sul do Espírito Santo. **Biotemas**, v. 23, p. 105-115, 2010.

FRANZREB, K. E. A comparative analysis of territorial mapping and variable-strip transect censusing methods. **Studies in Av. Biol.**, v. 6, p. 164-169, 1981.

FREITAS, A. V. L.; BROWN JUNIOR, K. S. *Parides ascanius*. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008. p. 433. 1 v.

GAGLIARDI, R. **Checklist Aves do Estado do Rio de Janeiro** Disponível em: <<http://ricardo-gagliardi.sites.uol.com.br/index.html>>. Acesso em: 26 ago. 2011.

GIRAUDO, A. R.; MATTEUCCI, S. D.; ALONSO, J.; HERRERA, J.; ABRAMSON, R. R. Comparing bird assemblages in large and small fragments of the Atlantic Forest hotspots. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 1251-1265, 2008.

HOWE, H. F.; SMALWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** v. 13, p. 201-228, 1982.

HUTTO, R. L.; PLETSCHE, S. M.; HENDRICKS, P. A fixed-radius point count method for non breeding and breeding season use. **Auk**, v. 103, 593-602, 1986.

IUCN. **IUCN red list of threatened species**. Gland, 2010. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 30 jan 2011.

LOPES, L. E.; FERNANDES, A. M.; MARINI, M. A. Diet of some Atlantic Forest birds. **Ararajuba**, v.13, p. 95-103, 2005.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Ed.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008. 2 v. (Biodiversidade, 19).

MALLET-RODRIGUES, F.; PARRINI, R.; PACHECO, J. F. Birds of the Serra dos Órgãos, State of Rio de Janeiro, Brazil: a review. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.15, p. 5-35, 2007.

MOOJEN, J.; CARVALHO, J. C. M.; LOPES, H. S. Observações sobre o conteúdo gástrico das aves brasileiras. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 36, p. 405-444, 1941.

MOTTA-JUNIOR, J. C. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats terrestres na região central do estado de São Paulo. **Ararajuba**, v.1, p. 65-71, 1990.

NAKA, L. N. Structure and organization of canopy bird assemblages in Central Amazonia. **Auk**, v. 121, p. 88-102, 2004.

OTERO, L. S.; BROWN, K. S.; MIELKE, O. H. H.; MONTEIRO, R. F.; COSTA, J.; MACÊDO, M. V.; MACIEL, N. C.; BECKER, J.; SALGADO, N. C.; SANTOS, S. B.; MOYA, G. E.; ALMEIDA, J. M.; SILVA, M. D. 2000. Invertebrados terrestres. In: BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (Org.). **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2000. p. 53-62.

PARKER III, T. A.; STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W. Ecological and distributional databases. In: STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W.; PARKER III, T. A.; MOSKOVITS, D. K. **Neotropical Birds: ecology and conservation**. Chicago: University of Chicago Press; London: Museum of Natural History, 1996.

PIZO, M. A. A conservação das aves frugívoras. In: ALBUQUERQUE, J. L. B.; CÂNDIDO JUNIOR, J. F.; STRAUBE, F. C.; ROOS, A. L. (Ed.). **Ornitologia e conservação: da ciência às estratégias**. Tubarão: Ed. Unisul, 2001. p 49-59.

SCHUBART, O.; AGUIRRE, A. C.; SICK, H. Contribuição para o conhecimento da alimentação das aves brasileiras. **Arq. Zool.** São Paulo, v. 12, p. 95-249, 1965.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1997.

Anexo 16.1

Anexo 16.1. Espécies de aves registradas nas áreas e tipos de ambientes sistematicamente amostrados por transecções lineares e pontos fixos. Quanto a distúrbios ambientais, as espécies foram categorizadas como de sensibilidade baixa (B), média (M) ou alta (A) (segundo Parker *et al.* 1996); quanto à dieta, como frugívoras (F) ou não-frugívoras (NF); quanto ao status, como ameaçadas de extinção (Am), provavelmente ameaçadas (Pa) ou endêmicas (En). Foram considerados três ambientes: floresta (Fl), pastagem (Pt) e planície alagável (Al). Taxonomia segundo CBRO (2011).

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
TINAMIFORMES					
Tinamidae					
<i>Crypturellus tataupa</i>	inhambuxintã	B	F		Fl, Pt
ANSERIFORMES					
Anatidae					
<i>Cairina moschata</i>	pato-do-mato	M	NF	Am	Al, Fl
<i>Amazonetta brasiliensis</i>	pé-vermelho	B	NF		Al, Pt
GALLIFORMES					
Cracidae					
<i>Penelope superciliaris</i>	jacupemba	M	F		Fl
CICONIIFORMES					
Phalacrocoracidae					
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	biguá	B	NF		Al
Fregatidae					
<i>Fregata magnificens</i>	tesourão	B	NF		Pt
Ardeidae					
<i>Tigrisoma lineatum</i>	socó-boi	M	NF		Al
<i>Nycticorax nycticorax</i>	savacu	B	NF		Pt
<i>Butorides striata</i>	socozinho	B	NF		Al, Pt
<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira	B	NF		Pt
<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura	B	NF		Al
<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande	B	NF		Al, Pt
<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena	B	NF		Al
<i>Pilherodius pileatus</i>	garça-real	M	NF		Al
CATHARTIFORMES					
Cathartidae					
<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha	B	NF		Pt, Fl
<i>Cathartes burrovianus</i>	urubu-de-cabeça-amarela	B	NF		Pt, Fl, Al
<i>Coragyps atratus</i>	urubu-de-cabeça-preta	B	NF		Pt, Al, Fl

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
FALCONIFORMES					
Accipitridae					
<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo	B	NF		Pt, Al
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó	B	NF		FI
<i>Parabuteo unicinctus</i>	gavião-asa-de-telha	B	NF		Pt, Al, FI
<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	gavião-de-cauda-branca	B	NF		Pt
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	águia-chilena	M	NF		FI
<i>Spizaetus melanoleucus</i>	gavião-pato	A	NF	Am	Pt
Falconidae					
<i>Caracara plancus</i>	caracará	B	NF		Pt, Al, FI
<i>Milvago chimachima</i>	carrapateiro	B	NF		Pt, Al, FI
<i>Herpetotheres cachinans</i>	acauiã	B	NF		Pt, FI
<i>Falco sparverius</i>	auiquiriri	B	NF		Pt
GRUIFORMES					
Aramidae					
<i>Aramus guarana</i>	carão	B	NF		Al
Rallidae					
<i>Aramides sp.</i>	saracura				Al
<i>Laterallus melanophaius</i>	sanã-parda	B	NF		Al, Pt
<i>Porzana albicollis</i>	sanã-carijó	M	NF		Al, Pt
<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã	M	NF		Al, Pt, FI
<i>Porphyrio martinica</i>	frango-d'água-azul	B	NF		Al, Pt
Cariamidae					
<i>Cariama cristata</i>	seriema	M	NF		Pt
Jacaniidae					
<i>Jacana jacana</i>	jaçanã	M	NF		Al
CHARADRIIFORMES					
Charadriidae					
<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero	M	NF		Pt, Al, FI
COLUMBIFORMES					
Columbidae					
<i>Columbina minuta</i>	rolinha-de-asa-canela	B	F		Pt, Al, FI
<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa	B	F		Pt, Al, FI
<i>Patagioenas picazuro</i>	pombão	M	F		Pt, Al, FI
<i>Patagioenas cayennensis</i>	pomba-galega	M	F		Al
<i>Zenaida auriculata</i>	pomba-de-bando	B	F		Pt
<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu	B	F		Pt, FI, Al
<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti-gemeadeira	M	F		FI, Pt
PSITTACIFORMES					
Psittacidae					
<i>Primolius maracana</i>	maracanã-do-buriti	M	F	Pa	Al
<i>Aratinga leucophthalma</i>	periquitão-maracanã	B	F		Pt, Al
<i>Aratinga aurea</i>	periquito-rei	M	F		Pt, Al
<i>Brotogeris tirica</i>	periquito-rico	B	F	En	Pt, Al
<i>Amazona sp.</i>	papagaio		F		Pt

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
CUCULIFORMES					
Cuculidae					
<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato	B	NF		FI, AI
<i>Coccyzus melacoryphus</i>	papa-lagarta-acanelado	B	NF		AI
<i>Crotophaga major</i>	anu-coroça	M	NF		AI, Pt, FI
<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Guira guira</i>	anu-branco	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Tapera naevia</i>	saci	B	NF		Pt, AI, FI
STRIGIFORMES					
Tytonidae					
<i>Tyto alba</i>	coruja-da-igreja	B	NF		Pt
Strigidae					
<i>Megascops choliba</i>	corujinha-do-mato	B	NF		FI, Pt
<i>Bubo virginianus</i>	jacurutu	B	NF		Pt
<i>Glaucidium brasilianum</i>	caburé	B	NF		Pt, FI, AI
<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira	M	NF		Pt
<i>Asio clamator</i>	coruja-orelhuda	B	NF		FI, Pt, AI
CAPRIMULGIFORMES					
Caprimulgidae					
<i>Hydropsalis albicollis</i>	bacurau	B	NF		Pt, FI
<i>Hydropsalis maculicauda</i>	bacurau-de-rabo-maculado	M	NF		Pt, AI
<i>Chordeiles nacunda</i>	coruçã	B	NF		Pt
APODIFORMES					
<i>Streptoprocne zonaris</i>	taperuçu-de-coleira-branca	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Chaetura meridionalis</i>	andorinhão-do-temporal	B	NF		Pt, AI
Trochilidae					
<i>Glaucis hirsutus</i>	balança-rabo-de-bico-torto	B	NF		FI
<i>Phaethornis</i> sp.			NF		AI
<i>Phaethornis ruber</i>	rabo-branco-rubro	M	NF		FI
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Chlorostilbon lucidus</i>	besourinho-de-bico-vemelho	B	NF		Pt
<i>Thalurania glaucopis</i>	beija-flor-de-frente-violeta	M	NF	En	FI
<i>Hylocharis sapphirina</i>	beija-flor-safira	B	NF		Pt
<i>Polytmus guainumbi</i>	beija-flor-de-bico-curvo	M	NF		AI
<i>Amazilia fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde	B	NF		FI
CORACIIFORMES					
Alcedinidae					
<i>Megaceryle torquata</i>	martim-pescador-grande	B	NF		AI
<i>Chloroceryle amazona</i>	martim-pescador-verde	B	NF		AI, Pt
<i>Chloroceryle americana</i>	martim-pescador-pequeno	B	NF		AI, Pt
Bucconidae					
<i>Nystalus chacuru</i>	joão-bobo	M	NF		Pt

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
PICIFORMES					
Ramphastidae					
<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu	M	NF		AI
Picidae					
<i>Picumnus cirratus</i>	pica-pau-anão-barrado	M	NF		Pt, FI
<i>Melanerpes candidus</i>	birro, pica-pau-branco	B	NF		Pt
<i>Veniliornis maculifrons</i>	pica-pauzinho-de-testa-pintada	M	NF	En	FI, Pt
<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Celeus flavescens</i>	pica-pau-de-cabeça-amarela	B	F		FI, Pt, AI
PASSERIFORMES					
Thamnophilidae					
<i>Myrmotherula axillaris</i>	choquinha-de-flanco-branco	M	NF		FI
<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i>	chorozinho-de-asa-vermelha	M	NF		FI
<i>Thamnophilus palliatus</i>	choca-listrada	B	NF		AI, Pt, FI
<i>Thamnophilus ambiguus</i>	choca-de-sooretama	B	NF	En	FI, Pt, AI
Furnariidae					
<i>Furnarius figulus</i>	casaca-de-couro-da-lama	B	NF		Pt, AI
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro	B	NF		Pt, AI, FI
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	curutié	B	NF		AI, Pt, FI
Pipridae					
<i>Manacus manacus</i>	rendeira	B	F		FI, Pt, AI
Tityridae					
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	caneleiro-preto	B	F		FI, Pt, AI
Rynchocyclidae					
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	cabeçudo	M	NF		FI
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	bico-chato-amarelo	B	F		FI, Pt
<i>Todirostrum poliocephalum</i>	teque-teque	B	NF	En	FI, AI, Pt
<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	B	NF		Pt, FI, AI
<i>Hemitriccus orbitatus</i>	tiririzinho-do-mato	M	NF	En	FI
<i>Hemitriccus nidipendulus</i>	tachuri-campainha	B	NF	En	FI, AI

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
Tyrannidae					
<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha	B	NF		Pt, Al, FI
<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela	B	F		Pt, Al, FI
<i>Capsiempis flaveola</i>	marianinha-amarela	B	NF		Pt, FI
<i>Phylloscopus fasciatus</i>	piolhinho	M	NF		FI
<i>Attila rufus</i>	capitão-de-saíra	M	F	En	FI, Pt
<i>Legatus leucophaeus</i>	bem-te-vi-pirata	B	F		FI
<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira	B	F		Pt, Al, FI
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado	B	F		Al
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	B	F		Pt, Al, FI
<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro	B	F		Pt, Al, FI
<i>Myiodynastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	B	F		Pt, Al, FI
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	B	F		Pt, Al, FI
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	bem-te-vizinho-de-asa-ferrugínea	B	F		Pt, Al
<i>Myiozetetes similis</i>	bem-te-vizinho-de-penacho-vermelho	B	NF		Pt, FI, Al
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	B	F		Pt, Al, FI
<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha	B	F		Pt, Al
<i>Myiophobus fasciatus</i>	filipe	B	F		Al, Pt
<i>Fluvicola nengeta</i>	lavadeira-mascarada	B	NF		Al, Pt, FI
<i>Arundinicola leucocephala</i>	freirinha	B	NF		Al, Pt
<i>Cnemotriccus fuscatus</i>	guaracavuçu	B	F		Pt, FI
<i>Knipolegus cyanirostris</i>	maria-preta-de-bico-azulado	B	F		Pt
<i>Satrapa icterophrys</i>	suiriri-pequeno	B	F		Pt, Al, FI
<i>Xolmis velatus</i>	noivinha-branca	M	F		Pt, Al
Vireonidae					
<i>Vireo olivaceus</i>	juruviara	B	F		FI, Pt, Al
<i>Hylophilus thoracicus</i>	vite-vite	A	F		FI, Pt, Al
Hirundinidae					
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa	B	NF		Pt, Al
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	B	NF		Pt, Al
<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo	B	NF		Pt, Al
<i>Progne chalybea</i>	andorinha-doméstica-grande	B	NF		Pt, Al
<i>Tachycineta leucorrhoa</i>	andorinha-de-sobre-branco	B	NF		Pt, Al
<i>Hirundo rustica</i>	andorinha-de-bando	B	NF		Pt, Al
Troglodytidae					
<i>Troglodytes musculus</i>	corruira	B	NF		Pt, FI, Al
<i>Pheugopedius genibarbis</i>	garrinchão-pai-avô	B	NF		FI, Pt
Turdidae					
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	B	F		Pt, FI, Al
<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	B	F		Pt, FI, Al
Mimidae					
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo	B	F		Pt, Al
Coerebidae					
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	B	NF		FI, Pt

Táxon	Nome comum	Sensibilidade	Dieta	Status	Ambiente
Thraupidae					
<i>Saltator maximus</i>	tempera-viola	B	F		Fl
<i>Nemosia pileata</i>	saíra-de-chapéu-preto	B	F		Pt, Fl, Al
<i>Tachyphonus coronatus</i>	tiê-preto	B	F	En	Fl
<i>Ramphocelus bresilius</i>	tiê-sangue	B	F	En	Pt, Al, Fl
<i>Lanio pileatus</i>	tico-tico-rei-cinza	B	F		Pt, Fl
<i>Lanio melanops</i>	tiê-de-topete	M	F		Fl
<i>Tangara sayaca</i>	sanhaçu-cinzento	B	F		Pt, Al, Fl
<i>Tangara palmarum</i>	sanhaçu-do-coqueiro	B	F		Al, Fl
<i>Tangara peruviana</i>	saíra-sapucaia	M	F	Am	Pt
<i>Tangara cayana</i>	saíra-amarela	M	F		Pt, Al, Fl
<i>Dacnis cayana</i>	saí-azul	B	F		Pt, Fl
<i>Hemithraupis flavicollis</i>	saíra-galega	M	F		Fl, Pt
<i>Conirostrum speciosum</i>	figuinha-de-rabo-castanho	B	F		Pt, Al, Fl
Emberizidae					
<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico	B	F		Pt
<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo	B	F		Pt, Al
<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra-verdadeiro	B	F		Pt, Al
<i>Emberizoides herbicola</i>	canário-do-campo	B	F		Al, Pt
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	B	F		Pt, Al
<i>Sporophila caerulescens</i>	coleirinho	B	F		Pt, Al
<i>Sporophila leucoptera</i>	chorão	B	F		Al
Parulidae					
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	pia-cobra	B	NF		Al, Pt
<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula	M	NF		Fl
Icteridae					
<i>Gnorimopsar chopi</i>	graúna	B	NF		Pt, Al
Fringilidae					
<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim	B	NF		Pt, Al
Estrildidae					
<i>Estrilda astrild</i>	bico-de-lacre		NF		Pt, Al
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i>	pardal	B	NF		Pt

*Carlos Eduardo de Viveiros Grelle
Reginaldo Honorato
Nadjha Rezende Vieira
Ailton Santana
Renato Crouzeilles*

Introdução

A relação entre a riqueza de espécies e a estabilidade funcional dos ecossistemas é ainda hoje objeto de discussão (como em LOUREAU et al., 2001). No entanto, não resta dúvida de que os processos naturais devem ser preservados e que essa preservação depende da manutenção do maior número possível de espécies e de indivíduos (MYERS; KNOLL, 2001). Isso é particularmente importante nos trópicos, regiões de elevada riqueza de espécies e de complexas interações entre estas.

Os pequenos mamíferos (marsupiais e roedores) são componentes importantes para o funcionamento dos ecossistemas, pois podem influenciar a composição e dinâmica das florestas através de atividades como dispersão de sementes (GRELLE; GARCIA, 1999), polinização (JANSON et al., 1981), predação de insetos (SANTORI et al., 1997) e dieta para carnívoros (WRIGHT et al., 1994). Por existir relação entre a complexidade da vegetação florestal (estratificação) e a riqueza de marsupiais e roedores (GRELLE, 2003), é esperado que, após o início de um processo de revegetação, ocorra retorno de espécies marsupiais e roedoras. Esse retorno aumenta o potencial de dispersão das sementes, o qual, por sua vez, influenciará o padrão de distribuição espacial das plantas e, em alguns casos, poderá incrementar a taxa de germinação de sementes.

Levando-se em conta esses mecanismos, desenvolveu-se o presente estudo, voltado a realizar um inventário e identificar as

espécies de pequenos mamíferos (marsupiais e roedores) na paisagem composta de florestas e pastagens que hoje compõem a área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) e que serão objeto de intervenções visando a recomposição florestal.

Métodos

Para este inventário, utilizaram-se armadilhas de captura dos tipos Sherman (Figura 17.1) e Tomahawk (Figura 17.2), em seis áreas internas aos limites do Comperj: uma floresta estabelecida no compartimento Proterozoico (PF1), uma floresta no Terciário (TF2), duas áreas de pastagem no compartimento Proterozoico (PN1, PI1) e duas outras no Quaternário (uma denominada Quaternário e a outra QT2). Na área QT2 há manchas de arbustos do gênero *Tibouchina*. Essas áreas serviram aos inventários de avifauna, descritos no Capítulo 16.

Os levantamentos de campo foram realizados em duas campanhas, em maio e julho de 2010. Em cada área foram colocadas 60 armadilhas dispostas ao longo de quatro transectos, cada um deles de 210 m. As armadilhas permaneceram abertas por cinco noites em cada uma das campanhas, perfazendo um esforço de captura de 360 armadilhas por noite. Os indivíduos capturados foram marcados com um brinco na orelha e soltos nos mesmos pontos de captura. Isso permitiu registrar as espécies que vivem nas áreas de estudo e suas abundâncias, assim como identificar migrações entre os transectos.



Figura 17.1. Armadilha do tipo Sherman.
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.



Figura 17.2. Armadilha do tipo Tomahawk.
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

Resultados e discussão

Ao todo, foram capturadas sete espécies de pequenos mamíferos (três marsupiais e quatro roedores). Nenhuma migração

entre as áreas de estudo foi registrada. A seguir, descreve-se brevemente a biologia dessas espécies.

A espécie *Philander frenatus* (Didelphimorphia:Didelphidae) (Figura 17.3), conhecida como cuíca-de-quatro-olhos-cinza, ocorre no leste da América do Sul, desde a Bahia até o norte da Argentina, nas províncias de Misiones, Corrientes, Chaco e Formosa (BROWN, 2004). Consome principalmente insetos, pequenos vertebrados e frutas (CÁCERES, 2004; SANTORI et al., 1997). Apresenta hábito noturno, solitário e principalmente terrestre (ROSSI; BIANCONI, 2011). Em regiões altamente fragmentadas, *P. frenatus* se reproduz continuamente ao longo do ano (BARROS et al., 2008). Seu padrão de abundância está relacionado com a precipitação, sendo essa espécie sempre mais abundante nos períodos mais secos (CROUZEILLES et al., 2010a). A maior capacidade direta de deslocamento registrada para a espécie foi de 485 m através de uma matriz de pastagem abandonada (CROUZEILLES et al., 2010b).



Figura 17.3. *Philander frenatus* (Didelphimorphia:Didelphidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

A espécie *Micoureus paraguayanus* (Didelphimorphia: Didelphidae) (Figura 17.4), conhecida como cuíca, ocorre desde o leste do Brasil até o leste do Paraguai. É uma espécie solitária, arborícola, de hábito noturno e habita florestas maduras ou em estágios secundários. Tem dieta insetívora-onívora, parcialmente constituída de frutos (ROSSI; BIANCONI, 2011).



Figura 17.4. *Micoureus paraguayanus* (Didelphimorphia:Didelphidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

Didelphis aurita (Didelphimorphia:Didelphidae) (Figura 17.5), conhecida como gambá-de-orelha-preta ou gambá-de-orelha-grande, possui ampla distribuição no continente sul-americano, tendo sido registrada no Brasil desde o Nordeste (Alagoas e Pernambuco) até o estado do Mato Grosso, e estendendo-se até a Argentina e o Paraguai (CERQUEIRA; TRIBE, 2007). As fêmeas são menores que os machos e possuem marsúpio com no máximo 13 tetas. O tempo de gestação é de 13 dias e os filhotes desmamam em 100 dias. A reprodução pode ocorrer até duas vezes durante a estação reprodutiva (KAJIN et al., 2008). Uma característica da espécie é o cheiro do líquido proveniente de suas glândulas axilares. *D. aurita* tem hábito noturno e os machos possuem área de vida (3,0 ha) maior que as fêmeas (0,4 ha) (ROSSI; BIANCONI, 2011). São animais solitários e utilizam predominantemente o estrato

terrestre, embora muitas vezes usem o estrato arbóreo (CUNHA; VIEIRA, 2002). É uma espécie generalista, de alimentação bem diversa, composta de insetos, répteis, aves e pequenos mamíferos (ROSSI; BIANCONI, 2011). Rademaker e Cerqueira (2006) relacionaram a reprodução de *Didelphis* com a disponibilidade desses recursos. Muitos autores descrevem *D. aurita* como reservatório de parasitos, incluindo *Trypanossoma cruzi* (CERQUEIRA; TRIBE, 2007).



Figura 17.5. *Didelphis aurita* (Didelphimorphia:Didelphidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

Nectomys squamipes (Rodentia:Cricetidae) (Figura 17.6) é uma das duas espécies desse gênero que ocorrem no Brasil. Conhecido com rato-d'água, *N. squamipes* assemelha-se a um rato de tamanho grande, com massa corporal média de 229 g em machos adultos, que são maiores que as fêmeas (BONVICINO et al., 2008). Além de ser noturna, a espécie tem hábito de vida semiaquático, possuindo adaptações ao uso desse ambiente, como membranas interdigitais nas patas, que são grandes e robustas (sendo esta sua principal característica diagnóstica). A cauda é robusta, pouco pilosa, com pelos pequenos, mais densos na face ventral, algumas vezes formando uma espécie de quilha (BONVICINO et al., 2008). As fêmeas podem ter duas a três ninhadas ao ano, dando à luz de cinco a sete filhotes. Fazem ninhos debaixo de troncos e raízes, em vegetações densas (BONVICINO et al., 2008).

Possuem área de vida que varia de 2 200 a 12 000 m² e se alimentam de peixes, fungos, frutos, sementes e artrópodes, como insetos e crustáceos (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). Distribuem-se desde Pernambuco até o norte do Rio Grande do Sul, chegando à Argentina e, provavelmente, Uruguai (ERNEST, 1986). Devido a seu hábito, ocorre principalmente ao longo de rios, tenham estes vegetação marginal preservada ou impactada. Nessa espécie é relatada a presença de endoparasitas, como *Schistosoma mansoni* e *Leishmania* (BONVICINO et al., 2008).



Figura 17.6. *Nectomys squamipes* (Rodentia:Cricetidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

O gênero *Akodon* (Rodentia:Cricetidae) possui dez espécies no Brasil, sendo que a espécie *A. cursor* (Figura 17.7) ocorre na costa leste do Brasil (da Paraíba ao Paraná) e no leste de Minas Gerais (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). Ocupam áreas de Cerrado, formações florestais da Caatinga, campos do Sul e Mata Atlântica. Nesta última podem ocupar áreas florestais, áreas abertas adjacentes a estas e também campos de altitude (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). As espécies de *Akodon* têm hábito terrestre e vivem em galerias construídas sob o folhice ou, em grandes altitudes, sob gramíneas (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). Espécies desse gênero possuem dieta insetívora-onívora, que inclui artrópodes e sementes (SOUSA et al., 2004). A área de vida dos machos é maior que a das fêmeas na época reprodutiva (GENTILE et al., 1997).



Figura 17.7. *Akodon cursor* (Rodentia:Cricetidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

O gênero *Phyllomys* (Rodentia:Echimyidae) é encontrado na porção leste do Brasil, do Nordeste até o Sul, estendendo-se para o oeste da Argentina e do Paraguai. O gênero de roedores se compõe de 12 espécies, entre elas *P. pattoni* (Figura 17.8), a qual se distribui ao longo do litoral da Paraíba até o nordeste de São Paulo (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). O gênero vive em matas semidecíduas do bioma Cerrado e áreas florestadas da Mata Atlântica, habitando estratos arbóreos e que podem descer ao chão em busca de alimento (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011).



Figura 17.8. *Phyllomys pattoni* (Rodentia:Echimyidae).
Foto: Leonora Pires Costa.

O gênero *Cavia* (Rodentia:Caviidae) é endêmico da América do Sul, ocorrendo em quase todo o continente. No Brasil há cinco espécies, distribuídas por todo o território (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). Habitam bordas de mata, áreas de Mata Atlântica e locais próximos a cursos d'água (como campos úmidos, matas de galeria, brejos e campos limpos) no Cerrado (MARINHO-FILHO et al., 1998), bem como campos do Sul e áreas de Caatinga. As espécies, incluindo *C. aperea* (Figura 17.9) apresentam hábito terrestre e constroem pequenas trilhas no estrato herbáceo quando em alta densidade (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011). Geram duas ninhadas por ano, de um a cinco filhotes, e a gestação dura cerca de 61 dias. Seus ninhos são construídos em moitas de gramíneas (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011).



Figura 17.9. *Cavia aperea* (Rodentia:Caviidae).
Foto: Arquivos do Laboratório de Vertebrados, UFRJ.

Os resultados obtidos mostram que as espécies registradas no Comperj não se distribuem uniformemente nas áreas estudadas. Um número maior de espécies foi observado nas áreas florestadas TF2 e PF1 (Tabela 17.1 e Figura 17.10). No entanto, maiores abundâncias (número de indivíduos) foram observadas nas áreas pertencentes ao compartimento Quaternário (Figura 17.10), mais especificamente em frente ao maior fragmento de floresta interno ao Comperj (PF1).

Além dos marsupiais e roedores capturados com armadilhas, exemplares de *Guerlingtus ingrami* e *Galictis* sp. foram observados em vários pontos dentro do empreendimento, assim como *Cavia aperea*, espécie muito comum. Não foi possível identificar a espécie de *Galictis* observada, mas as duas espécies desse gênero (*G. cuja* e *G. vittata*) se distribuem por quase todo o território brasileiro, ocorrendo nos biomas Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Amazônia, e sua dieta é composta de pequenos vertebrados (mamíferos, anfíbios, répteis e aves) e ovos (CHEIDA et al., 2011). *Guerlingtus ingrami*, espécie arborícola, ocorre na Mata Atlântica, entre o sudoeste de Minas Gerais e sudeste da Bahia até o Rio Grande do Sul (OLIVEIRA; BONVICINO, 2011).

A região de estudo vem sendo alterada e desmatada há longo tempo, e o reduzido número de espécies encontrado era por isso esperado. O número de espécies encontrado nos fragmentos de mata e

nas áreas abertas é similar ao observado em outros fragmentos próximos e menor que o encontrado na floresta localizada na base da serra dos Órgãos (VIEIRA et al., 2009). No entanto, algumas espécies, como o marsupial *P. frenatus* e o roedor *A. cursor*, apresentaram elevadas abundâncias nas áreas do Quaternário pesquisadas, hoje completamente cobertas por gramíneas com 1,5 m de altura. *A. cursor* é uma espécie cuja abundância costuma aumentar em áreas desmatadas, já se havendo observado elevadas abundâncias em áreas situadas entre fragmentos florestais, como na Reserva Biológica de Poço das Antas, também no estado do Rio de Janeiro (FELICIANO et al., 2002). No entanto, o presente resultado encontrado para *P. frenatus* foi surpreendente, evidenciando que pastos abandonados e com cobertura de gramíneas podem suportar populações dessa espécie.

Tabela 17.1. Composição de espécies de pequenos mamíferos capturadas nas áreas amostradas. Comperj, Itaboraí, RJ, 2010.

Espécies	Áreas					
	TF2	PF1	PI1	PN1	Quaternário	QT2
<i>Didelphis aurita</i>	x	x				
<i>Micoureus paraguayanus</i>	x	x				
<i>Philander frenatus</i>	x	x		x		x
<i>Nectomys squamipes</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Akodon cursor</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Phyllomys cf. pattoni</i>		x				
<i>Cavia aperea</i>			x	x	x	x

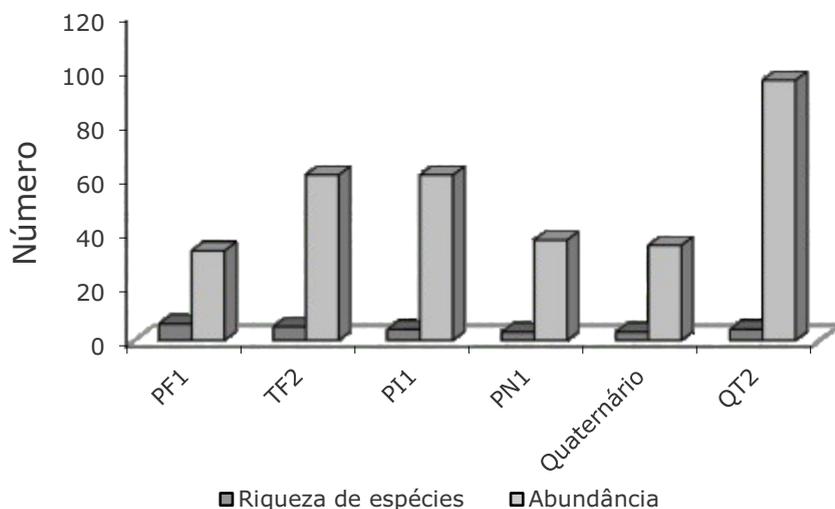


Figura 17.10. Riqueza e abundância de pequenos mamíferos nas seis áreas amostradas. Comperj, Itaboraí, RJ, 2010.

Considerações finais

Como esperado, o uso histórico e a intensa fragmentação da floresta na região do Comperj resultaram no registro de baixo número de espécies de mamíferos. No entanto, algumas das espécies que ainda ocorrem na região, como o marsupial *P. frenatus* e os roedores *A. cursor* e *C. aperea*, apresentaram elevadas abundâncias. Essas espécies de roedores são frequentemente capturadas em áreas abertas entre fragmentos (FELICIANO et al., 2002; OLIVEIRA; BONVICINO, 2011) e são aparentemente favorecidas pela fragmentação. Já o marsupial *P. frenatus* é conhecido como espécie de ocorrência restrita aos fragmentos florestais (VIEIRA et al., 2009).

Embora uma das características da Mata Atlântica seja sua alta riqueza de espécies de pequenos mamíferos, poucas ocorrem atualmente na área do Comperj. Espera-se que, ao longo do processo de revegetação, outras espécies de marsupiais e roedores recolonizem essa área. Com aumento da riqueza de pequenos mamíferos, especialmente das espécies dispersoras de sementes, pode ter início um processo de retroalimentação da vegetação, por meio da fauna que se alimenta de frutos. Uma consequência desejável desse processo de

dispersão de sementes é a melhoria dos padrões de distribuição espacial das plantas.

Referências

BARROS, C. S.; CROUZEILLES, R.; FERNANDEZ, F. A. S. Reproduction of the opossums *Micoureus paraguayanus* and *Philander frenata* in a fragmented Atlantic Forest landscape in Brazil: is seasonal reproduction a general rule for Neotropical marsupials? **Mammalian Biology**, v. 73, p. 463-467, 2008.

BONVICINO, C. R.; OLIVEIRA, J. A.; D'ÁNDREA, P. A. **Guia dos roedores do Brasil com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos**. Rio de Janeiro: Centro Pan-Americano de Febre Aftosa-OPAS/OMS, 2008.

BROWN, B. E. Atlas of new world marsupials. fieldiana zoology, new series. **Field Museum of Natural History**, v. 102, p. 308, 2004.

CÁCERES, N. C. Diet of three didelphid marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) in southern Brazil. **Mammalian Biology**, v. 69, p. 430-433, 2004.

CERQUEIRA, R.; TRIBE, C. J. Genus didelphis. In: GARDNER, A. L. (Ed.). **Mammals of South America**. Chicago: University of Chicago Press, 2007. 1. V - Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats.

CHEIDA, C. C.; NAKANO-OLIVEIRA, E.; FUSCO-COSTA, R.; ROCHA-MENDES; QUADROS, J. Ordem carnívora. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, P. **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

CROUZEILLES, R.; BARROS, C. S.; FERNANDEZ, F. A. S. *Philander frenatus* e *Metachirus nudicaudatus*: competição ou necessidades ecológicas diferentes na Floresta Atlântica? **Mastozoología Neotropical**, v. 17, n.1, p. 135-140, 2010a.

CROUZEILLES, R.; LORINI, M. L.; GRELLE, C. E. V. Deslocamento na matriz para espécies da mata atlântica e a dificuldade da construção de perfis ecológicos. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 4, p. 875-903, 2010b.

CUNHA, A. A.; VIEIRA, M.V. Support diameter, incline, and vertical movements of four didelphid marsupials in the Atlantic forest of Brazil. **Journal of Zoology**, v. 258, p. 419-426, 2002.

ERNEST, K. A. *Nectomys squamipes*. **Mammalian Species**, v. 265, p. 1-5, 1986.

FELICIANO, B. R.; FERNANDEZ, F. A. S.; FREITAS, D.; Figueiredo, M. S. L. Population dynamics of small rodents in a grassland among fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Zeitschrift für Säugetierkunde**. v. 67, p. 304-314, 2002.

GENTILE, R.; D'ANDREA, P. S.; CERQUEIRA, R. Home ranges of philander *frenata* and *Akodon cursor* in Brazilian restinga (Coastal shrubland). **Mastozoologia Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 105-112, 1997.

GRELLE, C. E. V. Forest structure and vertical stratification of small mammals in a secondary Atlantic forest, southeastern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 38, p. 81-85, 2003.

GRELLE, C. E. V.; GARCIA, Q. S. Potential dispersal of *Cecropia hololeuca* by the common opossum *Didelphis aurita* in Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Revue d'Ecologie (Terre et Vie)**, v. 54, p. 327-332, 1999.

JANSON, C. H.; TERBORGH, J. W.; EMMONS, L. H. Non-flying mammals as pollinating agents in the Amazonian forest. **Biotropica**, v. 13, p. 1-6, 1981.

KAJIN, M.; CERQUEIRA, R.; VIEIRA, M. V.; GENTILE, R. Nine year demography of the black-eared opossum *Didelphis aurita* (Didelphimorphia: didelphidae) using life tables. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 206-213, 2008.

LOUREAU, M.; NAEM, S.; INCHAUST, P.; BENGTSSON, J.; GRIME, J. P.; HECTOR, A.; HOOPER, D.U.; HUSTON, M. A.; RAFFAELI, D.; SCHMID, B.; TILMAN, D.; WARDLE, D. A. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. **Science**, p. 294, p. 804–808, 2001.

MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H. G.; GUIMARÃES, M. **Vertebrados da Estação Ecológica de Águas Emendadas-História natural e ecologia em um fragmento de Cerrado do Brasil Central**. Brasília: SEMAM: IBAMA, 1998.

MYERS, N.; KNOLL, A. H. The biotic crisis and the future of evolution. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v. 98, p. 5389–5392, 2001.

OLIVEIRA, J. A.; BONVICINO, C. Ordem Rodentia. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Londrina: UEL, 2011.

RADEMAKER, V.; CERQUEIRA, R. Variation in the latitudinal reproductive pattern of the genus *Didelphis* (Didelphimorphia, Didelphidae). **Austral Ecology**, v. 31, p. 337-342, 2006.

ROSSI, R.; BIANCONI, G. V. Ordem Didelphimorphia. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

SANTORI, R. T.; ASTÚA DE MORAES, D.; GRELLE, C. E. V.; CERQUEIRA, R. Natural diet at a Restinga Forest and laboratory food preferences of the opossum *Philander frenata* in Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 32, p. 12-16, 1997.

SOUSA, M. A.; LANGGUTH, A.; GIMENEZ, E. A. Mamíferos dos brejos de altitude da Paraíba e Pernambuco. In: PORTO, K.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: MMA, 2004.

VIEIRA, M. V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A. C.; ANTUNES, V. Z.; BERNARDO, L. R.; GRELE, C. E. V.; CERQUEIRA, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1191-1200, 2009.

WRIGHT, S. J.; GOMPPER, M. E.; DELEON, B. Are large predators keystone species in neotropical forests? The evidence from Barro Colorado Island. **Oikos**, v. 71, p. 279-294, 1994.

*Annete Bonnet
Alexander Silva de Resende
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo
Rachel Bardy Prado
Gustavo Ribas Curcio*

A primeira etapa do monitoramento realizado na área do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj) no período de 2009 a 2011 gerou uma série importante de informações referentes aos parâmetros bióticos e abióticos do ambiente de estudo.

As paisagens do Comperj são constituídas por planícies situadas no compartimento Quaternário e encostas pertencentes aos compartimentos Terciário e Proterozoico (Capítulo 1).

As planícies são bastante diversas, apresentando-se amplas junto ao rio Macacu e mais estreitas entre as encostas dos compartimentos Terciário e Proterozoico, com características pedológicas e geomorfológicas específicas. Com relevos planos a suavemente ondulados, os solos das planícies possuem maior teor de umidade e, assim, forte predisposição à compactação quando submetidos a uso, como revelou esta primeira etapa do monitoramento (Capítulo 7). Os solos das planícies também apresentam os teores mais altos de carbono (Capítulo 11), sendo as interiores (ou seja, as mais distantes dos rios principais) as que contêm os maiores estoques desse elemento. Ressalte-se que esses solos armazenam proporções elevadas de água, servindo como um grande reservatório e como ambiente exclusivo de vida para uma série de organismos da fauna. Em conjunto, tais características determinam grande fragilidade aos ambientes do Quaternário, fato que deve ser levado em conta nas ações de revegetação da área.

A qualidade da água dos corpos superficiais presentes no compartimento Quaternário (Capítulo 5) mostrou-se variável, conforme a localização. O córrego que recebe poluição externa ao Comperj apresentou valores elevados de certos parâmetros indicativos da entrada de nutrientes e contaminação fecal, enquanto no córrego totalmente inscrito na área de estudo a água revelou-se de melhor qualidade, indicando menor interferência humana. Deduz-se que, certamente, há necessidade de ampliar os programas municipais e estaduais de tratamento de esgotos domésticos já existentes, além de aplicar maior esforço em programas de educação ambiental para a população.

Nas planícies do Quaternário, geralmente em solos com alto grau de hidromorfia, os plantios de mudas de árvores nativas serão substituídos pelo abandono da área e conseqüente regeneração natural da vegetação. Nestas áreas a etapa inicial do monitoramento identificou vários núcleos de reconstituição da vegetação, os quais se apresentam em estágios iniciais de sucessão, com densos agrupamentos de *Tibouchina moricandiana* Baill. (Capítulo 13). Sob essas condições, em que a hidromorfia dos solos promove seletividade, diminuindo a diversidade vegetal, torna-se pertinente o emprego de agentes de atração da fauna para impulsionar a regeneração da vegetação, construindo-se poleiros e abrigos que incentivem a visita de aves, marsupiais e roedores dispersores de sementes, conforme dados que figuram nos Capítulos 16 e 17.

Segundo a amostragem sistematizada de aves na área do Comperj (Capítulo 16), as planícies foram os ambientes que apresentaram maior riqueza de espécies, assim como maior número total de contatos visuais e/ou auditivos de aves. Também se registrou maior abundância de marsupiais e roedores nesse compartimento (Capítulo 17), o que ratifica a relevância dessa porção da paisagem para o processo de regeneração natural e, conseqüentemente, para o restabelecimento das funcionalidades dos ecossistemas naturais em toda a área do Comperj.

Nos morrotes dos compartimentos Proterozoico e Terciário já se iniciaram os plantios de mudas de espécies arbóreas nativas, com o objetivo de recuperar as condições fisionômicas e funcionais originais

dessas paisagens. A fim de tornar a ação mais eficaz, levou-se em conta a adaptabilidade das espécies aos diferentes regimes hídricos dos solos, além de se atender às demais variáveis levantadas nesta primeira etapa do monitoramento. Concomitantemente, estão sendo feitos enriquecimentos dos pequenos núcleos florestais remanescentes com espécies epífíticas, visando aumentar a diversidade, além de atrair espécies da fauna, acelerando assim a regeneração natural.

As encostas do compartimento Proterozoico possuem maiores comprimentos e declividades, fatores que determinam elevada suscetibilidade à erosão, em comparação com os solos desenvolvidos sobre rochas do Terciário. Por outro lado, solos do Terciário possuem horizontes coesos e volumes com elevada densidade, que lhes conferem baixos índices de permeabilidade e, assim, dificuldade para absorver água da chuva. Esse fator também determina a suscetibilidade à erosão dos solos, além de poder restringir o desenvolvimento radicular de algumas espécies. Ambos os compartimentos possuem solos que vêm sendo cultivados por séculos, muitas vezes de forma totalmente imprópria, o que também determinou mudanças significativas em suas características (Capítulo 7). Assim, para solos do Terciário, foi necessária a indicação de subsolagem a 60 cm de profundidade, no intuito de melhorar suas condições físicas, permitindo bom desenvolvimento inicial das raízes das mudas e também a infiltração de água pluvial a maiores profundidades.

Os estudos de imobilização de carbono dos solos (Capítulo 11) revelaram que o estoque imobilizado nos horizontes superficiais dos solos sob pastagem é atualmente superior ao daqueles sob floresta. Isso favorece o plantio nessas áreas, inclusive por auxiliar a manutenção da porosidade de aeração, favorável ao desenvolvimento das mudas. De qualquer maneira, sabe-se que a reestruturação florestal deverá aumentar a porosidade de aeração mínima para as raízes, em razão dos aportes de matéria orgânica aos solos.

Segundo os estudos dos atributos químicos e mineralógicos (Capítulo 6), todos os solos do Comperj apresentam baixos valores de soma de bases e de fósforo assimilável, além de valores altos de alumínio trocável, determinando a necessidade de adubação para o plantio das mudas, em qualquer dos compartimentos.

Considerando-se a importância dos microrganismos na ciclagem de nutrientes e na manutenção da qualidade dos solos para as plantas, os resultados da primeira etapa do monitoramento (Capítulo 9) mostraram que as diferenças encontradas entre os diferentes solos das encostas são relativamente pequenas e não representam fator potencialmente restritivo à recuperação ambiental dessas áreas. Por outro lado, o estudo da macrofauna dos solos (Capítulo 8) revelou grande dominância de insetos sociais (formigas e cupins) em fragmentos florestais nos compartimentos Proterozoico e Terciário. Essas informações devem ser consideradas no planejamento dos plantios, pois formigas cortadeiras são uma ameaça constante para mudas de espécies nativas.

Os fragmentos florestais remanescentes em encostas do Proterozoico e Terciário apresentam distintas formas e diferentes estágios de regeneração, assim como estruturas e composições florísticas que denunciam forte influência antrópica e de vários fatores ambientais. Dentre os fragmentos estudados nos três compartimentos (Quaternário, Terciário e Proterozoico), as maiores riquezas foram registradas nos dois últimos, embora ainda menores do que as esperadas (Capítulo 13), o que se explica pela história dos ciclos econômicos que ocorreram da região (Capítulo 3).

As pastagens que cobrem as encostas dos compartimentos Terciário e Proterozoico são formadas por espessos tapetes de biomassa, constituídos principalmente por três espécies de gramíneas forrageiras: *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick, *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. e *Paspalum* sp. Nessas encostas foram registradas apenas três espécies arbóreas na forma de plântulas e jovens indivíduos de *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera e *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos. Além destas, registraram-se ervas e subarbustos de comportamento oportunista que invadem ambientes degradados.

O estudo da biomassa vegetal nas áreas de pastagem (Capítulo 10) revelou que essas três espécies de gramíneas apresentaram, em conjunto, valores que superaram 10 Mg ha^{-1} , com tendência a maior acúmulo nas encostas do Terciário. Ressalte-se que esses valores estão muito acima dos encontrados na região e resultam da atual ausência de

pastoreio. Essa elevada biomassa impõe alta concorrência ao desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas, exigindo práticas de controle que garantam a sobrevivência das mudas. Ao mesmo tempo que estas se desenvolvam, o efeito de sombreamento deverá gradualmente minimizar a expressão dessas herbáceas.

A avaliação do banco de plântulas em fragmentos florestais (Capítulo 14) revelou dissimilaridade entre estes, sugerindo que a conexão entre os fragmentos através do plantio de espécies nativas, constitui uma via importante para fortalecer o intercâmbio de propágulos entre essas comunidades.

Integrando os estudos da vegetação, o levantamento das espécies epifíticas nesta primeira etapa do monitoramento (Capítulo 15) revela que a riqueza dessas plantas nas áreas florestadas é hoje muito baixa, independente do compartimento considerado. Poucas árvores isoladas, nas margens das estradas, sustentam uma flora epifítica importante, mas pouco representativa de uma região considerada rica em epífitos que colonizam galhos e troncos de árvores e servem de alimento e abrigo à fauna. Assim, é oportuna a multiplicação e introdução de epífitos, tanto nos remanescentes florestais, em forma de enriquecimento, quanto nos plantios das mudas de espécies arbóreas, testando-se o estágio de desenvolvimento das árvores mais adequado para fazê-lo. Espécies que inexitem na área do Comperj, mas que foram registradas em áreas vizinhas mais ricas, podem ser resgatadas na forma de pequenos fragmentos de plantas ou de poucos indivíduos e multiplicadas em viveiro. Os epífitos, como por exemplo as cactáceas e bromeliáceas, atrairão indivíduos da fauna, devido à disponibilidade de água e de abrigo nas rosetas e à oferta de frutos. Tais animais, ao mesmo tempo, trazem propágulos de novas espécies, o que acelera a restauração das funcionalidades desses ambientes.

O estudo da avifauna do Comperj (Capítulo 16) revelou que as florestas foram os ambientes com maior proporção e maior número de registros quantitativos de espécies frugívoras, agentes ativas no processo de regeneração florestal por seu potencial como dispersoras de sementes. Dispõe-se de indicações de que as espécies vegetais dispersas por aves têm grande probabilidade de sucesso de, ao menos,

serem transportadas para outras áreas de floresta.

Áreas que atualmente são pastagens serão revegetadas com o plantio das mudas de espécies arbóreas. Essa revegetação significa, por si só, um aumento da diversidade biótica e maior proteção e incremento da matéria orgânica nos solos, bem como maior oferta de substrato para colonização por epífitos, novos habitats para a fauna e poleiros para aves, além de proporcionar microclimas mais sombreados e úmidos nas encostas, criando condições mais favoráveis que as do padrão hoje constatado na área. Espera-se que todas as mudanças relacionadas à revegetação, de modo direto e também indireto, sejam detectadas na avaliação dos parâmetros analisados pelos monitoramentos ora em execução. Tais alterações deverão se refletir nos resultados do monitoramento a ser realizado no quarto ano ou, no caso de parâmetros que necessitam de maior tempo para expressão, no monitoramento do sexto ano do projeto.

Cabe ainda destacar que os parâmetros ambientais estão sendo complementarmente monitorados em escalas diferenciadas. Por exemplo, a interpretação das imagens de satélite de alta resolução (Capítulo 3) permitirá identificar o incremento em cobertura vegetal na área de estudo como um todo, ao longo do tempo, e a totalização da área beneficiada por essa mudança. Já o monitoramento de parâmetros relacionados à vegetação (Capítulo 13) identificará quantas espécies foram incorporadas ao conjunto pré-existente, tanto a partir da revegetação como do processo de regeneração natural.

Finalmente, espera-se que o plantio de espécies arbóreas também tenha influência na aceleração da regeneração natural, tanto do componente arbóreo quanto do epifítico. O aumento dos organismos da fauna também deverá ser forte impulsionador da regeneração das florestas, que por sua vez oferecerão mais recursos para a fauna, na forma de alimento, abrigo, local para pouso e nidificação, estabelecendo funcionalidades características dos diversos ecossistemas.

A integração de metodologias e os resultados deste projeto serão inovadores e balizarão futuros reflorestamentos em condições similares, não só em território fluminense como em outros estados do país. Poucos são os relatos, no estado do Rio de Janeiro, de oportunidades em que se reuniram tantos especialistas da área

ambiental em torno de um programa de reflorestamento e monitoramento ambiental. O conhecimento obtido e aplicado nessas ações de reflorestamento colaborará, certamente, para a criação de novos paradigmas sobre as formas de plantio e de acompanhamento.

A discussão em torno de critérios para a seleção de áreas a serem preservadas ou revegetadas e sua normatização tem sido frequente na sociedade brasileira, principalmente na perspectiva de diminuição dos impactos dos setores produtivos, com ganhos adicionais na produção de serviços ambientais. Nesse contexto, iniciativas que têm como proposta a experimentação de modelos de revegetação e o seu monitoramento integrado, visando restabelecer as funcionalidades dos ecossistemas, têm grande contribuição a oferecer, principalmente porque possuem necessariamente uma abordagem sistêmica e envolvem uma equipe interdisciplinar e interinstitucional, como é o caso do Projeto Corredor Ecológico Comperj. A fase de monitoramento desse Projeto vai gerar uma série de dados e informação sobre clima, uso e manejo da terra, água, solo, vegetação, carbono, flora e fauna, importantes para a identificação dos reais impactos das atividades humanas sobre o ambiente e gerar conhecimento para a produção de serviços ambientais, reafirmando os três pilares da sustentabilidade, discutidos na Conferência da ONU (Rio + 20): econômica, ambiental e social. O desafio está posto!

Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin
Chefe Geral da Embrapa Solos
Mandato de 2009 a 2014

A revegetação estabelecida como um processo de recuperação de áreas degradadas envolve uma série de temas e ciências que devem ser trabalhadas em conjunto, de forma que os fenômenos envolvidos sejam devidamente considerados e o trabalho possa ser bem sucedido. Os desafios são imensos. A busca por critérios válidos para o monitoramento e por indicadores capazes de fornecer as informações com exatidão e baixo custo é constante, mesmo porque muitas vezes o trabalho é desenvolvido sob condições específicas. O Monitoramento da Revegetação do COMPERJ: etapa inicial demonstra de forma clara que, apesar das dificuldades inerentes ao tema, é possível estabelecer o todo a partir do conhecimento específico da paisagem e seus compartimentos do solo, do clima, da vegetação e da fauna. O livro capta com clareza os desafios e contempla os conhecimentos específicos inerentes ao tema.

† Helton Damin da Silva
Chefe Geral da Embrapa Florestas
Mandato de 2008 a 2013

Embrapa

Unidades participantes: Embrapa Agrobiologia, Embrapa Florestas e Embrapa Solos

Parceria:



Apoio:



PETROBRAS



Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento

